Les pelouses calcicoles de Lorraine : étude phytosociologique et écologique impact de la gestion sur les populations végétales

Frédéric Pautz

▶ **To cite this version:**

Frédéric Pautz. Les pelouses calcicoles de Lorraine : étude phytosociologique et écologique impact de la gestion sur les populations végétales. Biologie végétale. Université Paul Verlaine - Metz, 1999. Français. NNT : 1999METZ061S . tel-01775766

HAL Id: tel-01775766

https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01775766

Submitted on 24 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

S/M B 99/61

THESE

Présentée à

L'UNIVERSITE DE METZ

en vue de l'obtention du grade de docteur de l'université de Metz,
mention science de la vie
spécialité phytoécologie

Par

Frédéric PAUTZ

LES PELOUSES CALCICOLES DE LORRAINE
ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE, IMPACT DE LA GESTION SUR LES POPULATIONS VEGETALES

Première partie : texte

Soutenue le 15 décembre 1999, devant la commission d'examen :

Monsieur le Professeur Didier ALARD	**Rapporteur**
Monsieur le Docteur Jean-Marie ROYER	**Rapporteur**
Monsieur le Docteur Vincent BOULLET	
Madame le Professeur Aline RAYNAL-ROQUES	
Monsieur le Docteur Philippe USSEGLIO-POLATERA	
Monsieur le Professeur Serge MULLER	**Directeur de Thèse**

THESE

Présentée à

L'UNIVERSITE DE METZ

en vue de l'obtention du grade de docteur de l'université de Metz,
mention science de la vie
spécialité phytoécologie

Par

Frédéric PAUTZ

LES PELOUSES CALCICOLES DE LORRAINE
ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE, IMPACT DE LA GESTION SUR LES POPULATIONS VEGETALES

Première partie : texte

Soutenue le 15 décembre 1999, devant la commission d'examen :

Monsieur le Professeur Didier ALARD	**Rapporteur**
Monsieur le Docteur Jean-Marie ROYER	**Rapporteur**
Monsieur le Docteur Vincent BOULLET	
Madame le Professeur Aline RAYNAL-ROQUES	
Monsieur le Docteur Philippe USSEGLIO-POLATERA	
Monsieur le Professeur Serge MULLER	**Directeur de Thèse**

Remerciements

Je souhaiterais remercier, en premier lieu, le Professeur Serge MULLER qui m'a accueilli au sein du Laboratoire de Phytoécologie de l'Université de Metz, et qui m'a donné l'occasion de réaliser ce travail passionnant. Je tiens à le remercier également pour son aide précieuse dans la synthèse des résultats et dans la compréhension des différents syntaxons.

Mes remerciements se dirigent aussi vers les membres du jury, Didier ALARD, Jean-Marie ROYER, Vincent BOULLET, Aline RAYNAL-ROSQUES, Philippe USSEGLIO-POLATERA et François GUEROLD.

Ma reconnaissance se dirige également vers Pierre DARDAINE, éminent botaniste lorrain dont l'encadrement de qualité m'a permis de mieux connaître certains aspects de la botanique lorraine de terrain, et d'approfondir mes connaissances et ma passion pour la botanique.

J'inclus aussi dans ces remerciements Christelle JAGER, pour son aide précieuse aussi bien sur le terrain que dans la mise en forme des divers documents fournis au cours de la thèse et Rachel SELINGER-LOOTEN, ainsi que les autres membres du laboratoire qui ont toujours répondu avec gentillesse à mes interrogations et qui m'ont fait bénéficier de leurs compétences.

Je souhaite aussi remercier Philippe USSEGLIO-POLATERA, pour son importante collaboration dans l'analyse statistique des résultats sur les mesures de gestion. Nos nombreuses et riches conversations m'ont été d'une grande utilité pour comprendre et analyser le comportement des végétaux en fonction des protocoles mis en place.

Lors de la mise en place de l'étude, les conseils de Didier ALARD et de Thierry DUTOIT, ainsi que la mise à disposition de l'importante bibliothèque du Laboratoire d'Ecologie de l'Université de Rouen, m'ont été d'une aide précieuse.

Ce travail n'aurait pas pu être rédigé tel qu'il est sans l'aide très précieuse de Geneviève SAINT-LAGER et surtout de Emilie SAINT-LAGER-PAUTZ, mon épouse, qui m'a soutenu et aidé au cours de ces cinq années.

Je ne voudrais pas oublier un certain nombre de personnes qui ont également contribué à la réalisation de ce travail. Je pense surtout à Philippe HOEFLER, Pascale RICHARD, Benoît NOBIS, Mylène ALBRECHT, Laurent ALNOT, Bernard MEURISSE, Pierre KIEFFER, Jean-Paul FERRY, Marcel SAINT-LAGER, Habib BOUAZA, Régis KRIEGEL, Olivier ALBERT et Jean-Paul MAURICE.

Avant propos

Les travaux présentés dans cette thèse ont été soutenus par deux programmes de recherches. Le premier, intitulé "Pelouses pâturées, pelouses sauvegardées" a débuté en 1994. Il s'est conclu, en 1997, par la rédaction d'un rapport de synthèse. Il a été financé par le Ministère de l'Environnement et par la Région Lorraine. La coordination inter-régionale du programme a été assurée par les Conservatoires Régionaux d'Espaces Naturels (C.R.E.N.) des régions Haute-Normandie, Champagne-Ardenne, Bourgogne, Picardie, Lorraine (Conservatoire des Sites Lorrains). Les C.R.E.N. avaient pour mission de définir le protocole scientifique de suivi de l'impact du pâturage sur la flore et la faune, et de mettre en cohérence les modalités de pâturage (chargement, périodicité, race...).

Ce programme de recherche a permis d'élaborer le synsystème des pelouses calcicoles de Lorraine en se fondant sur trois années d'inventaires phytosociologiques, couvrant toute la diversité de ces milieux en Lorraine ainsi que d'analyser l'impact du pâturage sur ces groupements. Les prospections effectuées ont également permis d'évaluer l'état de conservation des dernières pelouses de Lorraine et d'élaborer une stratégie de conservation.

Le second programme de recherche a été initié en 1996 en collaboration avec l'Université de Rouen. Il s'intitule " Déterminisme et restauration de biodiversité dans les écosystèmes calcicoles de la moitié nord de la France ". Cette recherche, menée dans le cadre du programme général « Recréer la Nature », piloté par le Ministère de l'Environnement, doit donner aux gestionnaires des espaces naturels des réponses en matière de restauration et de sauvegarde de pelouses calcaires fortement colonisées par le Brachypode penné et des fourrés arbustifs. Afin de compléter les dispositifs expérimentaux mis en place, l'impact de la fauche estivale a été testé dans différents groupements végétaux très communs du *Mesobromion* lorrain. Une étude sur le comportement biologique de certaines espèces xérophiles le long d'un gradient successionnel de la dynamique végétale a été également menée dans ce cadre. Ces travaux devront permettre d'établir les bases scientifiques d'une gestion conservatoire appropriée de ces écosystèmes à haute valeur patrimoniale.

Sommaire

PREMIERE PARTIE: INTRODUCTION page 1

CHAPITRE 1: LES PELOUSES CALCICOLES DES *FESTUCO-BROMETEA*, BILAN DES CONNAISSANCES POUR L'EUROPE OCCIDENTALE page 1

1. Les richesses des pelouses calcicoles page 1
2. Bilan des menaces page 4
3. Phytosociologie et floristique page 6
4. Mesures de gestion conservatoire page 7

CHAPITRE 2: BILAN DES CONNAISSANCES SUR LES PELOUSES DES *FESTUCO-BROMETEA* DE LORRAINE page 9

CHAPITRE 3: PRESENTATION DES OBJECTIFS DE LA THESE page 13

1. Typologie phytosociologique des pelouses de Lorraine page 13
2. Description de la dynamique successionnelle végétale des pelouses de la vallée de la Moselle page 14
3. Etude démo-écologique de quelques espèces xérophiles des pelouses calcicoles page 14
4. Impact du pâturage sur les communautés végétales de l'*Eu-Mesobromenion* page 15
5. Impact de la fauche sur les communautés végétales de l'*Eu-Mesobromenion* page 15

DEUXIEME PARTIE: METHODOLOGIES MISE EN OEUVRE page 17

1. La nomenclature utilisée page 17
2. Localisation des sites d'étude page 17
3. Définition des groupes fonctionnels utilisés page 19
4. La méthode phytosociologique sigmatiste page 19
5. Protocoles concernant l'étude de la dynamique successionnelle de la végétation page 22
6. Etude autoécologique de *Teucrium chamaedrys* page 25
7. Impact de la fauche sur les populations végétales page 26
   - 7.1. Choix de la période de fauche page 27
   - 7.2. Fréquence des coupes page 27
   - 7.3. Choix de la hauteur de coupe page 27
   - 7.4. Choix des descripteurs biologiques page 28
   - 7.5. Ramassage de la biomasse fauchée page 28
   - 7.6. Calcul de la biomasse page 29
   - 7.7. Problèmes méthodologiques page 29
   - 7.8. Mise en forme des résultats page 29
8. Impact du pâturage page 30
   - 8.1. Choix de la période et de la pression du pâturage page 31
   - 8.2. Choix des placettes page 32
   - 8.3. Problèmes méthodologiques page 34
   - 8.4. Mise en forme des résultats page 35
9. Traitements statistiques page 35
   - 9.1. Les analyses de régression page 35
   - 9.2. L'Analyse Factorielle des Correspondances page 35
   - 9.3. L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) page 37
   - 9.4. L'analyse de co-inertie page 37

TROISIEME PARTIE: TYPOLOGIE PHYTOSOCIOLOGIQUE DE PELOUSES CALCICOLES LORRAINES page 38

CHAPITRE 4: RATTACHEMENT PHYTOSOCIOLOGIQUE DES GROUPEMENTS VEGETAUX AU MESOBROMION page 38

1. Introduction page 38
2. Rattachement des relevés aux *Festuco-Brometea* page 40
3. Rattachement des relevés aux *Brometalia* page 41
4. Rattachement des relevés au *Mesobromion* page 41

CHAPITRE 5: RESULTATS DES ANALYSES FACTORIELLES DES CORRESPONDANCES page 44

1. Interprétation de l'Analyse Factorielle des Correspondances 1 page 44
2. Interprétation de l'Analyse Factorielle des Correspondances 2 page 45
3. Conclusions des deux premières Analyses Factorielles et Analyses Factorielles partielles complémentaires page 46

CHAPITRE 6: RATTACHEMENT PHYTOSOCIOLOGIQUE DES GROUPEMENTS VEGETAUX AUX DIFFERENTES SOUS-ALLIANCES ET ETUDE DU CORTEGE FLORISTIQUE DES PELOUSES CALCICOLES DE LORRAINE page 52

1. Les espèces du *SESLERIO-MESOBROMENION* OBERD. 1957 page 52
2. Les espèces du *TEUCRIO-MESOBROMENION* ROYER 1987 page 52
3. Les espèces de l'*EU-MESOBROMENION* OBERD. 1957 page 53
4. Les espèces du *TETRAGONOLOBO-MESOBROMENION* ROYER 1987 page 53
5. Les espèces du *CHAMAESPARTIO-AGROSTIDENION* VIGO 1979 page 54
6. Les espèces du *TRIFOLIO-GERANIETEA* page 54
7. Les espèces des *SEDO-SCLERANTHETEA* page 55
8. Les espèces des *PRUNETALIA* et des *QUERCO-FAGETEA* page 55
9. Les espèces du *MOLINION* page 56
10. Les espèces des *AGROSTIO-ARRHENATHERETEA* page 56
11. Les espèces compagnes page 57

CHAPITRE 7: LES PELOUSES THERMO-XEROPHILES SUBMONTAGNARDES, LE *GENISTO-SESLERIETUM* page 58

1. Analyse Factorielle des Correspondances partielle de la sous-alliance *GENISTO-SESLERIETUM* page 59
2. Caractérisation phytosociologique des groupements et structuration du synsystème page 61
   - 2.1. Sous-association à *Viola rupestris* ss.-ass. nov. page 61
   - 2.2. Sous-association à *Rumex scutatus* ss.-ass. nov. page 61
   - 2.3. Sous-association à *Coronilla minima* ss-ass. nov. page 62
   - 2.4. Sous-association à *Leontodon hyoseroides* et *Galeopsis angustifolia* ss-ass. nov. page 62
   - 2.5. Sous-association à *Iberis amara* ss-ass. nov. page 62
   - 2.6. Sous-association à *Centaurea scabiosa* ss-ass. nov. page 63
   - 2.7. Sous-association à *Thalictrum minus* ss-ass. nov. page 63
   - 2.8. Sous-association typique ss-ass. nov. page 64

3. Analyse des spectres biologiques des groupements du *SESLERIO- MESOBROMENION* page 64
4. Description des sous-associations du *Genisto-Seslerietum* page 64
4.1. Sous-association typique ss-ass. nov. page 64
4.2. Sous-association à *Viola rupestris* ss-ass. nov. page 66
4.3. Sous-association à *Coronilla minima* ss-ass. nov. page 69
4.4. Sous-association à *Iberis amara* ss-ass. nov. page 71
4.5. Sous-association à *Leontodon hyoseroides* ss-ass. nov. page 73
4.6. Sous-association à *Centaurea scabiosa* ss-ass. nov. page 76
4.7. Sous-association à *Thalictrum minus* ss-ass. nov. page 77
4.8. Sous-association d'éboulis à *Rumex scutatus* ss-ass. nov. page 79

CHAPITRE 8 : LES PELOUSES XEROPHILES, LE *FESTUCO LEMANII-BROMETUM* page 83

1. Analyses Factorielles des Correspondances partielles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 page 85
2. Caractérisation phytosociologique des groupements et structuration du synsystème page 86
3. Analyse des spectres biologiques des groupements du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 page 87
4. Description des sous-associations du *Festuco lemanii-Brometum* page 88
4.1. Sous-association mésophile à *Aster amellus* ss-ass. nov. page 88
4.2. Sous-association à *Linum leonii* ss-ass. nov. page 89
4.3. Sous-association typique ss-ass. nov. page 92

CHAPITRE 9 : LES PELOUSES MESOPHILES DE L'*ONOBRYCHIDO-BROMETUM* page 96

1. Résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances des relevés de *l'Eu-Mesobromenion* page 97
2. Structuration syntaxonomique de *l'Onobrychido-Brometum* page 98
2.1. La sous-association à *Arrhenatherum elatius* ss.-ass. nov. page 98
2.2. La sous-association à *Helianthemum nummularium* ss.-ass. nov. page 99
2.3. La sous-association typique ss.-ass. nov. page 99
2.4. La sous-association à *Origanum vulgare* ss.-ass. nov. page 100
3. Analyse des spectres biologiques des groupements de l'*Eu-Mesobromenion* page 101
4. Description des sous-associations de l'*Onobrychido-Brometum* page 102
4.1. L'*Onobrychido-Bometum* sous-association xérophile à *Helianthemum nummularium* ss.-ass. nov. page 102
4.2. L'*Onobrychido-Brometum* sous-association typique ss-ass. nov. page 105
4.3. L'*Onobrychido-Brometum*, sous-association à *Arrhenatherum elatius* ss-ass. nov. page 109
4.4. L'*Onobrychido-Brometum*, sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare* ss-ass. nov., variante à *Colchicum automnale* page 113
4.5. L'*Onobrychido-Brometum*, sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare* ss-ass. nov., variante à *Vicia tenuifolia* page 116
4.6. L'*Onobrychido-Brometum*, sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare* ss-ass. nov., variante à *Avenula pratensis* page 118
4.7. L'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966, sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare* ss-ass. nov., variante à *Medicago falcata* page 120

CHAPITRE 10 : LES PELOUSES MARNEUSES, LE *CHLORO PERFOLIATAE-BROMETUM ERECTI* page 124

1.L'Analyse Factorielle des Correspondances partielle des relevés du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 page 125
2. Caractérisation phytosociologique des groupements et structuration du synsystème page 126
3. Analyse des spectres biologiques des groupements du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 page 128
4. Description des sous-associations du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 page 129
4.1.*Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973, sous-association à *Peucedanum cervaria*

ss.-ass. nov. page 133
4.2. *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 sous-association à *Molinia caerulae* Rameau 1971. Page 133
4.3 *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973, sous-association à *Tetragonolobus maritimus* ss-ass. nov. page 137
4.4. *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973, sous-association à *Galium verum* ss-ass. nov page 141

CHAPITRE 11 : LES PELOUSES ACIDOCLINES, LE *SIEGLINGIO-BRACHYPODIETUM* page 143

1. Analyse Factorielle des Correspondances partielle du *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 page 143
2. Description des sous-associations du *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 page 144
2.1. *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 sous-association à *Calluna vulgaris* ss.-ass. nov. page 144
2.2. *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 sous-association à *Luzula campestris* page 148

CHAPITRE 12 : LES PELOUSES THEROPHYTIQUES DES *SEDO-SCLERANTHETEA*, LE *CERASTIETUM PUMILI* page 151

1. Rattachement phytosociologique page 151
2. Physionomie et écologie du groupement page 153
3. Composition floristique page 153
4. Synchorologie page 154
5. Evolution dynamique page 154

QUATRIEME PARTIE : MECANISMES ET MODIFICATIONS FLORISTIQUES INDUITS LORS D'UNE DYNAMIQUE SUCCESSIONNELLE SECONDAIRE SUR LES PELOUSES DE LORRAINE page 156

CHAPITRE 13 : EVOLUTION DE LA VEGETATION ET DE LA FLORE AU COURS D'UNE DYNAMIQUE PROGRESSIVE SECONDAIRE DANS LES PELOUSES CALCICOLES page 157

Introduction page 157
1. Analyse par types biologiques page 158
2. Analyse de la diversité spécifique et nombre moyen d'individu par carré page 161
3. Analyse du comportement des espèces page 162
4. Conclusions page 166

CHAPITRE 14: RELATIONS ENTRE LES PARAMETRES PHYTOCENOTIQUES ET LA BIOLOGIE DES POPULATIONS DE *TEUCRIUM CHAMAEDRYS* DANS LA DYNAMIQUE SUCCESSIONNELLE DE LA VEGETATION page 167

Introduction page 167
1. Analyse des relations entre différents paramètres phytocoénotiques page 169
2. Relation entre *Teucrium chamaedrys* fleuris et non fleuris page 171
3. Relation entre *Teucrium chamaedrys* et le biotope page 173
4. Stratégie de reproduction sexuée de *Teucrium chamaedrys* sur la base de la morphologie des individus page 173
5. Comportement de *Teucrium chamaedrys* au cours de la dynamique successionnelle page 174

CINQUIEME PARTIE : IMPACT DE LA FAUCHE ET DU PATURAGE SUR LA FLORE ET LA VEGETATION page 179

CHAPITRE 15 : IMPACT DE LA FAUCHE SUR LES PELOUSES CALCICOLES DE LORRAINE page 179

1. Introduction page 179
2. Impact de la fauche sur la composition floristique page 179
   - 2.1. Nombre des individus page 179
   - 2.2. Biomasse des individus page 181
   - 2.3. Impact de la fauche sur les types biologiques page 182
   - 2.4. Evolution de la biomasse page 183
   - 2.5. Discussion et conclusion page 184
   - 2.6. Comportement des thérophytes, des hémicryptophytes et des chaméphytes dans le F.L.B., l'O.B.T. et l'O.B.O. page 184
     - 2.6.1. Cas des thérophytes page 185
     - 2.6.2. Les hémicryptophytes page 186
     - 2.6.3. Cas des chaméphytes page 187
   - 2.7. Evolution de la nécromasse page 188
   - 2.8. Evolution du Brachypode, du Brome et de la Fétuque dans le F.L.B., l'O.B.T. et l'O.B.O.
     - 2.8.1. Evolution de la biomasse page 190
     - 2.8.2. Evolution des abondances relatives page 191
   - 2.9. Sur la morphologie des espèces page 193
     - 2.9.1 Sur l'ensemble du cortège floristique page 193
3. Conclusions sur la gestion par la fauche page 208

CHAPITRE 16 : L'IMPACT DU PATURAGE SUR LES PELOUSES CALCICOLES page 210

1. Introduction page 210
2. Analyse des facteurs biotiques des relevés page 211
   - 2.1. Résultats de l'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) page 211
   - 2.2. Résultats des A.C.P. par sites page 215
     - 2.2.1. Site de Malzéville page 215
     - 2.2.2. Site de Jézainville page 216
     - 2.2.3. Site de Lorry-Mardigny page 217
3. Impact du pâturage sur les trois principaux types biologiques page 218
   - 3.1. Le *Festuco lemanii-Brometum* (F.L.B.) page 220
   - 3.2. L'*Onobrychido-Brometum typicum* (O.B.T.) page 220
   - 3.3. L'*Onobrychido-Brometum origanetosum* (O.B.O.) page 221
   - 3.4. Discussion page 223
4. Impact du pâturage sur les trois principales espèces graminéennes page 224
   - 4.1. Le *Festuco lemanii-Brometum* (F.L.B.) page 224
   - 4.2. L'*Onobrychido-Brometum typicum* (O.B.T.) page 226
   - 4.3. L'*Onobrychido-Brometum origanetosum* (O.B.O.) page 227
   - 4.4. Discussion page 228
5. De l'impact du pâturage sur les espèces page 229
   - 5.1. Evolution de l'indice de SHANNON page 229
   - 5.2. Impact du pâturage sur les espèces prises individuellement page 230
     - 5.2.1. Le *Festuco lemanii-Brometum* (F.L.B.) page 231
     - 5.2.2. L'*Onobrychido-Brometum* sous association typique (O.B.T.) page 232
     - 5.2.3. L'*Onobrychido-Brometum* sous association à *Origanum vulgare* (O.B.O. page 233
   - 5.3. Bilan de l'impact du pâturage sur les espèces, dans les différents groupements page 233

5.3.1. Les espèces indifférentes au pâturage page 234
5.3.2. Les espèces défavorisées par le pâturage dans les trois groupements végétaux page 235
5.3.3. Les espèces défavorisées dans le F.L.B. page 235
5.3.4. Les espèces défavorisées par le pâturage dans l'O.B.T page 235
5.3.5. Les espèces défavorisées par le pâturage dans l'O.B.O. page 236
5.3.6. Les espèces défavorisées dans le F.L.B. et favorisées ou indifférentes dans l'O.B.T. et l'O.B.O. page 236
5.3.7. Les espèces défavorisées dans le F.L.B. et l'O.B.T. et favorisées dans l'O.B.O. page 236
5.3.8. Les espèces à comportements différents selon les groupements végétaux sans montrer de tendances très nettes page 236
5.3.9. Les espèces à comportements très différents d'un groupement à l'autre page 237
5.3.10. Les espèces favorisées par le pâturage page 237
5.3.11. Les espèces favorisées uniquement dans l'O.B.T page 238

6. Conclusions page 238

CHAPITRE 17 : CONCLUSIONS, SYNTHESE ET PERSPECTIVES page 240

BIBLIOGRAPHIE page 248

TIE : Introduction

calcicoles des *FESTUCO-*
sances pour l'Europe occidentale

ilieux semi-naturels les plus menacés et les plus
)LKINGER & PLANK, 1981). Elles se situent
Elles sont donc plus ensoleillées et plus
milieux apparaît la nécessité de définir les bases
constat a amené depuis plus de vingt ans, la
ndre des recherches, afin d'en assurer la survie
); SMITH (1980) ; USHER (1973) ; DUFFEY *et*
)liographie concernant les pelouses calcicoles est
ut du siècle. ALARD et DUTOIT (1995) ont
références sur ce thème.

e l'Europe ont fait l'objet de nombreuses études
leur description que de leur fonctionnement
990). Les Pays-Bas, l'Angleterre, ont été des
on pourra citer un certain nombre de travaux de
DUFFEY & WATT, 1971 ; RORISON
ER, 1973 ; DUFFEY et *al.*,1974 ; WELLS &
VELLS (1965, 1969, 1980), NCC (1982) pour
la Belgique, ROSEN (1982) pour la Suède. Ceci
stique, faunistique et paysagère, mais bien plus
iantaine d'années.

s travaux scientifiques concernant les pelouses
ALARD, 1996). Des synthèses bibliographiques
979), MAUBERT (1982), et plus récemment
alisé un ouvrage traitant des pelouses calcicoles.
s milieux depuis une vingtaine d'années, comme
)UFFEY & WATT (1971), GEHU (1982) et

La biodiversité constitue aujourd'hui un thème majeur de la recherche fondamentale en écologie et un enjeu primordial dans le domaine finalisé de l'environnement (Académie des Sciences, 1995). Lors du discours d'ouverture du colloque international sur la gestion des pelouses calcicoles, à Vierves-sur-Virion, du 28 au 31 mai 1997, Léon WOUE a rappelé que les pelouses calcicoles constituent un des écosystèmes les plus vulnérables en Europe. D'autres appels avaient déjà été lancés, par le passé, pour attirer l'attention sur ces milieux (GEHU, 1982, WOLKINGER & PLANK, 1981). Les pelouses calcaires sont aujourd'hui des écosystèmes isolés au milieu de cultures, de forêts ou de surfaces fortement urbanisées. On peut les considérer comme des îles continentales et des " points chauds " de biodiversité de plus en plus isolés et fragmentés dans des paysages de cultures intensives et dans des zones urbanisées (WOLKINGER & PLANK, 1981). Il apparaît pourtant clairement que les pelouses calcaires recèlent une richesse floristique importante, mais également faunistique, qu'il est capital de conserver. Cinq aspects de cette richesse peuvent être résumés ici.

Premièrement, on pourra mettre en avant leur rôle de réservoir biogénétique, avec un nombre très important d'espèces animales et végétales inféodées à ces milieux. Les pelouses calcicoles représentent des reliques des biomes steppiques de l'Europe orientale, enrichies en éléments floristiques et faunistiques sub-méditerranéens (ROYER, 1984 ; WOLKINGER & PLANCK, 1981). La faible disponibilité des éléments minéraux dans le sol est responsable de la faible croissance de ces végétaux ainsi que du développement d'un cortège d'espèces spécialisées tolérantes à ce type de stress (GORIUP *et al.*, 1991). En Belgique, sur les 64 espèces végétales protégées, 30 sont des plantes typiquement liées aux pelouses calcaires (LAWALREE, 1960 *in* WOLKINGER & PLANCK, 1981). De même en Allemagne, sur 477 plantes xérophiles au sens large, 184 sont menacées de disparition (WILLMANNS, 1989 *in* WOLKINGER & PLANCK, 1981). Au niveau français, la liste nationale des plantes protégées pour la métropole a été établie par un arrêté du 20 janvier 1982, paru au journal officiel le 13 mai 1982. De nombreuses espèces de pelouses calcicoles y figurent. Les pelouses sèches calcicoles abritent 65 taxons menacés, soit 11,8% de l'ensemble de la flore menacée en France, ce qui est le deuxième habitat menacé après les rochers et falaises continentaux (15,8%) (OLIVIER *et al.*, 1995).

La plupart des espèces rares ou menacées aujourd'hui en France se rencontrent, d'une part dans des habitats ouverts en voie de fermeture pour cause de déprise pastorale et agricole, et d'autre part dans des habitats rupestres ou des éboulis, lieux traditionnels de refuge de l'endémisme en France et en Europe (OLIVIER *et al.*, 1995). De plus, de nombreuses espèces et sous-espèces du livre rouge se rencontrent dans des habitats de fourrés et pelouses ou de falaises, éboulis ou grottes, alors que des habitats habituellement considérés comme menacés en France ou en Europe (tourbières, zones humides, forêts) en hébergent beaucoup moins (OLIVIER *et al.*, 1995).

Le deuxième aspect de cette richesse est le caractère relictuel des pelouses thermophiles calcaires. Ceci induit que ces formations abritent des populations animales et végétales d'une importance génétique considérable, l'évolution de certaines espèces s'étant produite de manière quasi isolée. L'extrême morcellement des aires de répartition des espèces thermophiles laisse penser que l'installation de ces dernières est ancienne. Les fortes disjonctions aréales (*Leontodon hyoseroides* var. *hyoseroides* et var. *pseudocrispus*, *Galium fleurotii*) sont également des indices de milieux ouverts primaires. Sur la base de plantes micro-endémiques (LIGIER & DUVIGNEAUD, 1969 ; MULLENDERS *et al.*, 1972 ; STOTT, 1975), telles que celles présentes à Pagny-la-Blanche-Côte (*Galium fleurotii*, *Iberis violletii* par exemple), DUVIGNEAUD *et al.* (1970) pensent que certaines pelouses sur éboulis (à Pagny-la-Blanche-Côte) ont pu subsister depuis le tardi-glaciaire. D'autres plantes (*Polygala amarella*, *Stipa*

pennata) sont aussi considérées comme des espèces relictuelles des steppes primitives (VAN DEN BERGHEN, 1955 ; STOTT, 1971, *in* DUTOIT & ALARD, 1996). Cependant, l'arrivée de la plupart des plantes sub- et laté-méditerranéennes serait d'origine anthropique (WILLEMS, 1982 ; ROYER, 1985). Elles sont venues enrichir les pelouses à la suite de pratiques de cultures issues du sud de l'Europe (WILLEMS, 1982). La capacité de dispersion des graines de la plupart des espèces caractéristiques des pelouses calcicoles est, en effet, très limitée (MAUBERT *et al.*, 1995). Les pelouses calcicoles ont été occupées depuis l'époque néolithique (ARLOT & HESSE, 1981; TIHON, 1984). Depuis le néolithique jusqu'aux années 1950, les pelouses calcaires du Nord-Ouest de l'Europe ont fait l'objet d'importantes utilisations agricoles pratiquement semblables (WILLEMS, 1985). L'entretien des pelouses calcaires par le pâturage ovin et caprin a pu conserver depuis des siècles l'originalité et la richesse écologique de ces formations. Cependant, quand la gestion traditionnelle est abandonnée, la pelouse évolue spontanément vers la forêt (WILLEMS, 1983).

Le troisième aspect de la richesse des pelouses calcicoles est que ces formations doivent être également protégées en tant que reliques d'un paysage anthropique ancien, essentiellement tourné vers l'agriculture traditionnelle. Les pelouses calcicoles sont en effet les témoins des traditions agraires extensives du siècle dernier. Les anciennes cultures dont elles dérivent laissent des traces sous forme de talus d'épierrage (murgets), de restes de plants cultivés (vignes) ou d'adventices persistantes (Aristoloches dans le cas des Vignes, *Ajuga chamaepytis*) (BOCK, 1986). BOURNERIAS & PRELLI (1970), confirment l'influence humaine en constatant que les variations climatiques sont souvent trop faibles pour expliquer les variations floristiques que l'on observe, dans certains cas, d'une pelouse à l'autre.

Cependant, ROYER (1987) souligne que l'action de l'homme, dans l'ouverture de ces milieux calcicoles, avait été renforcée par celle des lapins, avant l'introduction de la myxomatose. L'impact du pâturage par les lapins a été étudié dès 1926 par TRANSLEY et ADAMSON. Les tonsures liées aux activités cuniculines peuvent, lorsque le rongeur pullule, s'étendre à l'ensemble de la pelouse ; de telles situations étaient fréquentes avant l'arrivée de la myxomatose en Europe (WELLS *et al.*,1970) dans les années 1970. MAUBERT (1996) le confirme, dans la Réserve Naturelle de Grand-Pierre-et-Vitain, où il démontre l'importance des lapins sur le tapis végétal. Ils réduisent les touffes puissantes de *Brachypodium pinnatum* à l'état de galettes dont ils grignotent le pourtour et qu'ils finissent par anéantir, comme ils le font d'ailleurs pour presque tous les arbustes (sauf le buis) ; le sol devient alors squelettique (JOVET, 1949). Les lapins ont surtout une action sur leurs secteurs d'activités privilégiés, les lisières, replats, corniches, bordures de sentiers (BOULLET, 1989). Ils peuvent donc influencer fortement la dynamique successionnelle de la végétation (GIBSON & BROWN, 1992).

La grande faune a pu également intervenir dans l'action d'ouverture des espaces, mais très peu de travaux existent dans ce domaine. Les paléobotanistes et les paléoécologues ont beaucoup de mal à évaluer l'importance que pouvaient avoir ces grands mammifères sur l'abroutissement des groupements arborescents et arbustifs. Ceci est important dans la compréhension de l'histoire des paysages et des communautés végétales, car il est clairement démontré que la composition et la dynamique des pelouses calcicoles sont autant dépendantes des pratiques de gestion anthropiques que résultantes d'un équilibre naturel (DUTOIT & ALARD, 1995). On sait par exemple que l'abandon de l'exploitation d'un herbage conduit dans un premier temps à une friche prairiale généralement dominée par quelques espèces compétitives qui forment un faciès (ALARD, 1998).

L'état d'une communauté végétale reflète son histoire. La végétation intègre, en effet, les actions des facteurs du milieu (pédoclimat et modes d'exploitation). Par exemple, dans les groupements sur sols profonds, résultant pour la plupart d'anciennes cultures, la dynamique est très rapide. MAUBERT (1978) a montré, à partir d'une comparaison des photos aériennes qu'une trentaine d'années suffit au développement d'une fruticée dense. Cependant l'hétérogénéité des phénomènes et des végétations en place tire en partie son origine de l'histoire pastorale et parcellaire du site, mais aussi d'un certain hasard présidant à la sélection et l'efficience des mécanismes dynamiques (BOULLET, 1989). D'ailleurs, l'impact sur la végétation des actions passées se ressent encore sur la dynamique spontanée de la végétation de nombreuses années après (CORNISH, 1954 ; DUTOIT & ALARD, 1995). Néanmoins, les conditions écologiques stationnelles ont une grande importance. On sait que les colluvions de bas de pente, les talus de grèze, les loupes de solifluxion, favorisent l'installation des arbres (BOCK, 1986).

Transformées ou détruites depuis l'abandon du pacage, les pelouses calcaires sont devenues des milieux improductifs pour l'agriculture. La crise lainière de 1870/1880, la restriction, puis la suppression de la vaine pâture à partir de 1889, les difficultés à trouver des bergers, l'extension des prairies artificielles et la reconversion à l'élevage bovin, plus rentable, amèneront petit à petit la fin du troupeau ovin. La vaine pâture a disparu complètement entre 1920 et 1930. La flore et la faune se sont maintenues dans ces agrosystèmes jusqu'à l'après-guerre, période où l'intensification de l'agriculture a fortement modifié les équilibres ancestraux.

Quatrièmement, l'aspect ouvert des pelouses calcaires en a fait des lieux de récréation fort appréciés des hommes. C'est encore plus vrai pour des pelouses proches des villes. Les promeneurs, les motos " vertes " et les véhicules 4X4 traversent assez fréquemment les pelouses calcicoles. Les pelouses sont des terrains très appréciés pour le caravaning. En ce qui concerne les promeneurs, leur impact sur la flore est relativement faible. Il n'en est pas de même des véhicules à moteur qui écrasent les végétaux et compactent le sol entraînant la formation de groupements peu intéressants. L'impact du motocross est quelque peu semblable aux effets du pâturage. Lorsque la fréquentation motocycliste est faible, on peut voir réapparaître les stades initiaux de la pelouse (BOULLET, 1986). Mais la densification du passage et la multiplicité des séquences de cross modifient les caractéristiques écologiques au niveau de la piste ; le sol tassé, souvent scalpé, est recolonisé par une végétation à *Lolium perenne, Phleum bertolonii, Plantago major*, typique des pelouses piétinées (BOULLET, 1987). Aussi, quelques pelouses calcicoles ont fait l'objet d'arrêtés municipaux, afin de réglementer l'accès de ces sites pour ce type d'activité. L'abandon des pratiques agricoles aboutit à une fermeture du paysage, qui n'est souvent pas appréciée par le tourisme.

Cinquièmement, certaines pelouses sont encore pâturées et présentent donc une richesse agricole notable. Elles semblent, au moins dans le Nord de la France, ne présenter un intérêt agricole que comme terrain de pâture. La fauche de ces parcelles est très rare.

2. Bilan des menaces

De par ses activités, l'homme agit sélectivement, depuis plusieurs millénaires, sur le milieu naturel, entraînant la disparition de certains habitats, réduisant de manière significative les effectifs, fragmentant ou isolant des ensembles de populations autrefois plus étendus et certainement plus diversifiés (OLIVIER *et al.*,1995). La répartition de certains taxons est donc souvent le reflet des actions anthropiques. Ces actions sont au moins aussi importantes que les

conditions écologiques. La connaissance du type biologique et du mode de dispersion des semences apparaît comme essentiel dans la dynamique de colonisation des espèces végétales. Par exemple, au cours de la période historique, l'homme a considérablement modifié l'étendue des habitats et par voie de conséquence, considérablement augmenté ou réduit les effectifs des espèces végétales (OLIVIER *et al.*, 1995).

Les menaces qui pèsent à l'heure actuelle sur ces milieux sont nombreuses. Certains facteurs, écologiques, économiques, technologiques, font que l'équilibre qui s'était établi entre l'exploitation agricole et la conservation de la richesse biologique a été modifié. Par exemple, ces terrains étaient anciennement pâturés et sont aujourd'hui abandonnés et souvent couverts par des groupements arbustifs. La faune et la flore des pelouses calcicoles sont souvent été victimes d'un abandon ou parfois d'une trop grande extensification des modes de gestion traditionnelle. Dans quelques cas, des pelouses ont été fertilisées et ont évolué vers des arrhénathéraies fauchées, dans lesquelles les espèces rares et menacées spécifiques de ces milieux calcicoles sont exclues.

La dynamique successionnelle naturelle induite par la colonisation du Brachypode penné, puis des arbustes, constitue aujourd'hui la cause principale de disparition des pelouses calcicoles et surtout des taxons xéro-thermophiles qui y vivaient. L'abandon des pelouses entraîne un phénomène d'ourléification. Les pelouses ourléifiées, dans lesquelles le Brachypode devient dominant, sont composées de deux strates. La première est constituée d'herbes hautes accompagnées parfois de quelques arbustes et la seconde est composée d'une litière de feuilles et de chaumes mortes en phase de décomposition, empêchant le développement et la régénération des espèces typiques des pelouses calcicoles. Déjà en 1922, ALLORGE avait observé que le Brachypode était pourvu d'un système très actif de drageons, qui multiplie la plante dans toutes les directions, en donnant naissance à autant d'individus qui deviennent libres et sont, à leur tour, capables de drageonner (MAUBERT & DUTOIT, 1995). Dans le Sud-Limbourg et dans presque tous les pays d'Europe du Nord, il en est de même. La diversité en espèces diminue dès que le pourcentage en poids de matière sèche de *Brachypodium pinnatum* atteint une valeur de plus de 50% (BOBBINK & WILLEMS, 1987 et 1991).

La création et l'agrandissement de carrières, les pratiques d'urbanisation, de déprédation, ont également contribué à la destruction de quelques pelouses calcaires. Enfin, ces groupements ont pu être reboisés, en pin noir (*Pinus nigra austriaca*) le plus souvent, soit totalement, comme c'est parfois le cas, soit en partie, dans le cadre d'une grande campagne de reforestation, dans les années 1960, avec l'appui du Fond Forestier National. La spéculation financière s'exerce facilement sur ces terrains qui n'ont souvent qu'une faible valeur agricole et sur lesquels la plantation d'arbres semble la seule possibilité de rentabilité.

Beaucoup de pelouses calcaires sont dans un état précaire. Ce phénomène a été démontré dans la plupart des pays ouest-européens par des auteurs divers (WOLKINGER & PLANCK, 1991). Il est aujourd'hui clair que la conservation de la richesse spécifique des pelouses calcaires passe par une gestion conservatoire et que la définition des caractéristiques floristiques et phytosociologiques est un prérequis indispensable. Une définition précise des syntaxons permet dans une certaine mesure, de comparer des groupements végétaux d'une région à l'autre, et de donner des indications en matière de pratiques de gestion.

3. Phytosociologie et floristique

La connaissance actuelle de la répartition et des menaces de disparition des espèces est satisfaisante pour la plupart des groupes bioindicateurs végétaux des pelouses. Quels que soient les groupes, les causes de disparition des plantes sont pratiquement toujours liées à la disparition ou à la modification de leurs biotopes. Ceci montre bien à nouveau la nécessité d'élaborer une répartition la plus précise possible des types de groupements végétaux, de leurs définitions écologiques, de leurs répartitions, de leurs compositions floristiques et de leurs relations dynamiques.

L'étude bibliographique du statut des espèces végétales montre que les espèces les plus xérophiles et les plus thermophiles ont subi le déclin le plus marqué. Ces plantes constituent un de nos objectifs de travail, car la plupart des biologistes considèrent que les espèces rares sont plus susceptibles de s'éteindre que les espèces plus abondantes (TERBORGH & WINTER, 1980).

La typologie et la dynamique des communautés calcicoles sont actuellement bien connues pour la plupart des régions de France. Elle met en évidence les différents syntaxons qui correspondent à des " unités adaptatives " (populations soumises en permanence à la sélection naturelle, au stress écologique, à la compétition interspécifique et à la pression parasitaire) dont la définition a découlé d'inventaires taxonomiques, chorologiques et écologiques (TIGERSTED, 1989 *in* OLIVIER *et al.*, 1995).

Les inventaires phytosociologiques, par leur méthodologie facilement reproductible et les résultats qu'ils permettent d'obtenir en matière de compréhension des communautés végétales et du fonctionnement des écosystèmes, sont souvent indispensables dans la mise en place de plans de gestion conservatoire. La phytosociologie constitue une des démarches possibles permettant d'appréhender les discontinuités spatiales et temporelles du tapis végétal (DE FOUCAULT, 1984). La définition des syntaxons permet d'envisager objectivement la conservation de l'ensemble des groupements végétaux des différents stades successionnels en milieux semi-naturels anthropiques, calcaires et xérophiles. On sait, par exemple, qu'il n'y a pas que les milieux les plus xérophiles qu'il est utile de préserver. Les lisières et les ourlets des *Trifolio-Geranietea* jouent un rôle de frein vis-à-vis du vent ; des espèces rares s'y installent (*Geranium sanguineum, Gentiana crutiata*, entre autres). Les ourlets contribuent à la diversité des habitats, donc à la diversité des espèces. La température aux lisières exposées au soleil reste élevée malgré le vent (COLMANT, 1996).

Des centaines de publications relatives aux pelouses de la classe des *Festuco-Brometea* sont parues en Europe (ROYER, 1987). La première tentative de BRAUN-BLANQUET et MOOR (1938), lors de la publication du premier prodrome concernant les pelouses à Brome, définissait quelques dizaines de groupements qui sont remplacés aujourd'hui par plusieurs centaines d'associations à l'échelle européenne (ROYER, 1987). Des synthèses donnant des vues précises sur les groupements présents dans différentes régions ont été réalisées. On pourra citer ROYER (1973) pour les groupements végétaux xérophiles calcaires de la Bourgogne et de la Champagne méridionale, MAYOT (1977) pour les pelouses du Jura central, MAUBERT (1978) pour le Bassin parisien et BOULLET (1986), qui a étudié les pelouses du domaine atlantique. GAULTHIER (1989) a étudié les relations entre les pelouses euro-sibériennes des *Festuco-Brometea* et les groupements méditerranéens des *Ononido-Rosmarinetea*. ROYER (1987) a également réalisé une synthèse phytosociologique et phytogéographique des pelouses des *Festuco-Brometea,* dans la région euro-sibérienne, et une étude sur les liens entre chorologie et

différenciation de quelques associations du *Mesobromion erecti* d'Europe occidentale et centrale.

Divers auteurs anglo-saxons ont également réalisé des synthèses phytosociologiques, comme SHIMWELL (1971a et b), qui a étudié les pelouses calcaires des Iles Britanniques, WILLEMS (1985) qui a fait une synthèse sur les pelouses calcaires du continent européen et une étude phytosociologique et phytogéographique, en 1982, sur les pelouses du *Mesobromion* de l'Europe de l'Ouest.

L'Est du bassin parisien a été étudié, au niveau phytosociologique par CHOUARD (1930), VAN DEN BERGHEN (1955), DUVIGNEAUD *et al.* (1970), ROYER et BIDAULT (1966), ainsi que ROYER (1973) et MAUBERT (1978). Des études phytosociologiques ont également été entreprises dans les parties limitrophes occidentales, ROYER (1973) pour la Champagne méridionale et DUVIGNEAUD (1984b) pour la Champagne septentrionale.

WILLEMS (1978) a proposé un synsystème des pelouses calcicoles des *Brometalia* du Nord-Ouest de l'Europe. Cependant, l'utilisation du synsystème proposé par ROYER (1987) dans sa thèse plus récente, complétée pour certains groupements par son travail sur la Bourgogne (ROYER, 1973), a servi de base à notre travail. La thèse de BOULLET (1986), sur les associations végétales de pelouses calcicoles du Bassin Parisien, a permis également de situer phytogéographiquement et phytosociologiquement la plupart des relevés xérophiles, mésoxérophiles et mésophiles des *Festuco-Brometea* de Lorraine. Nous avons également consulté le synsystème de OBERDORFER (1990). De nombreux travaux de phytosociologie publiés dans diverses régions ont également été utilisés. Pour les groupements d'ourlets, l'utilisation des communications du colloque phytosociologique sur les lisières forestières (GEHU, 1979) a été d'une grande utilité pour la détermination de nos différents syntaxons de pelouses ourléifiées.

4. Mesures de gestion conservatoire

Contrairement au zones humides, les expériences en matière de gestion conservatoire des pelouses calcicoles sont plus nombreuses. Des mesures de gestion ont été mises en place dans divers pays pour conserver et restaurer, dans certains cas, la richesse biologique de ces milieux. D'un point de vue scientifique, ces études sont très intéressantes, car la végétation réagit en quelques années (moins de cinq ans) après la mise en place de mesures de gestion, ceci grâce au changement de la concurrence entre les espèces (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). La typologie et la dynamique des communautés calcicoles sont actuellement assez bien connues, mais il manque aux gestionnaires des références pratiques sur les systèmes de gestion à préconiser (MAUBERT & DUTOIT, 1995).

Une des finalités des actions de conservation est de préserver le potentiel évolutif des espèces. La préservation de ce potentiel suppose que des actions de conservation, dès lors qu'elles s'avèrent nécessaires, soient mises en œuvre, beaucoup plus tôt, par rapport à ce qui est pratiqué actuellement (OLIVIER *et al.*, 1995).

La préservation des pelouses calcaires nécessite donc la remise en place de modes de gestion conservatoire qui arrêteront l'enfrichement des pelouses calcicoles, phénomène d'autant plus grave que le défrichement est un travail qui demande beaucoup de main d'œuvre et ne permet pas de recréer rapidement une pelouse calcicole (GRUBB & KEY, 1975 ; DELESCAILLE *et al.*, 1990). Ceci a également été montré en Belgique (DUVIGNEAUD *et al.*,

1982), en région parisienne (BOCK, 1986), en Champagne méridionale (MORGAN, 1997) et au niveau européen par WOLKINGER et PLANCK (1981) qui font de la protection de ces milieux une priorité à l'échelle européenne.

Au contraire de la plupart des pays anglo-saxons, les expériences de conservations biologiques, en France, ont débuté dans les années 1960, voire plus tôt quelquefois. La réserve de Grand-Pierre et Vitain est, en matière d'expérience de gestion, une référence. Des résultats y sont accumulés depuis près de quinze ans (MAUBERT, 1996). Ces études sont d'autant plus importantes que la végétation des pelouses calcicoles, par leur caractère secondaire, n'est pas en équilibre dynamique. L'arrêt des pratiques agro-pastorales entraîne, à plus ou moins long terme, un changement radical dans la physionomie et la composition floristique. Il manque aux gestionnaires français des références pratiques sur les systèmes de gestion préconisés (MAUBERT & DUTOIT, 1995). La connaissance écologique des espèces rares est indispensable pour préciser les techniques à mettre en œuvre afin de gérer les populations d'espèces végétales et de mettre en œuvre les programmes de restauration qui pourraient s'avérer nécessaires (OLIVIER *et al.*, 1995). C'est un autre aspect de la mise au point des techniques de conservation qui n'a été qu'effleuré en France. Ainsi, les conséquences floristiques des mesures de gestion habituellement mises en place ont également fait l'objet de plusieurs études (BAKKER, 1989 ; BOKKINK & WILLEMS, 1993).

De nombreux travaux relatifs à la gestion par la fauche ont été réalisés. On pourra citer les travaux de DUVIGNEAUD (1983a, 1983b, 1987, 1990), PETIT (1984), BOBBINK (1987, 1990), BOBBINK & WILLEMS (1987), PUTS (1990), BOBBINK & WILLEMS (1991), DELESCAILLE *et al.* (1991), HOPKINS (1991).

Depuis presque trente ans, des recherches ont été effectuées sur la gestion agro-pastorale. On pourra citer, entre autres, les travaux de GREEN (1971, 1973), WELLS (1965, 1967a, 1969, 1971, 1973 et 1980), DUVIGNEAUD (1990), VERBEKE (1990), ARLOT et HESSE (1981), GEHU *et al.* (1982), GRANT (1985), WILLEMS (1983), ROSEN et SJOGREN (1973), RUSCH (1988) ou encore le travail de TITYANOVA, RUSCH et VAN DER MAREL (1988).

Cependant, comme le signale BOULLET (1978) et BOBBINK (communication orale, 1996), il faut se méfier de la transposition hâtive des résultats obtenus dans des régions où la composition floristique est bien différente des pelouses calcicoles que l'on étudie. Les conditions climatiques sont, en effet, différentes, ce qui induit que les potentialités des espèces le sont également. Par exemple, beaucoup de travaux et d'expériences de gestion ont été réalisés en Angleterre et en Hollande dans des contextes phytogéographiques différents. Nous devons donc, en France acquérir des références en matière de gestion conservatoire, afin de valider ou de réprouver les résultats obtenus dans le Nord de l'Europe.

Chapitre 2 : Bilan des connaissances sur les pelouses des *Festuco-Brometea* de Lorraine

Les pelouses calcicoles de Lorraine ont fait l'objet de peu de travaux spécifiques. Des publications anciennes sur la répartition de taxons ont été utilisées pour la connaissance de certaines pelouses ou de la répartition de certaines espèces. Ce sont, par exemple, les florules, les comptes rendus d'herborisation, les révisions et compléments de flore, les études phytogéographiques. Les travaux de phytosociologie et de phytoécologie sont peu nombreux. Surtout, ce sont des documents ne traitant qu'une petite partie du territoire régional.

Des flores donnent des indications sur la végétation lorraine. On pourra citer ACLOQUE (1907), qui a publié la flore du Nord-Est de la France, des Vosges et de l'Alsace-Lorraine, la flore de BRETON (1901) des plantes de la Meuse, et ses compléments et corrections publiés en 1927. La flore de GODRON (1861) couvre l'ensemble de la région lorraine. La flore de la Moselle de HOLANDRE (1842) est intéressante pour les données floristiques des environs de Metz. Quant à SUARD (1845), il a dressé un catalogue des plantes vasculaires du département de la Meuse. La flore analytique de Lorraine et ses contrées limitrophes (GODFRIN et PETITMENGIN, 1909 in GODFRIN (1913)) est également un travail à signaler, mais dont les localisations sont peu précises, comme bien souvent dans les ouvrages anciens.

Les botanistes du siècle dernier ont contribué à une meilleure connaissance de la phytogéographie des pelouses calcicoles. L'Abbé BARBICHE (1866, 1870, 1878, 1891, 1904) a beaucoup étudié le Nord de la Moselle. DOISY (1835) s'est penché sur la flore de Meuse et GODFRIN (1913) propose un atlas des plantes de Lorraine. HUSSENOT (1835-1836) contribue également à une meilleure connaissance de la flore régionale en donnant un catalogue des plantes de Lorraine. Il en est de même des comptes rendus d'herborisation tels que ceux de BEAUZEE (1890), de BULLEMONT (1890), de FRIREN (1878, 1904 et 1909) qui a surtout étudié la flore de Moselle, de PIERROT (1877, 1883 et 1889) pour le secteur de Montmédy. GUINIER et MAIRE (1908) ont réalisé le rapport sur les excursions de la société botanique de France en Lorraine (juillet-août, 1908), puis JACAMON et TIMBAL (1981) ont rédigé celui de la visite de cette société botanique du 13 au 18 juillet 1981. Le sud de la région a beaucoup été étudié au début du siècle par PETITMENGIN (1900a, 1901, 1902, 1903, 1904, 1906 et 1907), surtout le Plateau de Malzéville (1900b), dont il donne plusieurs indications floristiques. Ce plateau a également fait l'objet d'une publication de RISTON (1880). A la même époque, VUILLEMIN (1887, 1901, 1902) donne aussi des indications floristiques sur des plantes thermophiles des environs de Nancy, dont le plateau de Malzéville.

Des travaux localisés à certaines pelouses ou à de petits secteurs ont été très utiles. C'est le cas des travaux de DAUL (1978) sur le Mont Saint-Quentin, d'ERRARD sur les plantes de la pelouse d'Inor (en 1914) et sur les environs de Villecloye et Velosnes (en 1925), MASIUS (1960) et de PETERNEL (1992) sur les pelouses de Montenach, de GIGLEUX (1984 et 1986) sur le Mont-Saint-Quentin, de GUINIER (1923) pour les environs de Nancy. Quant à HOUZELLE (1897), il a étudié Mont-devant-Sassey. LEHURAUX a également étudié Mont-devant-Sassey (1904) et Sivry-sur-Meuse (1926). MAUBEAUGE (1980) a fait une étude sur la callune du Plateau de Malzéville. Un travail spécifique sur les roses du Bassin de la Moselle a été effectué par HUMBERT (1876 et 1877). Il donne des indications malheureusement peu précises sur la localisation exacte des taxons.

Plus récemment, CEZARD (1938, 1951, 1971) a permis une meilleure connaissance des environs de Nancy. Il en est de même de DURIN (1957, 1982) pour les milieux calcaires de la Meuse et de MEYER (1960 et 1966) pour les pelouses du Nord de la Moselle. Le botaniste nancéien DARDAINE (1975, 1976) a également publié des articles concernant des plantes de pelouses calcicoles (*Centranthus angustifolius* et *Ptychotis saxifraga*). Le travail de STOTT (1975) sur les éboulis crayeux du Nord de la France donne des indications sur les éboulis mobiles de Lorraine.

Le grand botaniste belge Jacques DUVIGNEAUD a consacré de nombreux travaux aux pelouses calcicoles, aussi bien en Lorraine que dans l'ensemble du Nord de la France. On pourra citer ses principaux travaux sur la Lorraine française. Il a étudié le Mont-Saint-Quentin (1982), la Côte de Delme (1983d), les secteurs de Pagny-la-Blanche-Côte (1970, 1984), les pelouses de la région d'Ars-sur-Moselle (1985a), la plaine alluviale de la Moselle, en 1985, où un groupement à *Bromus erectus* et *Thalictrum minus* ssp *saxatilis* est décrit et rattaché, par cet auteur, au *Mesobromion*. DUVIGNEAUD a également contribué à la sauvegarde de la flore des pelouses calcaires de Lorraine, au travers de communications dans des colloques et séminaires organisés en Lorraine (1982, 1993).

Une équipe de chercheurs belges, composée de MULLENDERS, VAN DEN BERGHEN, DURIN et DUVIGNEAUD a étudié, dans les années 1960, la végétation des milieux calcaires depuis le plateau de Langres jusqu'au-delà des Ardennes. Une synthèse phytosociologique des pelouses calcaires de la Lorraine mosane et du Chatillonnais a été publiée par ces auteurs belges en 1972.

L'étude phytoécologique des plateaux calcaires de Nancy, effectuée par BECKER (1979) donne des indications sur les relations sol-végétation des pelouses des plateaux calcaires nancéiens. Il faut signaler également les nombreux travaux de phytogéographie du botaniste belge PARENT (1970a et b, 1973a et b, 1974, 1975, 1976a et b, 1979, 1986, etc.), qui, depuis une trentaine d'années, a fortement contribué à la connaissance de la phytogéographie de notre région. Ces travaux donnent, entre autres, de précieux renseignements sur les migrations d'espèces méridionales et la répartition de certains taxons rares de pelouses calcicoles. Son travail en Lorraine a été très utile dans les investigations de terrain.

Les travaux phytosociologiques du botaniste allemand HAFFNER (1957 et 1960) pour la nord de la vallée de la Moselle et de la Sarre et les travaux de OBERDORFER (1978) pour l'Allemagne du sud, sont également à noter, mais ils ne concernent que le nord de la vallée de la Moselle.

Les premiers travaux de biogéographie sont très utiles pour déterminer l'évolution de la répartition de certaines espèces végétales. En Lorraine, les travaux de BENOIT (1929) et de VAN DEN BERGHEN (1955) sont importants pour la compréhension des problèmes biogéographiques des plantes xérothermophiles. En ce qui concerne les travaux phytosociologiques de Lorraine, ils ont permis de définir le statut actuel des plantes rares de pelouses calcicoles. Quelques syntaxons sont très fortement menacés de disparition, tandis que d'autres sont en limite d'aire de répartition.

La liste régionale des plantes protégées a été établie, sur la base de tous ces travaux, par un arrêté préfectoral du 3 janvier 1994, paru au journal officiel le 4 mars 1994. C'est ainsi que 25 espèces végétales protégées de Lorraine sont localisées dans ce type de milieu ou sont indirectement liées à un de leurs stades dynamiques proches. Ce sont: *Carex hallerana,*

Coeloglossum viride, Epipactis muelleri, Limodorum abortivum, Melica ciliata, Orchis simia, Orchis ustulata, Amelanchier ovalis, Blakstonia perfoliata, Chamaecytisus supinus, Hippocrepis emerus, Coronilla minima, Crepis praemorsa, Cytisus decumbens, Euphorbia seguieriana, Filipendula vulgaris, Fumana procumbens, Geranium sanguineum, Gentiana crutiata, Linum leonii, Melampyrum cristatum, Orobanche alsatica, Thalictrum minus subsp. *saxatile, Thlaspi montanum* et *Viola rupestris*. Toutes ces espèces rares sont présentes dans moins d'une vingtaine de stations pour toute la région. Les plus rares de ces espèces sont *Chamaecytisus supinus, Blakstonia perfoliata, Coronilla minima, Melampyrum cristatum* et *Euphorbia seguieriana* dont moins de cinq stations sont connues en Lorraine, la plus rare étant sans aucun doute la dernière dont une seule station est connue dans le nord de la région. A ces espèces protégées au niveau régional, il faut ajouter celle protégées au niveau national par l'arrété de 1982, qui comporte comme espèces présentes dans les pelouses calcaires de Lorraine les taxons suivants : *Aster amellus, Anemone sylvestris, Siler trilobum* et *Rosa gallica.*

DURIN écrit en 1957 que l'on assiste, en Lorraine, à une extension considérable des pelouses du fait de l'abandon des terrains difficiles à cultiver et surtout de l'exode rural, très marqué dans notre région. La vigne était la culture prépondérante depuis l'Antiquité sur les coteaux calcaires de Lorraine et de Belgique (TIHON, 1984). Sous l'influence de la colonisation romaine, elle a pris une grande importance dans le paysage des coteaux calcaires de Lorraine, surtout entre le 16ème et le 19ème siècle et marque encore profondément, de nos jours, le parcellaire. Les pelouses recèlent souvent des gisements archéologiques (Malzéville, par exemple). Les collines calcaires des revers de côte exposés au sud, par leurs mésoclimats, ont de tous temps été choisies par l'homme pour s'y installer. En Lorraine, les villages sont souvent bâtis au pied des côtes calcaires.

Ainsi existait-il encore en Lorraine il y a à peine 20 ans, toute une série de pelouses calcaires (au moins 20) entre Hattonchatel et Brandeville, sur les côtes de Meuse. Elles ont pratiquement toutes disparu, sauf celle de Dompmartin-la-Montagne au Tourbillon (PARENT, 1979). Au vu des inventaires floristiques et des publications de floristiques connus, c'est également dans la période d'après-guerre que les pelouses ont rapidement évolué.

La Côte Saint Germain, dans la vallée de la Meuse couvrait, au moment de l'étude menée par les botanistes belges (1950-1960), une superficie de 700 à 800 hectares. Cette pelouse a aujourd'hui presque entièrement disparu. Nous avons, après de longues recherches, pu réaliser des relevés dans un petit secteur de pelouse très dégradée, eutrophisée par un pâturage bovin intensif. DURIN (1982) constate de même la régression des pelouses calcaires, qui risque fort de mener à leur disparition, alors qu'il s'agissait de l'un des éléments dominants du paysage des côtes de Moselle et des côtes de Meuse. PARENT (1986) considère également que les mesures de conservation ne doivent pas être ponctuelles, mais qu'il faut s'attacher plutôt à préserver des ensembles paysagers qui iraient, dans le cas des côtes, de la plaine alluviale jusqu'à la forêt des crêtes.

L'histoire de l'utilisation des pelouses calcaires indique, qu'à partir des années 1920, l'usage de ces territoires devient en majorité le fait de bergers transhumants provenant du piémont Vosgien ou Alsacien. Les services vétérinaires de Meuse recensèrent en 1934, plus de 12 000 moutons pour 40 troupeaux. En Lorraine, la fauche ne s'observe que dans certaines conditions très favorables, où les engins agricoles peuvent circuler et où le sol est suffisamment profond et peu accidenté. Enfin, des expériences d'implantations de noisetiers truffiers ont été réalisées depuis quelques années sur certaines pelouses (Jézainville, Chauvoncourt, par exemple).

Il faut savoir, en effet, que la forêt est la végétation originelle de la quasi totalité de la Lorraine. A la faveur de ces biotopes, des espèces thermo-xérophiles des milieux ouverts pourraient être arrivées en Lorraine à des époques assez anciennes. Certaines espèces thermophiles se sont installées en France à la période de réchauffement de l'Alleröd (BUSH & FLENLEY, 1987). Des analyses palynologiques ont été menées sur des espèces de pelouses calcicoles (BUSH & FLENLEY, 1987 ; BUSH, 1993). Ainsi, la notion de primarité est-elle délicate, car elle n'exclut pas l'intervention permanente ou intermittente des facteurs écosystémiques non anthropogènes, comme le facteur cuniculigène (BOULLET, 1986).

C'est GUINIER (1939) qui a, le premier, montré ce caractère secondaire des pelouses calcaires de l'est de la France. Plus précisément encore, les pelouses du *Mesobromion* sont habituellement reconnues comme étant des groupements anthropiques issus de la déforestation, puis entretenus de diverses manières depuis des siècles. Les pelouses calcicoles sont presque toujours issues de défrichements forestiers (TANSLEY, 1939). Ce n'est que dans des conditions particulières, telles que sur les falaises, les éboulis (Pagny-la-Blanche-Côte), ou les sols soumis à de longues périodes de gel (landes primaires des hautes chaumes des Vosges), que des formations herbacées peuvent former des climax. On sait que la flore des pelouses est bien plus ancienne que les premiers défrichements, car, même en période d'optimum forestier, des clairières plus ou moins vastes et plus ou moins permanentes ont permis le maintien d'une végétation herbacée héliophile (BOCK, 1986). BOULLET (1986) distingue quant à lui, trois types syngénétiques de pelouses calcaires au sein des *Festuco-Brometea* : les pelouses dites primaires, que l'on peut qualifier de para-climaciques, les secondaires, datant certainement du défrichement originel, dont la vocation climacique est une végétation forestière, et les pelouses tertiaires, qui proviennent de cultures récemment abandonnées. Autant, les deux premeirs types sont clairement identifiés en Lorraine, autant le troisième l'est beaucoup moins.

Compte tenu de la disparition de nombreuses pelouses de la région, même de petite taille, qui assuraient un relais dans la circulation des diaspores, certaines pelouses se trouvent de plus en plus éloignées les unes des autres. C'est très net au dessus de Metz et Verdun. Ceci limite fortement les possibilités d'extension des espèces à diaspores peu mobiles. Poutant, la majorité des espèces xérophiles migre facilement à l'intérieur des vallées de la Moselle et de la Meuse, l'homogénéité floristique des pelouses nous paraît être indépendante de leur âge et de leur origine (DURIN et al., 1955). Ceci n'est plus le cas aujourd'hui et les échanges de matériels génétiques entre populations en sont donc limités (MAUBERT *et al.*, 1994).

Chapitre 3 : Présentation des objectifs de la thèse

Nous avons abordé dans ces travaux les deux types d'approche de la biodiversité. Une première approche consiste en la description des unités et une seconde, complémentaire, consiste en l'analyse du fonctionnement de ces communautés végétales.

Dans un premier temps, nous nous sommes attachés à analyser de manière exhaustive la végétation des groupements calcicoles. Comme le signale BOULLET (1987), il semble essentiel que, dans une première phase, la démarche protectrice s'oriente vers une optique conservatoire des syntaxons. Les pelouses calcicoles du nord-ouest de l'Europe s'intègrent à la classe des *Festuco-Brometea* et plus précisément à l'ordre des *Brometalia erecti* qui regroupe les pelouses planitiaires jusqu'aux pelouses montagnardes, à répartition occidentale, voire subatlantique, pour la zone retenue (ROYER,1987). Ceci sous-entend qu'aient été établis au préalable des fondements phytosociologiques et synsystématiques des végétaux à préserver.

Il est nécessaire de concevoir pour chaque pelouse une gestion conservatoire adaptée. Des résultats différents, voire contradictoires, montrent, en ce qui concerne des expériences de gestion ou d'efforts de restauration, que ce qui est valable pour une pelouse ne l'est pas forcément pour une autre, même si cette dernière est proche géographiquement ou floristiquement.

Les études entreprises dans le cadre de cette thèse, en relation avec les objectifs définis par les deux programmes de recherches qui ont financé l'ensemble des travaux entrepris, peuvent être résumées en cinq thèmes principaux.

1. Typologie phytosociologique des pelouses de Lorraine

L'étude de ce que l'on réunit habituellement sous le terme général de " pelouses calcaires " englobe, en fait, la prise en compte d'un nombre assez important de syntaxons, floristiquement et écologiquement distincts les uns des autres, appartenant à plusieurs unités phytosociologiques. Nous avons concentré notre étude surtout sur les *Festuco-Brometea* et de manière anecdotique sur les *Sedo-Scleranthetea*.

La première partie de ce travail a donc été de définir la typologie phytosociologique des pelouses calcaires de Lorraine. La description des associations végétales constitue une des bases de la description des écosystèmes concrets (FRONTIER & PICHOT-VIALE, 1991). Le choix de la méthode phytosociologique sigmatiste nous est apparu le plus pertinent.

Dans une deuxième phase, sur la base *de l'analyse* des résultats phytosociologiques, nous avons tenté de déterminer les facteurs écologiques déterminant la présence des différents groupements végétaux. Nous avons déterminé également quelques éléments que l'influence agricole induit sur la composition et la diversité floristique et la structure des communautés végétales.

L'état des lieux des différents syntaxons sur l'ensemble des pelouses a été établi lors des prospections. On espère que les conclusions qui pourront être tirées de ces prospections serviront à motiver la mise en place d'une véritable politique régionale de conservation des espèces végétales menacées, mais également des divers syntaxons rares et menacés de disparition à court terme.

2. Description de la dynamique successionnelle végétale des pelouses de la vallée de la Moselle

Cette étude sur les conséquences floristiques induites par la dynamique successionnelle de la végétation est indispensable pour connaître les fonctionnements naturels d'une communauté végétale xérophile en l'absence de pression anthropique. Les résultats que nous obtiendrons seront importants pour évaluer les réponses des gestions conservatoires (fauche, pâturage) mises en place. D'un point de vue plus théorique, ce travail a permis également de connaître les caractéristiques biologiques et physionomiques les plus marquantes qui déterminent la composition floristique et les caractéristiques morphologiques de certaines espèces. Plusieurs protocoles complémentaires, à diverses échelles spatiales, ont été établis dans ce but.

3. Etude démo-écologique de quelques espèces xérophiles des pelouses calcicoles

Les conséquences écologiques de la dynamique successionnelle naturelle de la végétation ont fait l'objet de nombreuses études (BOKKINK, 1988 ; BOBBINK & WILLEMS, 1991). Les pelouses calcicoles de Lorraine sont, pour la plupart d'entre elles, abandonnées depuis plusieurs décennies et leur évolution est liée aux conditions microstationnelles du site. En plus des études sur la végétation, nous nous sommes intéressés aux conséquences morphologiques des compétitions végétales qui s'établissent au cours des différents stades de la dynamique végétale.

Une partie du travail a pour but de mieux connaître le comportement des plantes, leur autoécologie, dans différents stades d'une dynamique végétale. Le choix s'est porté sur des espèces très communes en Lorraine, et même dans le nord de la France, afin d'envisager l'utilisation des résultats sur un territoire le plus vaste possible.

Ces données sont importantes pour évaluer l'impact à court terme et surtout à moyen terme des pratiques de gestion mises en place. Par exemple, le système reproductif de la plante exerce une grande influence sur le potentiel de recombinaison génétique d'une espèce et donc sur sa structure génétique et va, de ce fait, directement conditionner la répartition de la diversité intra et extra-population (OLIVIER *et al.*, 1995). La connaissance de l'impact de la gestion sur le système reproductif des individus d'une espèce rare est indispensable pour évaluer l'opportunité de gestion.

Nous avons étudié les conséquences de la dynamique successionelle sur la démographie des espèces xérophiles suivantes : *Linum tenuifolium*, *Asperula cynanchica*, *Linum catharticum* et *Teucrium chamaedrys*, *Cirsium acaule*, *Sanguisorba minor*. D'autres espèces mésophiles et mésoxérophiles ont également été étudiées ; il s'agit de *Lotus corniculatus* et *Achillea millefolium*. Ces études sont déterminantes pour évaluer les mesures de gestion conservatoire nécessaires. Dès 1977, HARPER signalait l'importance d'études démographiques précises à réaliser : répertorier le nombre d'individus mâles et femelles (si les sexes sont séparés), les effectifs de chaque classe d'âge et l'âge de la maturité sexuelle. Cette dernière dépend, entre autres, des conditions stationnelles. La gestion des populations d'espèces menacées peut donc s'appuyer sur des connaissances précises en ce qui concerne leur habitat et le fonctionnement de cet habitat (OLIVIER *et al.*, 1995).

Il convient dans un programme de recherche de déterminer les seuils concernant le nombre minimal d'individus et de populations d'une espèce donnée, ainsi que le degré de fragmentation de l'ensemble qui déterminera l'intensité des flux géniques entre populations, pour que l'espèce puisse se maintenir sur le plan démographique et sur le plan de sa variabilité génétique (OLIVIERI & GOUYON, 1992). Une partie de notre travail, surtout celle qui concerne les allocations énergétiques que Teucrium chamaedrys consacre pour la floraison et la régénération végétative de ses populations dans des pelouses en phase d'ourléification, donne des élements de réponse en la matière.

4. Impact du pâturage sur les communautés végétales de l'*Eu-Mesobromenion* et du *Teucrio-Mesobromenion*

Les modes de gestion les plus utilisées pour la restauration et la conservation des pelouses sont la fauche et le pâturage. Nous avons souhaité étudier ces deux pratiques agricoles dans le cadre de ce travail de doctorat. De plus, au moins pour le pâturage ovin, c'est le mode d'utilisation traditionnel de ces biotopes. Enfin, cette pratique est très courante en génie écologique.

Nous avons mis au point différents protocoles pouvant donner des éléments de réponse aux gestionnaires de l'environnement en matière de pâturage ovin. Ceci débouchera peut-être sur l'utilisation de ces animaux comme outil d'entretien biologique des pelouses calcaires. Pour cela, plusieurs objectifs ont été poursuivis.

Premièrement, on recherche le comportement de la flore des pelouses calcicoles avec des densités de population ovines différentes dans les trois principaux groupements végétaux (F.L.B., O.B.T., O.B.O.) des pelouses de trois sites de la vallée de la Moselle (Lorry-Mardigny, Jézainville, Malzéville). Ceci s'est fait par une gestion variable au sein d'un site, afin de conserver des habitats favorables à toutes les espèces de la dynamique des pelouses calcaires.

5. Impact de la fauche sur les communautés végétales de l'*Eu-Mesobromenion* et du *Teucrio-Mesobromenion*

Ce travail s'inscrit également dans l'élaboration d'une politique de gestion optimisées des pelouses calcaires de Lorraine et éventuellement d'autres pelouses calcaires du nord de la France, dans des contextes phytosociologiques proches. La pelouse de Lorry-Mardigny, à 15 km au sud de Metz, a été retenue comme site expérimental.

Le but est de déterminer les fréquences d'intervention optimales (annuelle ou tous les deux ans, dans notre cas), les conséquences floristiques (quantitatives et qualitatives) et les conséquences morphologiques pour *Teucrium chamaedrys* (taille, biomasse, production de fleurs), afin de recréer une pelouse calcicole riche en espèces thermo-xérophiles, à partir de biotopes ourléifiés et pauciflores, dominées par le Brachypode (*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Origanum vulgare*) et le Brome (*Onobrychido-Brometum* sous-association typique).

Des pelouses xérophiles, dominées par *Festuca lemanii* (*Festuco lemanii-Brometum* sous-association à *Helianthemum nummularium*) entrent également dans l'étude, afin de tester si une gestion par la fauche est judicieuse.

Une fauche annuelle et bisannuelle, réalisée au début de l'été (5 au 12 juillet), a été effectuée dans ces trois groupements.

En plus de la détermination des fréquences de fauches optimales pour chaque groupement végétal, ces protocoles permettront de comprendre le comportement (régénération végétative, mécanisme de floraison, conséquences des modifications de la compétition inter-spécifique), d'une espèce xérophile *Teucrium chamaedrys*, lors de l'agression induite par la fauche.

DEUXIEME PARTIE :
Méthodologies mises en oeuvre

1. La nomenclature utilisée

Pour les phanérogames, la nomenclature utilisée est celle de la nouvelle flore de Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du nord de la France et des régions voisines (Lambinon *et al.*, 1992), qui nous a paru la plus complète et la plus accessible. La plupart des déterminations sur le terrain ont également été faites avec cette flore. Les noms d'auteurs sont indiqués uniquement sur les tableaux phytosociologiques.

2. Localisation des sites d'étude

L'échantillonnage effectué devait prendre en compte la diversité des pelouses de Lorraine. Le but était d'identifier les divers syntaxons, sans pour autant avoir une image exhaustive de leurs répartitions. Il était utopique, en effet, de vouloir cartographier l'ensemble des groupements végétaux des *Festuco-Brometea* de Lorraine.

Le premier travail entrepris fut de localiser les pelouses calcaires lorraines. L'analyse de la bibliographie nous a permis de choisir un plan d'échantillonnage prenant en compte la diversité des pelouses calcaires de notre région. Contrairement à ce que l'on observe au sud du plateau de Langres, la densité des pelouses calcaires en Lorraine est assez faible, surtout au Nord de Metz.

MAUBERT (1978) a recensé tous les groupements susceptibles de correspondre à des pelouses calcaires à l'aide de photos aériennes IGN. Nous ne les avons pas utilisées car beaucoup de sites potentiels sont d'ores et déjà retournés à l'état de friche ou de manteau préforestier. En Lorraine, comme dans toutes les autres régions françaises, les inventaires ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques, Floristiques et Faunistiques) fournissent une aide précieuse et constituent une base de travail pour le plan d'échantillonnage. La liste des sites protégés par le Conservatoire des Sites Lorrains, ainsi que la lecture des articles de floristique et parfois de faunistique parus dans différentes revues depuis le début du siècle ont également été exploitées. Ces données constituent la grande majorité des informations que nous avons recueillis. Des indications plus récentes, non publiées, nous ont en outre été fournies directement par des botanistes comme Pierre DARDAINE, Jean-Paul FERRY, Philippe HOEFLER, Pierre KIEFFER, Jean Paul MAURICE, Serge MULLER, Pascale RICHARD, Guy SEZNEC et Jean-Claude WEISS. Ces botanistes ont également permis de localiser avec précisions toutes les pelouses mais aussi les chemins pour y accéder.

Cette précision dans la localisation des sites était indispensable. Certaines pelouses, en effet, de petites tailles (souvent quelques ares), sont très difficiles d'accès. Certaines d'entre elles, situées à proximité de pelouses de grandes tailles, n'ont pas été prospectées. Dans le cadre d'une étude floristique, en effet, il aurait été capital de prospecter le maximum de sites. Cependant, dans un problématique phytosociologique, hormis pour certains taxons rares et

particuliers car fortement liés à une unité phytosociologique (*Viola rupestris, Blackstonia perfoliata, Melica ciliata, Linum leonii*, etc..), nous avons pu constater, lors de l'analyse des résultats, que les différences floristiques dans les mêmes contextes écologiques étaient faibles.

Dans un deuxième temps, il a fallu connaître l'ensemble des facteurs influençant la diversité floristique et la diversité phytosociologique des pelouses lorraines. Cette étude sitologique est un préliminaire important aux prospections et à la bio-évaluation des milieux et des divers syntaxons. Elle a fait apparaître, entre autres, que beaucoup de pelouses calcaires sont dans un état précaire, disparues pour certaines ou en passe de l'être.

Il est souvent impossible de prendre en compte des reliques de pelouses ne couvrant que quelques ares, le plus souvent coincées au milieu de fourrés arbustifs. De plus, ces milieux, dans lesquelles la dynamique successionnelle de la végétation est déjà avancée, recèlent souvent une flore assez banale. Cependant, les pelouses de faible surface de ce type, dont il est difficile de connaître le nombre exact, sont d'une grande importance pour la sauvegarde de ponts de migration permettant le transfert de gènes d'une pelouse à l'autre. Bien que très peu représentées dans les inventaires, elles devront donc être prises en compte dans la définition d'une politique de gestion régionale des pelouses calcicoles.

MORGAN (1997) a montré qu'en Bourgogne il n'en était pas de même. Des pelouses de faibles surfaces renferment encore un nombre important d'espèces xérophiles (*Globularia bisnagarica, Fumana procumbens, Pulsatilla vulgaris*, par exemple). Il en est de même des bords de route, des voies ferrées, sur lesquels des groupements de pelouses des *Festuco-Brometea* peuvent s'installer. Certains relevés y ont été réalisés, dans la mesure où ces milieux semblaient " naturels " et très peu influencés par les activités humaines toutes proches.

Sur les pelouses, dans la mesure où des gestions agro-pastorales différentes avaient été ou étaient pratiquées, nous avons réalisé des relevés, car ces pratiques induisent la formation de syntaxons particuliers qu'il est important de caractériser.

Certaines pelouses se trouvent aux limites de la région. Il aurait été intéressant d'élargir les prospections aux secteurs limitrophes. Mais, dans ce cas, le problème des limites de l'étude n'aurait été repoussé que de quelques kilomètres. Nous avons donc opté pour un échantillonnage dans les limites administratives strictes de la région lorraine, avec, dans une seconde partie du travail, une comparaison avec les travaux équivalents réalisés dans les régions limitrophes ou proches sur le plan phytogéographique.

Le nombre de relevés par site s'est échelonné de 2 à 9 (Malzéville, Montenach, Mont Saint Quentin, Pagny-la-Blanche-Côte), en fonction de leurs richesses en groupements végétaux. Cette richesse résulte le plus souvent d'une exposition variée de la pelouse (de la présence d'un plateau et d'une pente à inclinaison différente), d'une gestion agricole passée ou actuelle différente (fauche, pâturage, brûlis, fertilisation), et dans certains cas, de l'existence sur une même pelouse, de différents substrats géologiques (Calcaire du Bajocien et marne du Toarcien à Lorry-Mardigny et à Jézainville, par exemple).

Un seul relevé a été effectué a priori par groupement et par site, afin de limiter le poids que pourrait prendre certains groupements très communs dans l'analyse globale des résultats. Cependant, lors des premières analyses (figure 2), il est apparu que nous avions réalisé des relevés très proches sur une même pelouse. Nous avons donc été amené à les supprimer. Ceci est intervenu surtout pour des pelouses mésophiles, qui, bien qu'établies dans des contextes

différents, sur une aire géographique relativement vaste, ont une certaine homogénéité floristique. Les relevés correspondant à des transitions trop marquées vers les prairies des *Agrostio-Arrhenathereteа* ou du *Molinion,* qui déformaient beaucoup l'analyse factorielle, ont également été supprimés.

3. Définition des groupes fonctionnels utilisés

La notion de groupe écologique identifie des ensembles d'espèces à exigences ou optimums similaires pour un facteur donné (DAGET & GODRON, 1982). Des concepts écologiques de gestion ont été élaborés sur la base de groupes fonctionnels d'espèces réagissant à des perturbations induites ou naturelles (KEDDY, 1990). Un groupe fonctionnel est composé d'espèces appartenant à des groupes taxonomiques différents, ayant un comportement identique face à une perturbation. Les groupes fonctionnels présents en pelouse calcicole sont étudiés selon le modèle des stratégies végétales de GRIME (1979).

La réaction rapide de la végétation des pelouses calcaires à un changement de gestion agricole a été mentionnée par DIERSCHKE et ENGELS (1991). Après une réaction forte, si la gestion cesse, la végétation retourne vers une composition floristique très proche de la situation initiale (VERBEKE & LEJEUNE, 1996).

Nous avons traduit cette théorie en analysant le spectre des formes biologiques ; les différents types biologiques distingués sont:

1 les graminées sociales (*Bromus erectus*, *Brachypodium pinnatum* et *Arrhenatherum elatius*, par exemple)
2 les graminées basses (*Festuca lemanii* et *Carex flacca*, par exemple)
3 Les thérophytes (*Linum catharticum, Erophila verna*, par exemple)
4 les hémicryptophytes (*Sanguisorba minor, Lotus corniculatus*)
5 les géophytes (*Anthericum ramosum, Orchis sp.*)
6 les chaméphytes (*Teucrium chamaedrys*, par exemple)
7 les arbres et arbustes (*Cornus sanguinea, Crataegus monogyna*, par exemple)

Pour la défintion de l'ensemble des espèces dans les différents groupes, nous avons suivi les indications de la flore de Belgique (LAMBINON *et al.*, 1992).

Cette méthode, désignée dans la littérature scientifique sous le vocable anglais de " growth form spectra analysis " est utilisée par le Dr. WILLEMS de l'Université d'Utrecht. Selon l'année, les graminées basses, les hémicryptophytes ou les herbes sociales sont les formes dominantes. Le recouvrement des autres formes ne montre que de faibles variations.

MAUBERT (1996), à Grand Pierre et Vitain, a indiqué la participation de chaque espèce du tapis végétal selon l'échelle anglaise « DAFOR » de recouvrement décroissant. Nous avons préféré indiquer les recouvrements des espèces selon l'échelle des Coefficient d'Abondance Dominance (C.A.D.), proposée par la méthode phytosociologique, qui est plus précise pour les espèces à faible recouvrement.

4. La méthode phytosociologique sigmatiste

La description des associations végétales constitue une des bases indispensables de la description des écosystèmes concrets (FRONTIER & PICHOT-VIALE, 1991). Les relevés

phytosociologiques ont été réalisés selon la méthode sigmatiste de l'école zurich-montpelliérenne, qui a été développée dans des ouvrages tels que ceux de BRAUN-BLANQUET (1964) et GUINOCHET (1973) et qui nous est apparue comme la plus pertinente. Plus récemment, GEHU et RIVAZ-MARTINEZ (1980) ont synthétisé l'ensemble des méthodes actuelles concernant la phytosociologie sigmatiste.

Les associations végétales sont établies sur des bases floristiques et statistiques rigoureuses (DE FOUCAULT, 1984). Les associations végétales réunissent les individus d'association possédant en commun à peu près les mêmes caractères floristiques, statistiques, écologiques, dynamiques, chorologiques et historiques (RIVAS-MARTINEZ, 1977). Cette définition complète, proposée par GUINOCHET (1973), indique qu'une association végétale est une combinaison originale d'espèces dont certaines, dites caractéristiques, lui sont plus particulièrement liées, les autres étant qualifiées de compagnes.

Chaque relevé floristique consiste en l'inventaire sur une surface floristiquement et écologiquement homogène de l'ensemble des espèces présentes, accompagnées d'un coefficient représentant l'abondance-dominante (C.A.D.) de chacune des espèces observées dans le relevé. Les coefficients d'abondance de BRAUN-BLANQUET seront les suivants:

+ : l'espèce n'est présente que par quelques pieds
1 : l'espèce a un recouvrement inférieur à 5% de la surface du relevé
2 : l'espèce a un recouvrement compris entre 5% et 25% de la surface du relevé
3 : l'espèce a un recouvrement compris entre 25% et 50% de la surface du relevé
4 : l'espèce a un recouvrement compris entre 50% et 75% de la surface du relevé
5 : l'espèce a un recouvrement supérieur à 75% de la surface du relevé

L'opportunité d'indiquer pour chaque espèce les coefficients de sociabilité n'est pas apparu indispensable. En effet, ils sont inutilisables lors du traitement statistique des données et ils n'auraient pas apporté d'information utile pour la compréhension phytosociologique des groupements. De plus, la subjectivité qui existe au niveau des coefficients de recouvrement est encore plus importante au niveau des coefficients de sociabilité. Cette subjectivité aurait été limitée dans ce travail car nous avons utilisé seulement nos relevés. Enfin, des protocoles d'analyse précise de la structure du tapis végétal existent. Ils sont beaucoup plus précis et pertinents que l'indication de la sociabilité de chaque espèce.

Dans le but de recenser la quasi-totalité des espèces présentes, nous avons déterminé l'aire minima de nos relevés. L'application de cette règle a donné des résultats allant de 10 à 36 m^2 environ, selon les différents groupements végétaux. Il nous a paru judicieux de considérer comme base de travail une surface de 25 m^2 et de déborder, pour autant que l'on ne sorte pas du même individu d'association en ne dépassant pas la surface de 36 m^2, pour les pelouses amendées et fauchées, compte tenu de l'aire maximale autorisée par le principe d'homogénéité (GUINOCHET, 1973). Ceci, bien que ces groupements soient très homogènes au niveau physionomique et floristique. En revanche, la plupart des relevés réalisés sur dalles affleurantes, proches des *Sedo-Scleranthetea*, ont une surface d'environ 10 à 15 m^2, ce qui est déjà beaucoup comme on le verra dans l'analyse des résultats.

Comme l'homogénéité absolue n'existe pas, " la décision du phytosociologue sera un compromis entre une microhétérogénéité négligeable et une macrohétérogénéité déterminante " (DE FOUCAULT, 1984). Nous avons donc suivi le même protocole durant toute la durée de l'étude phytosociologique et les résultats que l'on obtient nous permettent de caractériser

statistiquement les différents syntaxons de Lorraine et d'envisager des comparaisons floristiques avec les travaux équivalents réalisés dans d'autres régions. Il est fort probable que notre vision de l'homogénéité floristique soit identique à celle utilisée par d'autres phytosociologues ont utilisé dans leurs régions.

Il paraît clair, en effet, au vu des observations de terrain, que certains relevés dénotent une microhétérogénéité. Un certain nombre d'espèces ne poussent manifestement que dans les microhabitats où le sol est encore nu. C'est le cas de thérophytes tels que *Erophila verna, Veronica arvensis, Thlaspi perfoliatum,* mais également d'hémicryptophytes comme *Thesium pyrenaicum, Asperula cynanchica, Seseli montanum.* Ainsi, la plupart des relevés indiquent à la fois des groupements ouverts avec des espèces telles que celles citées ci-dessus et des espèces indiquant un milieu plus fermé, comme c'est le cas pour *Agrimonia eupatoria, Fragaria viridis, Ononis repens, Brachypodium pinnatum* ou encore *Bromus erectus.* Aussi, ces plantes, bien représentées dans des groupements mésophiles, ne sont que les reliques des groupements végétaux xérophiles ou plus ouverts qui ont précédé. On pourrait également considérer que ces plantes ne sont pas le reflet d'une microhétérogénéité stationnelle, mais plutôt la constatation d'une dynamique en cours, qu'il n'y a pas lieu de considérer comme le reflet d'une hétérogénéité stationnelle. L'étude de ces mosaïques de groupements a déjà été réalisée, entre autres, par ROYER (1973), VERRIER (1982) et par BOULLET (1986).

Les pelouses calcicoles sont des mosaïques végétales complexes (BOULLET, 1986). Tous les phytosociologues sigmatistes n'ont pas forcément toujours eu la même vision de l'homogénéité des individus d'associations. Par exemple, des auteurs différents ont pu avoir des approches différentes de la surface de relevés. Ces surfaces vont parfois du simple au double, pour un même groupement. Par exemple, sur le plateau de Langres, VAN DEN BERGHEN (1955) considèrent que l'aire minimale de l'association à *Globularia bisnagarica* et *Cytisus decumbens* est d'environ 100 m^2. Cette même surface est préconisée par GEHU (1980) pour les groupements à *Brachypodium pinnatum* et *Orchis fuchsii* du Boulonnais. MAUBERT (1978) a dépouillé beaucoup de tableaux phytosociologiques et constaté que la surface des relevés était comprise entre 1 et 200 m^2. Pour ROYER (1987), l'aire minimale normale est voisine de 10 m^2.

Les mosaïques de groupements sont très fréquentes dans ce type de milieux. La forme du relevé a donc une grande importance pour établir un relevé floristiquement homogène. Plusieurs auteurs ont assez mal appréhendé cette notion puisque certains de leurs relevés sont manifestement des mosaïques ou des mélanges d'individus d'associations différentes (MAUBERT, 1978). Le non respect de ces règles aboutit le plus souvent à des relevés comprenant un grand nombre d'espèces, parfois supérieurs à 50, alors que la moyenne sur l'ensemble des relevés que nous avons effectués en Lorraine est de 32. Lors de l'analyse, les résultats obtenus en ne respectant pas le principe d'homogénéité, surtout si l'on travaille en présence/absence, sont très difficiles à interpréter.

Certains auteurs ont fait un seul passage pour établir les relevés. Cette méthode présente le risque d'oublier de nombreuses espèces. La plupart des groupements végétaux étudiés présentent plusieurs phénophases successives et il est quasiment impossible dans la pratique d'obtenir la "presque totalité" des espèces présentes en réalisant le relevé à une seule date au cours de l'année (MULLER, 1986). La différence saisonnière de croissance est un facteur important pour la conservation d'une aussi grande richesse floristique sur d'aussi petites surfaces (GRUBB, 1976).

Seule la période comprise entre le 1er et le 10 juin permet de relever presque toutes les espèces du groupement de pelouse. Toutefois, quelques thérophytes printanières (*Erophila verna, Saxifraga tridactylides, Thlaspi perfoliata,* etc...) peuvent avoir disparu à cette date. Les espèces à floraison tardives (*Aster amellus, Gentiana ciliata, Gentiana germanica, Odontites lutea*, par exemple) sont encore peu développées à cette période et il faut être très attentif pour ne pas les négliger. Dans notre étude, les relevés floristiques ont été réalisés en trois fois, un premier passage vers le 15 mai, un second entre le 1er et le 15 juin et un troisième à la fin de l'été, entre le 15 août et le 15 septembre. Les individus d'associations ont été localisés grâce à des repères cartographiques (carte I.G.N. 1/25000) accompagnés d'une matérialisation très discrète (baton en bois, pierre) sur le terrain.

La finesse et l'exactitude de l'observation de terrain prime tout (GEHU, 1980), ceci d'autant que les transitions entre groupements sont souvent très lentes et il est souvent difficile de caractériser les groupements délimités. La physionomie du groupement, ses caractéristiques écologiques, et sa relative homogénéité floristique sont une aide précieuse lors de la délimitation du relevé. La description de ces communautés végétales est justifiée par l'utilité écologique, non par la théorie.

Des communautés bryologiques et lichéniques sont présentes sur presque tous les relevés. La biomasse des bryophytes peut atteindre 0,6T/ha et augmente avec le taux d'humidité (VAN TOOREN, 1988). La décomposition des mousses, essentiellement estivale, a pour conséquence d'apporter des éléments minéraux pour la croissance des plantes supérieures (VAN THOREN,1988). Néanmoins, ces dernières n'ont pas été prises en compte à cause d'un problème évident de détermination (PAUTZ, 1994). Pour GUINOCHET (1973), les lichens et les bryophytes constituent à eux seuls des groupements particuliers. Cependant, le pourcentage de recouvrement bryo-lichénique a été noté pour chaque relevé. Il est clair, au vu des observations de terrain, que cette négligence fait perdre un certain nombre d'informations sur l'organisation du groupement végétal. Certaines espèces pionnières des dalles rocheuses sont fortement influencées par l'abondance des mousses et des lichens. BOULLET (1986) a réalisé une étude de ces communautés bryologiques de pelouses et tonsures calcaires. On sait, par exemple que les germinations sont inférieures sur les sols couverts de mousses (DURING *et al.*,1984).

Certains auteurs éliminent systématiquement les phanérophytes de leurs relevés. Nous n'avons pas suivi ce point de vue, dans la mesure où les jeunes individus arbustifs sont notés sur les relevés et qu'ils influencent la composition floristique du groupement. Cependant, nous n'avons pas réalisé de relevés dans des fruticées basses. Cette méthode phytosociologique a permis de caractériser, dans les limites de précision imposées par les coefficients d'abondance, les groupements végétaux des pelouses calcaires.

En accord avec ces principes de la synsystématique, nous avons identifié chaque syntaxon par sa composition floristique, sa répartition géographique, son écologie, sa physionomie et un nom. Cependant, les espèces caractéristiques d'association n'ont qu'une valeur régionale ou locale, sauf pour quelques régions privilégiées à flore riche et diversifiée (ROYER, 1987). En accord avec cet auteur et nos résultats, on pourra également considérer que les espèces différentielles d'associations, de sous-associations, de variantes et de faciès, que nous avons identifiées en Lorraine, n'ont qu'une valeur régionale pour la plupart d'entre elles.

5. Protocoles concernant l'étude de la dynamique successionnelle de la végétation

Ce travail à pour but de montrer les relations existant entre certains paramètres du milieu et la composition floristique. Les paramètres de la végétation choisis traduisent, dans notre cas, les différents stades de la dynamique successionnelle. Ce travail permet de donner les fréquences d'apparition de chaque espèce dans les groupements étudiés. Une analyse phytosociologique classique de transition dynamique entre deux associations végétales ou deux syntaxons d'une même association, n'est pas suffisante pour décrire avec précision les processus de transition dynamique floristique et physionomique entre ces deux syntaxons. Cependant, on ne devra pas perdre de vue que la caractérisation des syntaxons est d'ordre floristique et que notre étude est basée sur ces mêmes espèces qui caractérisent ces entités. Il existe donc un lien étroit entre cette étude et l'étude phytosociologique.

Le diagnostic phytosociologique intègre l'ensemble des informations fournies par les présences ou absences d'un nombre considérable d'espèces mutuellement indépendantes (GUINOCHET, 1973). La méthode que nous avons suivie répond mieux à la finesse d'analyse que dont nous avons besoin dans ce travail pour expliquer les raisons des modifications floristiques observées (compétitions entre espèces, modifications des conditions microstationnelles, etc...).

La dynamique de la végétation peut être étudiée de manière diachronique (THOMAS, 1960 ; WATT, 1981) ou synchronique (ELLENBERG, 1963). Une analyse synchronique du suivi des structures des communautés végétales le long d'un gradient écologique, constituée des différentes unités fonctionnelles d'une succession végétale, permet de dégager, grâce à des analyses multivariées, les éléments biologiques principaux pouvant servir de bioindicateurs du stade dynamique.

Cette étude a été menée à Lorry-Mardigny, à 15 km au Sud de Metz. Sur cette pelouse, le Brachypode constitue des taches de forme et de taille variable (ourlet en nappe), dont la répartition semble aléatoire. Elles sont facilement repérables dans le paysage. Certains de nos relevés ont été réalisés dans ce type de biotope. La transition est très graduelle entre ces milieux et des pelouses xérophiles.

Le problème des études expérimentales est qu'elles se font sur de faibles surfaces, qui doivent servir de références pour l'ensemble d'un site ou d'une région. Le choix des placettes expérimentales est donc capital.

L'échantillonnage aurait pu être réalisé au hasard, ce qui a de nombreux avantages statistiques, mais le nombre d'échantillons doit être important et couvrir l'ensemble des gradients de variation étudié. Aussi, nous avons préféré réaliser nos 29 relevés sur des placettes choisies, ce qui est classique en écologie. Nous avons réalisé plusieurs relevés sur des placettes physionomiquement et floristiquement homogènes. Les différents stades de la dynamique successionnelle ont été échantillonnés, avec une attention particulière pour l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Origanum vulgare* (O.B.O.) (11 placettes) et l'*Onobrychido-Brometum* sous-association typique (O.B.T.) (9 placettes), car il s'agit d'un programme de recherche sur la gestion des milieux ourléifiés. Les placettes permettent surtout d'étudier l'ensemble des paramètres du milieu sur toute l'étendue de la gamme de variation. Ce type de mesure ne peut se faire que si les individus ont une distribution aléatoire.

Les placettes ont été choisies en fonction de leur caractère d'homogénéité floristique et physionomique. La pente, l'exposition, le substrat géologique et le passé des différentes placettes sont strictement identiques sur les 29 placettes, permettant de limiter l'influence de ces

paramètres dans l'interprétation des différents résultats que l'on a obtenus. Nos 29 placettes sont toutes comprises sur un espace d'environ un hectare. La fauche à été réalisée sur une surface de 70 X 70 cm. Le cercle serait préférable pour limiter les effets de bordures, mais les relevés circulaires sont plus difficiles à mettre en œuvre sur le terrain.

Les 29 placettes de mesures sont les mêmes que celles de l'étude sur la dynamique successionnelle de la végétation et de l'étude sur l'autoécologie de *Teucrium chamaedrys* (voir ce chapitre pour le choix des placettes). Les mesures effectuées en 1996 donnent des indications sur la dynamique successionnelle et l'autoécologie de *Teucrium chamaedrys*. Les mesures qui sont effectuées en 1997 et 1998 donnent des indications sur l'impact de la fauche.

La végétation a été coupée au ciseau à une hauteur de 2 cm. Cette hauteur varie de 2 à 4 cm, selon les auteurs, les milieux et les buts recherchés. Nous avons choisi cette hauteur, car pour les pelouses calcaires, elle permet de prendre en compte l'ensemble des espèces présentes, même les espèces rampantes (*Asperula cynanchica*), les annuelles à faible développement (*Linum catharticum, Erophila verna*). D'autre part, les espèces à faible développement n'auraient pas subi l'impact de la fauche si nous avions choisi une hauteur supérieure à 3 centimètres. Enfin, une fauche agricole sur ce type de terrain se fait à approximativement à 3 centimètres. Aussi la plupart des auteurs (BANCE *et al.*, 1991 ; LAMBERT, 1992) préconisent une hauteur de coupe en 2 et 4 cm (GREVILLIOT, 1996).

L'échantillonnage du milieu sur les placettes expérimentales est exhaustif. Les plantes dont il est possible de dénombrer les individus ont été comptées, tandis que pour les autres, on a uniquement mesuré leurs biomasses totales. L'étude de l'évolution de la végétation se fait couramment par le suivi de quadrats ou de transects permanents (dénombrements d'individus, recouvrement spécifique, relevés phytosociologiques). Aussi, dans notre cas, nous avons été forcées de couper tous les individus des espèces étudiées un par un, sous peine d'oublier certains individus. Il est généralement admis qu'une étude de la diversité est intéressante quand elle se fait dans un contexte spatio-temporel ou en liaison avec des variations environnementales. L'évaluation des attributs morphologiques et physiologiques des espèces permet de mieux cerner le rôle des espèces dans certaines performances globales à l'échelle de la communauté (ALARD, 1998). Cela permet également de mieux situer les positions relatives de deux unités phytosociologiques proches, en définissant avec plus de précision les caractéristiques floristiques discriminantes des listes qui composent ces deux unités.

Les paramètres mésologiques retenus ont été la biomasse de *Bromus erectus*, biomasse de *Brachypodium pinnatum*, biomasse de *Festuca lemanii*. Notre choix s'est porté sur 11 espèces, *Linum tenuifolium* (hémicryptophyte), *Seseli montanum* (hémicryptophyte), *Asperula cynanchica* (hémicryptophyte), *Teucrium chamaedrys* (chamaephyte), *Euphorbia cyparissias* (hémicryptophyte), *Crataegus monogyna* (phanérophytes), *Cornus sanguinea* (phanérophyte), *Lotus corniculatus* (hémicryptophyte), *Agrimonia eupatoria* (hémicryptophyte), *Sanguisorba minor* (Hémicryptophytes), *Linum catharticum* (Thérophyte). Pour chacune de ces espèces, nous connaissons le nombre d'individus, la biomasse totale des individus et parfois leur taille. Ces espèces sont toutes communes dans les pelouses mésophiles et mésoxérophiles de Lorraine, bien représentées sur l'ensemble du territoire régional. Pour *Teucrium chamaedrys*, des mesures plus précises ont été effectuées. Le protocole est développé au chapitre suivant.

Nos mesures ont été effectuées sur des échantillons de surfaces finis, en l'occurrence des carrés. Les caractéristiques de cette méthode sont les suivantes :

Les placettes ont été choisies en fonction de leurs caractères d'homogénéité floristique et physionomique. Un plan de situation général permet de retrouver les bornes sur l'ensemble du site d'étude.

Les différences morphologiques que l'on observe au sein d'une même espèce liées à la saison sont appelées cyclomorphose. Pour limiter ces influences, les données concernant ce travail ont été collectées entre le 5 juillet et le 15 juillet, le plus rapidement possible afin de quantifier des individus au même stade phénologique d'une placette à l'autre et d'une année à l'autre. Sans cela, aucune comparaison n'est possible. L'indicateur biologique que nous avons utilisé, qui nous permet de caler une année sur l'autre au niveau de l'avancement du stade phénologique, est le moment de la pleine floraison de *Teucrium chamaedrys*. Cette période correspond également au moment où les graminées sociables (Brome, Brachypode), ainsi que les arbustes ont terminé leur croissance printanière. De plus, la quasi-totalité des autres plantes ont déjà fleuri ou sont en passe de l'être. Elles sont donc encore bien visibles à cette période, ce qui n'est plus le cas quelques semaines plus tard. La phénologie des espèces est importante pour prévoir les conséquences des pratiques de gestion sur la croissance et la reproduction des plantes.

L'échelle d'appréhension de la signification fonctionnelle de la diversité se situe à un niveau hiérarchique supérieur à celui de la communauté (BARBAULT, 1992). Les paramètres abiotiques du milieu (pente, exposition, caractéristiques du sol, mode de gestion actuelle et passée) sont identiques d'une placette de mesure à l'autre, au moins dans nos limites de perception de milieu. Ceci nous a permis d'éliminer l'influence de ces paramètres dans l'interprétation des différents résultats.

L'ensemble des résultats a été exprimé en fonction de l'évolution dynamique qui a été identifiée. Ceci nous permet de déterminer l'évolution de chacun des paramètres mesurés au cours de la dynamique successionnelle.

6. Etude autoécologique de *Teucrium chamaedrys*

Cette étude vient compléter les résultats des conséquences floristiques de la dynamique successionnelle sur la végétation, dont nous avons parlé dans le chapitre précèdent. Le but de cette analyse est de montrer dans quelle mesure certaines caractéristiques biotiques du milieu (biomasse herbacée, biomasse arbustive) influencent la présence, l'abondance, les potentialités de multiplication sexuée, la structure et la morphologie d'une espèce. Notre choix s'est porté sur *Teucrium chamaedrys*, car nos observations de terrains nous laissaient penser que cette plante constituait un très bon « phytomètre ». D'autre part, les manipulations avec *Teucrium chamaedrys* (mesure de biomasse des organes et dénombrements des individus) sont aisées.

L'évaluation des attributs morphologiques et physiologiques des espèces permet de mieux cerner le rôle des espèces dans certaines performances globales à l'échelle de la communauté (ALARD, 1998). La dispersion spatiale des individus n'a pas été appréhendée. Nous avons uniquement quantifié la matière sèche. Nous avons noté ou mesuré sur chaque brin, la présence de fleurs et leurs biomasses (dans la mesure où le brin était fleuri), la longueur de la tige, la biomasse de la tige et la biomasse des feuilles. Pour chaque placette, nous connaissons donc le nombre total de brins, le pourcentage de brins fleuris, la biomasse totale des fleurs, des

feuilles et des tiges. L'ensemble de ces données constitue un des tableaux *de l'analyse* de co-inertie.

Les placettes ont été choisies en fonction de leurs caractères d'homogénéité floristique et physionomique. Les 29 placettes sont les mêmes que celles du protocole précédent (dynamique successionnelle), afin d'établir des comparaisons. La pente, l'exposition, le substrat géologique et le passé des différentes placettes nous ont permis de limiter l'influence de ces paramètres dans l'interprétation des différents résultats que l'on a obtenus. Nos placettes sont toutes comprises sur une surface totale d'environ un hectare.

Les relations entre la structure du milieu et l'ensemble des descripteurs de *Teucrium chamaedrys* ont été étudiées par une analyse de co-inertie (DOLEDEC & CHESSEL, 1994). Dans un premier temps, afin de limiter la subjectivité de l'analyse, nous avons réalisé un test de permutation (1000 permutations), qui nous a permis de tester la corrélation entre le tableau des données recueillies sur les placettes et le tableau qui rassemble les caractéristiques morphologiques des *Teucrium chamaedrys*. La traduction de ces informations en terme de stade dynamique a été obtenue par des droites de régression simples sur la base des antagonismes ou des co-structures mises en évidence.

7. Impact de la fauche sur les populations végétales

Le site d'étude de Lorry-Mardigny, à 15 km au sud de Metz, a été choisi pour des raisons de proximité du Laboratoire, mais surtout par la présence, à Lorry-Mardigny, de pelouses très variées au niveau floristique, physionomique, écologique, avec pour chacune d'elles des modes de gestion différents. Cette pelouse est donc une mosaïque reflétant la plupart des types de groupements que l'on peut rencontrer sur les côtes de Moselle.

L'analyse phytosociologique du site a été complétée par des études concernant l'impact des modes de gestion conservatoire sur la flore.

Nous cherchons à déterminer quelle est la réponse biologique à une pratique de gestion et sur combien de temps cette pratique a une influence sur la communauté végétale. Ces résultats vont ainsi nous permettre d'avoir des informations sur l'impact d'une pratique de gestion conservatoire. Les expériences de gestion conservatoire de la biodiversité des écosystèmes sont, en effet, à concevoir dans une perspective sur le long terme, où les effets des pratiques actuelles structurent les futurs écosystèmes (DUTOIT & ALARD, 1995).

Nous avons installé sur ce site deux types de dispositifs, un pour la fauche, l'autre pour le pâturage, afin de n'appréhender qu'un seul type de gestion sur une parcelle donnée. On sait que des expériences de gestion par la fauche ont donné de très bons résultats (WELLS, 1971; BOBBINK & WILLEMS, 1991).

Plusieurs aspects doivent être envisagés avant la mise en place de mesure de gestion conservatoire par la fauche. Nous allons les évoquer dans des sous-chapitres distincts.

L'ensemble du protocole se déroule sur un ancien terrain de pâture, abandonné depuis plus de 10 ans. Le berger continue de fréquenter cette pelouse, mais plus la zone d'étude.

7.1. Choix de la période de fauche

Des auteurs comme KRATOCHWILL (1984) se sont posés la question de la date des pratiques de fauche en rapport avec la phénologie des espèces. On sait que la fauche de la végétation herbacée en pleine période de végétation affaiblit les espèces compétitives et permet de restaurer assez rapidement des pelouses diversifiées (BOBBINK, 1989 ; BOBBINK *et al.*,1988 ; DELESCAILLE *et al.*,1991). Une fauche automnale maintient la composition floristique tout en favorisant le développement des espèces héliophiles à faible développement (WELLS, 1969). MAUBERT (1996) a pratiqué un fauchage au cours de la deuxième quinzaine de septembre. Cependant, cet auteur indique qu'il n'a pas pu mettre en évidence des différences d'impacts nettes entre les diverses modalités de fauchage (printemps avec ramasse de foin, printemps et automne avec et sans ramassage de foin), pratiquées pendant 5 ans, sur la richesse et la composition floristique ainsi que sur l'abondance-dominance des graminées sociales.

Compte tenu que la fauche estivale réduit la dominance du Brachypode et que c'est l'objectif principal du programme de recherche sur la restauration des milieux naturels, nous avons opté pour une fauche au début de l'été.

7.2. Fréquence des coupes

Il semblerait que la fréquence des coupes soit importante. BOBBINK et WILLEMS (1991) ont montré que deux fauches annuelles pendant cinq ans ont permis de d'arrêter la progression des Graminées sociales et permis une augmentation de la diversité floristique. Selon RYSER *et al.* (1995), une fauche régulière pratiquée tous les ans, ou tous les deux ans, est plus favorable à la diversité spécifique que deux fauches par an.

Nos études sont menées sur les trois principaux groupements de pelouses calcicoles de Lorraine. La détermination de la fréquence optimale des coupes dans ces groupements végétaux est l'un des objectifs majeurs de cette étude. Sur les 29 placettes de mesures qui ont été déterminées et étudiées en 1996, la moitié a été à nouveau fauchée en 1997, tandis que la totalité l'a été en 1998. Les résultats obtenus en 1997 et 1998 permettent donc d'estimer l'impact d'une fauche annuelle et ceux de 1998 l'impact d'une fauche bisannuelle.

7.3. Choix de la hauteur de coupe

La végétation a été coupée au ciseau à une hauteur de 2 cm. Cette hauteur varie de 2 à 4 cm, selon les auteurs, les milieux et les buts recherchés. Nous l'avons choisi, car pour les pelouses calcaires, elle permet de prendre en compte l'ensemble des espèces présentes, même les espèces rampantes (*Asperula cynanchica*) et les plantes à faible développement (*Lotus corniculatus*). Ces dernières n'auraient pas subi l'impact de la fauche si nous avions choisi une hauteur supérieure à 3 centimètres. Enfin, une fauche agricole sur ce type de terrain se fait à approximativement à 3 centimètres. Enfin, la plupart des auteurs (LAMBERT 1992) préconisent une hauteur de coupe en 2 et 4 cm (GREVILLIOT, 1996). Nous sommes ainsi dans ce qui ce fait habituellement en la matière.

7.4. Choix des descripteurs biologiques

Le choix d'une méthode quantitative de type quadrats (DAGET & GODRON, 1982) a été retenu dans le cadre de ce programme. C'est une méthode très classique. La méthode des quadrats permet une observation fine des modifications de la composition floristique.

L'échantillonnage du milieu est presque exhaustif. Sur chaque placette, un certain nombre de mesures ont été effectuées. Pour les trois graminées principales, *Festuca lemanii*, *Bromus erectus*, *Brachypodium pinnatum*, qui sont des hémicryptophytes en touffe, nous avons mesuré la biomasse totale et la nécromasse. Onze autres espèces sont étudiées ; ce sont : *Linum tenuifolium*, *Seseli montanum*, *Asperula cynanchica*, *Euphorbia cyparissias*, *Sanguisorba minor*, *Teucrium chamaedrys*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Lotus corniculatus*, *Agrimonia eupatoria*, *Linum catharticum*. Pour ces dernières, nous évaluons le nombre d'individus et la biomasse totale des individus.

Nous avons suivi les indications de la flore de Belgique et des régions limitrophes (LAMBINON *et al.*, 1992) pour déterminer le type biologique auxquel se rattache chacune des 11 espèces de l'étude.

Une étude plus fine a été réalisée en ce qui concerne *Teucrium chamaedrys* afin de déterminer les conséquences morphologiques d'une gestion par la fauche. L'évaluation des attributs morphologiques et physionomiques des espèces permet de mieux cerner le rôle des espèces dans certaines performances globales à l'échelle de la communauté (ALARD, 1998). Nous avons noté ou mesuré sur chaque brin de *Teucrium chamaedrys*, la présence de fleurs et leurs biomasses (dans la mesure où le brin était fleuri), la longueur de la tige, la biomasse de la tige et la biomasse des feuilles. Donc, pour chaque placette, nous évaluons le nombre total de brins, le pourcentage de brins fleuris, la biomasse totale des fleurs, des feuilles et des tiges.

7.5. Ramassage de la biomasse fauchée

L'accumulation d'une litière sèche importante est un élément important dans l'appauvrissement floristique. MAUBERT (1996) a testé une fauche avec et sans ramassage du foin. Pour certains, l'enlèvement du foin coupé fait impérieusement partie de la gestion par la fauche (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Certains auteurs (WELLS, 1971 ; WILLEMS, 1983 ; DIERCHKE & ENGELS, 1991) n'ont pas trouvé d'expérience de gestion dans laquelle l'herbe coupée n'est pas ramassée. La fauche à la débroussailleuse suivie d'un ratissage, du transport et du stockage de la fane en périphérie de la pelouse est le mode de gestion adopté depuis de nombreuses années par les naturalistes dans la région du Virion pour maintenir la strate herbacée rase et les exportations de minéraux (COLMANT, 1996).

Comme la grande majorité des auteurs, nous avons préféré tester une fauche avec évacuation de la biomasse. Dans le cas contraire, après les mesures effectuées au laboratoire, nous aurions dû restituer chaque biomasse à la placette correspondante. Ceci ne nous est pas paru opportun et surtout en accord avec ce qui se pratique habituellement dans les campagnes de restaurations de pelouses calcicoles, où toute la biomasse coupée est exportée.

7.6. Calcul de la biomasse

Les études sur la fauche nécessitent de connaître la biomasse totale de chaque carré de mesure et la biomasse des différentes espèces choisies comme bio-indicateurs. Le protocole retenu, pour l'étude sur la fauche et sur la dynamique successionnelle, est le suivant:

- prélèvement d'une surface de 0,70 x 0,70 = 0,49 m² pour chaque parcelle de gestion ou chaque association concernée par le traitement. La récolte de l'herbage doit être précise et se faire avec une paire de ciseaux. Puis, les échantillons sont mis à l'étuve pendant 48 heures, à 70°C.

- pesée de la matière sèche de chaque placette après séparation de la nécromasse.

- pesés sur une balance de précision, à 0.0001 g près, sauf pour la biomasse des graminées et des arbustes pour lesquels une balance précise à 0.01 g près a été suffisante. Pesée et expression des résultats en MS/m^2.

7.7. Problèmes méthodologiques

Dans une étude expérimentale de l'impact de la fauche, il est important de tenir compte de facteurs qui peuvent fausser les interprétations.

Par exemple, si l'on fauche une prairie à intervalles réguliers, on mesure non pas la production de biomasse de la végétation telle qu'on vaudrait la décrire, mais celle d'une végétation fauchée à intervalles réguliers, qui est un autre type de végétation (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1991). Tout fauchage rajeunit la végétation en suscitant une phase de régénération de la biomasse supprimée (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1991).

Dans le cadre des expériences, qui devraient se poursuivre sur le long terme, le piétinement répété de l'observateur peut influencer la composition floristique. Nous avons été obligés d'utiliser des quadrats que nous pouvions observer de l'extérieur. Au moment où l'on réalise une fauche, il ne faut pas négliger la consommation de biomasse par les vertébrés et les invertébrés, mais également la biomasse morte et en partie intégrée au sol.

L'un des problèmes que nous avons rencontrés est le comptage du nombre des individus (surtout pour *Teucrium chamaedrys*), qui peut sur certaines placettes dépasser les 400 pieds, d'où le choix de placettes de petite taille (20 X 20 cm) pour l'étude de cette espèce. L'autre avantage est que des placettes d'aussi faibles surfaces ont plus de chance d'être homogènes. Les résultats de l'analyse en composantes principales nous indiquent que les espèces n'ont pas une distribution aléatoire. Pour MORGAN (1997), les plantes sont plus au moins réparties au hasard sur l'ensemble d'une pelouse. Une analyse en composante principale, prenant en compte l'ensemble des données mésologiques donne des indications sur le choix des échantillons.

7.8. Mise en forme des résultats

Une étude sur l'impact du débroussaillement, de la fauche, des fertilisations, en utilisant les points-quadrats a été faite pour mesurer l'évolution des communautés végétales. Il présente ses résultats sous forme d'un tableau en distinguant les espèces à réaction rapide et celle dont la

réaction est évaluée au bout de cinq ans. Dans une autre expérience, DIERSCHKE et ENGELS (1991) ont étudié la réaction d'une pelouse du *Mesobromion* à différents modes de gestion et d'absence de gestion à la Feldbornberg près de Göttingen en Allemagne. Après une première fauche, la diversité en espèces a augmenté fortement. Au bout de trois ans de fauche, il s'est installé un nouvel équilibre dans la composition en espèces (VERBEKE & LEJEUNE, 1996).

Ce facteur du temps de réponse est à mon sens d'une grande importance. Malheureusement, il ne sera abordé qu'en partie, compte du temps imparti pour réaliser cette étude. Des suivis à plus long terme sur les mêmes placettes doivent être envisagés. Nous allons donc distinguer les espèces par types biologiques, en fonction de leurs types de réactions et, dans une certaine mesure, de leurs temps de réaction.

8. Impact du pâturage

Les moutons sont des animaux aux mœurs très grégaires, peu intelligents et peu combatifs. Leur présence est attestée à l'état sauvage dans la moitié sud de la France dans plusieurs sites largement échelonnés dans le temps, pendant la dernière glaciation et le début du postglaciaire. Au postglaciaire, cet animal aimait les milieux ouverts. Plusieurs fouilles ont permis de dater l'époque où le mouton a été domestiqué. Il semble donc aujourd'hui à peu près certain que la domestication du mouton se soit opérée localement dans le midi de la France, à partir d'une race indigène, dans le courant du 7ème millénaire avant notre ère (DUBY et WALLON, 1976). Puis, à partir de ce berceau, l'élevage du mouton s'est étendu en France, où il a été pratiqué de manière continue pendant des siècles.

L'étude de l'impact du pâturage a été réalisée sur trois sites de la vallée de la Moselle (les sites de Lorry-Mardigny, en Moselle, et Jézainville et le Plateau de Malzéville, en Meurthe-et-Moselle) faisant l'objet d'un programme de restauration ou de conservation selon les cas. Le suivi scientifique mis en place avait pour objectif d'évaluer les résultats de la gestion.

Les dispositifs de suivi du pâturage étant fixes, il était prévu que des mesures continuent d'être effectuées après 1996, année qui correspondait normalement à la fin du programme de recherche sur l'étude du pâturage. Ceci permettra de valider les premiers résultats. Ces mesures auraient pu être complétées par la réalisation de photographies prises aux même époques, aux même endroits (SMITH, 1980), ce que nous n'avons pas réalisé dans cette étude. Les résultats que nous présentons dans ce mémoire ont été établis sur des mesures effectuées entre 1994 et 1998, soit une période de cinq années, dont quatre permettent d'évaluer l'impact du pâturage, puisque 1994 correspond à l'état « initial », c'est-à-dire avant la mise en place du pâturage. Les expériences de gestion conservatoire de la biodiversité des écosystèmes sont à concevoir dans une perspective sur le long terme, où les effets des pratiques actuelles structurent les futurs écosystèmes (DUTOIT, 1995).

La gestion par le pâturage permet aussi de conserver des races rustiques (Est à laine Mérinos) tout en favorisant la diversité associée aux grands herbivores, diversité qui n'existe pas dans la cas de la gestion mécanisée (LECOMTE *et al.*, 1995). La race Mérinos de l'Est, ou Est à laine Mérinos, descendant du Mérinolandschaf, est en Alsace-Lorraine, la seule race régionale encore existante (C.S.L., 1991). Aujourd'hui, on compte 37 000 brebis Est à laine Mérinos de pure race pour toute la région du grand Est contre environ 180 000 dans les années 1950 (C.S.L., 1995).

L'Est à laine Mérinos est la race qui est employée depuis un siècle sur les coteaux calcaires de Lorraine, à l'occasion de transhumances annuelles entre l'Alsace et la Champagne. Ses capacités de marche, de résistance à la soif, de vie en plein air, et de consommation de végétation peu appétente en font une race a priori très adaptée à l'entretien des pelouses calcaires. Cependant, le pâturage de cet ovin dans de grandes brachypodaies entraîne une baisse de qualité des animaux. Par exemple, le pâturage commencé dans les grandes brachypodaies du Plateau de Malzéville en 1994, s'est soldé, en un mois, par une baisse d'un point du taux d'engraissement. Une rotation passant des brachypodaies aux pelouses à Brome a été entreprise.

8.1. Choix de la période et de la pression de pâturage

Pour répondre aux objectifs des gestionnaires, il faut affiner la période, la durée et la pression du pâturage en fonction des groupements végétaux ou des habitats à conserver en priorité (ROACH, 1995). La durée et la pression de pâturage dépendront du type de pelouses. Il est hautement recommandable, voire nécessaire, de prévoir la période de pâturage toujours à la même époque de l'année pour une même parcelle, et la même chose vaut pour la fréquence des interventions (annuelle, pluriannuelle) (BAKKER *et al.*, 1996). En effet, la fréquence et l'intensité des perturbations influencent la diversité spécifique et la structure des communautés végétales.

Le système des parcours ovins avec une race rustique permet d'éviter tous les effets néfastes du pâturage en enclos, comme l'apparition de zones surpâturées et souspâturées, de faciès d'espèces refusées, de surpiétinement des zones de repos des animaux, de développement des espèces nitratophiles (DUVIGNEAUD *et al.*,1990). Ceci est vrai dans le cas d'un suivi très attentif du parcours pastoral. Traditionnellement, le pâturage ovin se faisait au printemps.

Un pâturage d'entretien ne sera pas conduit de la même manière qu'un pâturage de restauration. Un pâturage de restauration sur une pelouse enfrichée pourra être réalisé en hiver, période où les animaux s'attaqueront aux arbustes. DUTOIT et ALARD (1996a) ont montré qu'à cette période, les animaux trouvent dans les écorces certains éléments minéraux (Na, Ca) qui font défaut dans la strate herbacée. Un pâturage printanier s'attaquera essentiellement aux Graminées. Les pertes de rendements herbacées sont, en effet, beaucoup plus importantes si les animaux sont mis en pâture très tôt au printemps.

Il convient que le bétail ne repasse en un point qu'après un certain parcours : production primaire et consommation doivent avoir un même rythme (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1991). Il faut laisser le temps à la végétation de reconstituer sa biomasse après le passage des animaux. Un chargement d'un mouton à l'hectare/an est suffisant pour l'entretien des pelouses calcicoles (VERBEKE, 1990). Dans un objectif de restauration, un chargement de 5 moutons/ha/an est nécessaire pour restaurer une vieille pelouse abandonnée (DUTOIT & ALARD, 1996a). MAUBERT *et al.* (1995) recommandent un pâturage de restauration, intensif, tournant, s'appliquant pendant une courte période sur de faibles surfaces, tous les quatre ans ou plus, et qui se pratique à l'aide d'enclos mobiles.

Dans le cadre de notre étude, la conduite du troupeau a été réalisée selon les modalités les plus favorables pour diversifier la faune et la flore caractéristiques de ce milieu. 180 brebis ont pâturé sur les 60 hectares du Plateau de Malzéville choisis pour l'expérimentation. Ceci représente un chargement global de 400/480 journées-brebis/ha/an sur les placettes de l'étude, en sachant que les animaux sont mis à l'herbe entre avril et juin. Un troupeau d'une centaine de

bêtes est mis durant 12 jours sur une surface de trois hectares. Un pâturage de la repousse automnale, si repousse il y a, a été effectué. Ce pâturage s'est fait par l'intermédiaire d'enclos d'environ trois hectares déplacés toutes les semaines ou toutes les quinzaines. Afin de réduire les frais de gardiennage et les restitutions de fumure à la pelouse, les animaux ont été mis en parc nocturne en dehors de la pelouse.

La pression de pâturage, sa durée et sa période sont des éléments importants à prendre en compte, car une charge faible pendant un temps très long n'éliminera pas forcément le Brachypode, alors qu'une pression forte, mais brève, obligera les animaux à brouter les pousses de Brachypode. Ainsi, pour les pelouses sèches, c'est une pression forte mais ponctuelle qui est préférable, alors que sur les prairies humides, il faut une pression faible, mais constante. Le système de pacage sera donc adapté pour répondre à cet objectif.

MOIS	QUINZAINE	CHARGEMENT (en brebis/Ha/An)
JUIN	4 jrs à la fin du mois	480 (120 brebis à l'hectare)
	3 jrs à la fin du mois	480 (120 brebis à l'hectare)
JUILLET	1/15	400 (environ 27 brebis à l'hectare)
	16/31	400 (environ 27 brebis à l'hectare)
AOUT	1/15	400 (environ 27 brebis à l'hectare)

A Jézainville, un exploitant agricole de Villiers en Haye (54), s'est engagé à réaliser, à partir de 1994, un pâturage de printemps/été en enclos mobile sur trois secteurs de 1,5 hectares avec un chargement évalué à 40 brebis par enclos et, si possible, de pâturer sur les zones de Brachypode. Le calendrier des interventions a été le suivant.

Enfin, à Lorry-Mardigny, c'est un pâturage extensif estival et automnal, d'une période de pâture de l'ordre de 3 mois qui est réalisé. Le chargement est de 150 brebis sur approximativement 15 hectares, soit 330 journées brebis/ha/an. Le problème majeur de ce type de conduite est qu'il ne permet pas de connaître la pression exercée sur un quadrat de mesure, compte tenu de la taille de la zone et les habitudes alimentaires des moutons qui ont des zones préférentielles de pâturage.

8.2. Choix des placettes

Le choix d'une méthode semi-quantitative de suivi type points-quadrats (DAGET & GODRON, 1982) a été retenue dans le cadre de ce programme. C'est une méthode très classique, qui permet une observation fine des modifications de la composition floristique. Nos mesures ont été effectuées, chaque année, sur des échantillons de surfaces finies, en l'occurrence des carrés. Ces 29 mesures, dans des groupements allant des plus ouverts aux plus ourléifiés, ont été réalisées, de fin juin à début juillet, au moment où *Asperula cynanchica* était en pleine floraison.

Deux dispositifs de mesures, espacés de 20 mètres, ont été mis en place par type de traitement (avec ou sans pâturage). Chacun est constitué de 25 carrés élémentaires de 20 cm X 20 cm, espacé de 80 cm sur une longueur totale de 20 mètres, conduisant donc à 50 mesures par dispositif. Selon GRIME (1979), il est important de choisir des carrés de petite taille pour permettre de visualiser les variations minimes de la végétation. La matérialisation du dispositif

permanent est faite par la pose de bornes de type géomètre aluminium._Pour chaque point de lecture l'abondance des espèces selon BRAUN-BLANQUET est notée.

A Malzéville, les placettes pâturées sont la 2 (O.B.T.), 3 (O.B.T.), 7 (O.B.O.), 9 (F.L.B.), 10 (O.B.T.) et 11 (F.L.B.). Les placettes non pâturées sont la 1 (F.L.B.), 5 (O.B.O.), 6 (F.L.B.), 8 (O.B.O.) et 12 (O.B.T.).

A Jézainville, les placettes pâturées sont la 3 (O.B.T.), 4 (O.B.O.), 5 (O.B.T.), 6 (O.B.O.), et 8 (F.L.B.). Les placettes non pâturées sont la 1 (F.L.B.), 2 (O.B.O.) et 7 (O.B.T.).

A Lorry-Mardigny, les placettes pâturées sont la 1 (F.L.B.), 2 (F.L.B.), 4 (O.B.T.) et 6 (O.B.O.). Les placettes non-pâturées sont la 3 (O.B.T.), 5 (F.L.B.), 7 (O.B.O.), 8 (O.B.O.), et 9 (O.B.T.).

Le plan d'échantillonnage a été initié en 1994 et nous n'avions pas à ce moment une vision aussi claire et précise de l'impact du pâturage et des groupements végétaux. Le F.L.B. (*Festuco lemanii-Brometum*), dominé par la Fétuque est mieux représenté que l'O.B.T. (*Onobrychido-Brometum* sous-association typique), dominé par le Brome, et l'O.B.O. (*Onobrychido-Brometum* sous-association *origanetosum*), dominé par le Brachypode. Les placettes pâturées de l'O.B.O. sont moins nombreuses que les pâturées pour l'O.B.O.. Malgré cela, les interprétations sont tout à fait réalisables.

Chaque espèce présente sur un relevé correspondant à l'ensemble des 50 carrés de mesure est notée. Elle est flanquée de deux chiffres. Le premier (fréquence de l'espèce) correspond au nombre de fois où l'espèce est présente sur les 50 carrés de mesure que compte un relevé. Le second, que l'on appelle coefficient de masse, donne une idée de l'abondance de l'espèce sur le relevé par des coefficients d'abondance de type BRAUN-BLANQUET, ces coefficients étant notés sur les carrés du relevé où l'espèce est présente, ce chiffre reflète donc son abondance au sein des points de mesure. Puis ces résultats annuels, pour chaque dispositif de mesure, sont exprimés en contribution spécifique de fréquence, qui correspond au rapport de la fréquence ou de l'abondance d'une espèce à la somme des fréquences ou des abondances de toutes les espèces. Le comptage du nombre d'individus a été envisagé, mais il s'est avéré délicat pour certaines espèces (*Brachypodium pinnatum, Hieracium pilosella*, par exemple). Aussi, nous avons préféré ne tenir compte que du recouvrement. Ainsi nous avons affecté:

COEFFICIENT D'ABONDANCE DOMINANCE	**COEFICIENT DE MASSE**
+	**0.25**
1	**1**
2	**2**
3	**3**
4	**4**
5	**5**

Ces valeurs permettent de montrer, par exemple, des brachypodaies présentant des fréquences d'apparition quasiment identiques (par exemple 50, en fréquence, pour deux d'entre elles) mais dont l'estimation de l'abondance fait apparaître des différences pouvant aller du simple au double (par exemple une somme de 100 pour le coefficient de masse de l'une et près de 200 pour l'autre).

D'autre part, la valeur de masse est importante car elle nous permettra peut-être, de montrer un changement notable en abondance alors que la fréquence d'apparition restera identique.

8.3. Problèmes méthodologiques

L'échantillonnage peut être réalisé au hasard, ce qui a de nombreux avantages statistiques, mais le nombre d'échantillons doit être important et couvrir l'ensemble des gradients de variations étudiées. Aussi, avons-nous préféré réaliser nos relevés sur des placettes choisies, ce qui est classique en écologie. Nous avons réalisé plusieurs relevés sur des placettes physionomiquement et floristiquement homogènes. Les différents stades de la dynamique successionnelle ont été échantillonnés. Cette méthode permet surtout d'étudier l'ensemble des paramètres du milieu sur toute l'étendue de la gamme de variation. D'autre part, ce type de mesure ne peut se faire que si les individus ont une distribution aléatoire, sans quoi la subjectivité dans le choix des placettes est trop grande.

Dans le cadre de nos expériences, qui devraient se poursuivre sur le long terme, le piétinement répété que l'observateur peut causer, oblige à utiliser des quadrats qui peuvent être observés de l'extérieur.

Sur le plan pratique, nous avons été gênés par les problèmes de localisation des bornes. Ces dernières ont été enfoncées au niveau du sol, afin de permettre aux engins agricoles de passer sans risquer de casser du matériel et de limiter les possibilités d'arrachage par des vandales. Une localisation précise, par triangulation par rapport à des repères fixes, ainsi que l'utilisation d'un détecteur à métaux facilitent le travail qui reste néanmoins délicat pour certains relevés dans des pelouses très embroussaillées. Une recherche des bornes, au début du printemps, avant le départ de la végétation, a beaucoup facilité leur repérage.

Lors du broutage des pelouses, les animaux rajeunissent le milieu en le tondant. La proportion de tissus vieillis, moins productifs, diminue, et lorsqu'on dressera le bilan de la saison complète, on trouvera une production nette supérieure à ce qu'aurait été celle d'une prairie non pâturée (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1991). Ceci limite les écarts observés entre les pelouses pâturées et les pelouses non-pâturées.

Le pacage des ovins, des caprins ou des bovins, la conduite et la charge du bétail, la périodicité et la durée du pâturage, le broutement des lapins, des lièvres et des chevreuils sont autant d'éléments qui induisent des modifications floristiques tangibles. Chacune d'entre elles constitue une variante puisée dans un fond synfloristique commun, l'association végétale (BOULLET, 1986). Si l'action du lapin, lorsqu'il est le seul agent biotique est relativement appréciable, il est malaisé de déterminer la part du rongeur dans des pelouses entretenues par les ovins et les caprins (FRILEUX, 1977). A Lorry-Mardigny, on constate de grandes zones couvertes de déjections de lapins, ce qui laisse supposer un nombre de rongeurs important. MAUBERT (1996) signale, qu'à Grand Pierre et Vitain, les trouées importantes dans le tapis végétal sont plutôt dues aux gratis des lapins qu'à l'action de la dent et du sabot des moutons.

Enfin, il faut savoir que les pelouses calcaires abandonnées depuis longtemps possèdent un stock alimentaire qui va limiter l'impact du pâturage durant les premières années de gestion. Donc si on veut un impact fort et rapide sur le milieu, la pression de pâturage devra être plus

forte durant un premier temps afin d'éliminer l'excédent de matières végétales disponibles pour l'alimentation animale.

8.4. Mise en forme des résultats

Les ovins sélectionnent les espèces qu'ils broutent. Les résultats sur la dynamique induite par le pâturage sont difficiles à évaluer. Les changements floristiques sont très lents, et ce d'autant plus lents que la pression de pâturage est faible. L'évaluation des effets du pâturage ovin s'appuie sur une comparaison entre la flore des parcelles gérées et celles de parcelles témoins non gérées qui sont supposées stables ou en évolution vers la fermeture ou l'embroussaillement du tapis herbacé.

Comme l'ont montré WEDIN et TILMAN (1996), pour la fertilisation, le pâturage influence les espèces de la communauté végétale selon plusieurs modalités. Il peut provoquer l'apparition d'espèces, la disparition d'espèces, la variation de la fréquence d'apparition et la différence d'abondance. Dans certains cas, le pâturage ne semble avoir aucune influence sur certaines espèces.

9. Traitements statistiques

Chaque technique et chaque outil statistique sont utilisés dans le cadre d'une problématique particulière. L'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.) a été utilisée pour l'étude phytosociologique et l'étude sur la dynamique successionnelle de la végétation. Pour l'étude sur le pâturage, nous avons réalisé des analyses en composantes principales (A.C.P.). Les analyses de co-inertie nous ont été utiles pour l'étude sur les conséquences de dynamique successionnelle sur la végétation. Nous avons aussi utilisé ce type d'analyse pour l'étude sur le comportement biologique de *Teucrium chamaedrys* dans le tapis végétal. La difficulté principale des analyses réside dans l'appréciation des effets du traitement par rapport aux autres facteurs, comme par exemple, les conditions climatiques ou les perturbations des herbivores sauvages (micromammifères, cervidés sauvages, lapins).

9.1. Les analyses de régression

Nous avons effectué des analyses des régressions simples. Ces analyses ont été réalisées par l'intermédiaire du logiciel MINITAB. Malheureusement, notre échantillonnage n'était pas, dans certain cas, suffisant pour obtenir des résultats ayant la moindre valeur statistique.

9.2. L'Analyse Factorielle des Correspondances

C'est une méthode d'analyse multivariée. La recherche des degrés de similitude entre les relevés se fait en examinant les combinaisons d'espèces, grâce à une technique d'ordination, l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.). L'Analyse Factorielle des Correspondances a été mise au point dans les années 1960 par l'équipe de recherche du professeur J.P. BENZECRI, à l'Université Paris VI. Cette méthode a très vite été utilisée pour étudier des groupements végétaux. Une description de la méthode d'Analyse Factorielle des Correspondances a été faite dans plusieurs publications (BRIANE *et al.*, 1978)

L'étape analytique et le traitement des données consistent en une comparaison analogique des relevés par la technique des tableaux, à laquelle on associe fréquemment des méthodes automatiques (ROYER, 1987). La constitution de tableaux comparatifs pose quelques problèmes méthodologiques. Les auteurs ont travaillé à des époques où les conceptions de la phytosociologie et la définition des groupements étaient différentes. Surtout, comme le signale DUVIGNEAUD (1982), les relevés subissent aussi les nombreux progrès qu'a connu la floristique depuis quelques dizaines d'années. Des espèces, auparavant différentes, ont été regroupées, mais surtout, des taxons ont été éclater en plusieurs unités taxomoniques systématiquement et écologiquement distinctes. Mais les problèmes majeurs concernent la difficulté de comparaison et le niveau taxonomique de la détermination. Le problème de la variabilité de codification des abondances-dominances est secondaire dans la mesure où nos comparaisons ne concernent que la présence ou l'absence d'une espèce dans un groupement.

De nombreux travaux expliquent les techniques de l'analyse numérique et leur application au domaine de la phytosociologie (VAN DER MAREL *et al.*, 1993 ; GUINOCHET, 1973, BRIANE *et al.*,1978). Elle est aujourd'hui très classique dans l'analyse des données floristiques, comme d'ailleurs dans beaucoup d'autres domaines (DERVIN, 1988). Elle est bien adaptée, en effet, aux tableaux de contingence, c'est-à-dire lorsque les cases à l'intersection d'une ligne et d'une colonne correspondent à une fréquence. Cette méthode a très vite été utilisée pour étudier des groupements végétaux. Elle permet de décrire le maximum d'information contenue dans un tableau de données (DERVIN, 1988). Il suffit de déterminer les axes de projection qui sont les plus aptes à représenter correctement une construction (DERVIN, 1988). L'A.F.C. a pour avantage une interprétation écologique directe puisque l'on peut attribuer une valeur écologique aux axes (LACOSTE *et al.*, 1972). Le premier axe est la combinaison linéaire des variables initiales pour laquelle la variance des individus est maximale (DERVIN, 1988).

L'ensemble des relevés a été analysé avec le logiciel d'Analyse Factorielle des Correspondances ANAPHYTO. L'Analyse Factorielle des Correspondances a été faite en présence/absence des espèces plutôt qu'en abondance/dominance, eu égard aux travaux de LACOSTE et ROUX (1972), qui a montré que le classement des relevés phytosociologiques sur la base de l'A.F.C. en présence/absence donnait de meilleurs résultats. Cette méthode, en effet, est fondée sur le concept d'espèces caractéristiques, et non sur celui trop subjectif d'espèces dominantes (ACOT, 1993). Le mode de saisie des données phytosociologiques selon les codes d'espèces établis par J.P. BRIANE à Orsay, a pour base les espèces linéennes, mais il est possible d'entrer des taxons infra-spécifiques. Toutes les espèces ont participé à l'Analyse Factorielle des Correspondances, mais lors de la constitution des tableaux comparatifs, nous n'avons pas représentés les espèces accidentelles, présentes seulement dans un ou deux relevés.

Ce type d'analyse permet de déterminer dans un espace à n dimensions, visualisable en deux dimensions définies par deux axes orthogonaux, le degré de similitude entre les différents relevés. Il permet d'individualiser des groupes homogènes, vis à vis de leur composition floristique, mais également de déterminer les facteurs discriminants de la variabilité de la composition floristique (LACOSTE, 1972). Pour cela, les espèces déterminant la répartition des relevés obtenue par une A.F.C., permettent, le plus souvent, d'identifier la signification des premiers axes. Ces analyses permettent ainsi de rapprocher les relevés ayant de grandes similarités et de définir les facteurs écologiques conditionnant leurs rapprochements.

Sur la base des similitudes dégagées par l'analyse, les relevés sont ensuite rangés dans des tableaux comprenant la liste des espèces (sur les lignes) et la liste des relevés (dans les

colonnes), accompagnées pour chaque espèce de son coefficient d'abondance-dominance (C.A.D.) dans chaque relevé. Cependant, il faut se pénétrer de l'idée que l'ordinateur, comme le tableau, n'est qu'un outil de tri et de comparaison qui doit rester constamment sous le contrôle de l'intelligence et du bon sens du phytosociologue (GEHU, 1980). Le classement des espèces permet de définir les taxons communs à l'ensemble des relevés (espèces compagnes). Les taxons présents dans un seul relevé ou dans très peu de relevés et ne caractérisant pas le groupement (espèces accidentelles) sont isolés afin de ne pas gêner l'interprétation des résultats. Enfin, les espèces présentes uniquement dans un groupement, à des abondances relatives différentes, sont isolées ; elles permettront de caractériser chaque syntaxon (espèces caractéristiques et différentielles).

9.3. L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.)

Toutes les analyses ont été réalisées à partir des logiciels **SPAD-N 2.0** (CISIA, 1991) et **ADE. 4.0** (CHESSEL & DODELEC, 1993). On utilise classiquement ce type de traitement pour un tableau de variables continues. Les A.C.P. que nous avons réalisées sont dites normées, c'est-à-dire qu'elles ont été effectuées en fonction de données centrées réduites, de façon à ce que les résultats ne soient pas influencés par l'ordre de grandeur des variables (BEISEL, 1996). Cette analyse est très utile pour mettre en évidence des liens entre relevés et des relations linéaires entre des paramètres structuraux du milieu. Parfois, nous avons préféré mettre certains paramètres en variables illustratives, plutôt qu'en variables actives.

9.4. L'analyse de co-inertie

Toutes les analyses ont été réalisées à partir du logiciel **ADE. 4.0** (CHESSEL & DODELEC, 1993). C'est une méthode d'analyse qui permet d'évaluer la co-structure entre deux tableaux de données (DODELEC & CHESSEL, 1994). Le tableau des données concernant les paramètres du milieu et le tableau des données floristiques de *Teucrium chamaedrys* ont été traités par cette méthode. Elle est réalisée à partir du couplage de différents types d'analyses simples telles que l'A.C.P., l'A.F.C. ou les Analyses en Composantes Multiples (A.C.M.) (BEISEL, 1996). Le but est de confronter de façon optimale, les données mésologiques et floristiques des deux tableaux en obtenant une covariance maximale. Dans notre cas, nous avons couplé l'analyse de co-inertie à des analyses multivariées intra-classes et inter-classes. Nous avons parfois préféré mettre certains paramètres en variables illustratives, plutôt qu'en variable active. Ceci permet la prise en compte ou l'élimination d'effets spatio-temporels (FRANQUET & CHESSEL, 1994).

TROISIEME PARTIE : Typologie phytosociologique des pelouses calcicoles lorraines

Chapitre 4 : Rattachement phytosociologique des groupements végétaux au *Mesobromion*

1. Introduction

Un district lorrain, à la limite entre le domaine médio-européen et atlantique, a été identifié par MULLENDERS *et al.* dans la flore de Belgique de 1967. Les espèces submontagnardes et surtout les médio-européennes y sont bien représentées. Toutefois les montagnardes (*Carlina acaulis, Gentiana lutea*) sont absentes de la région lorraine (ROYER, 1973). *Carlina acaulis* est inconnu en Lorraine, il atteint sa limite septentrionale dans la montagne chatillonnaise (PARENT, 1979). C'est l'une des différences floristiques entre les pelouses de Bourgogne et les pelouses de Lorraine. Cependant, la pelouse de Tincry-Bacourt, à l'est de Metz, recèle *Gentiana lutea*, mais ce taxon, qui couvre de belles surfaces, formant des pieds de belle taille, y a été introduit (PARENT, 1979). Cette espèce est seulement potentielle dans la région.

Par rapport à la Bourgogne, on note surtout la disparition presque totale des subméditerranéennes (*Helianthemum apenninum, H. canum*, par exemple) et l'absence des méditerranéo-montagnardes (*Inula montana*, par exemple) (ROYER, 1973). Celles qui subsistent deviennent très rares (*Viola rupestris, Coronilla minima*), isolées en stations disjointes le long des vallées principales (Meuse surtout) (ROYER, 1973).

La majorité des espèces xérophiles migre facilement à l'intérieur de la vallée de la Moselle, l'homogénéité floristique des pelouses paraissant être indépendante de leur âge et de leur origine (DURIN *et al.*,1955). En Lorraine, *Carex humilis* a une aire comparable à celle de *Sesleria caerulea* (PARENT, 1979). Cette dernière est assez fréquente jusqu'à Saint Mihiel. Elle atteint Metz par la vallée du Rupt-de-Mad.

La répartition des espèces xérophiles suit très nettement la vallée de la Moselle. Cette dernière semble plus favorable à la remontée vers le nord d'espèces comme *Fumana procumbens* et *Carex hallerana*, qui ont leur limite septentrionale de répartition plus au sud dans la vallée de la Meuse. *Fumana procumbens* ne devient d'ailleurs assez commune qu'à partir de la montagne châtillonnaise (PARENT,1979). L'extrême morcellement des aires de répartition de certaines espèces thermophiles laisse penser que l'installation de ces espèces en Lorraine est ancienne.

Au niveau biogéographique, la Lorraine se trouve à la charnière de deux domaines. Elle appartient au domaine médio-européen et au domaine atlantique. Cette charnière a été étudiée par le botaniste belge PARENT (1986). Pour cet auteur, toutes les pelouses localisées dans la vallée de la Meuse et à l'est de cette dernière entrent dans le domaine médio-européen. Pour ce qui concerne les pelouses localisées à l'est de la Vallée de la Meuse, on peut les inclure dans le

domaine médio-européen. Au sein des subdivisions phytogéographiques de BOULLET (1986), la Lorraine se situe également dans le domaine médio-européen. L'essentiel de cette région entre dans le secteur baltico-rhénan, tandis que le sud de la région est en contact avec le secteur alpien. Nos prospections ont donc tenu compte de cet élément biogéographique qui, on le verra dans l'analyse, a des conséquences floristiques non négligeables.

Cette limite biogéographique entre les deux domaines est essentiellement basée sur des plantes que l'on ne retrouve pas sur nos pelouses calcicoles. Les différences floristiques sont assez nettes au niveau des forêts et d'autres milieux, mais, en ce qui concerne les taxons de pelouses calcicoles, la distinction des deux domaines biogéographiques n'est pas aussi nette. Quelques espèces sont beaucoup plus abondantes dans une vallée que dans l'autre. Par exemple, l'abondance et l'écologie de *Sesleria caerulea* changent. *Sesleria caerulea* est une espèce commune de pelouses sèches dans la vallée de la Meuse (figure 28), tandis qu'elle est rare et liée à des lisières ou des clairières forestières dans la vallée de la Moselle (Forêt de Haye). Des plantes comme *Tetragonolobus maritimus, Coronilla minima, Carex humilis, Phyteuma tenerum,* sont plus abondantes ou uniquement présentes dans la vallée de la Meuse. Aussi les différents syntaxons que nous avons identifiés subissent peu l'influence de la limite que fixe PARENT (1986).

A mon sens, les importantes différences que l'on observe entre les pelouses des vallées de la Meuse et de la Moselle sont beaucoup plus liées à la nature de la roche mère, donc du sol, qu'à des problèmes purement phytogéographiques. Les différentes analyses factorielles montrent très nettement la proximité floristique entre les pelouses du Muschelkalk des environs de Sarreguemines, dans la partie la plus orientale de la région et les pelouses des Côtes du Barrois dans la partie la plus occidentale de la région. Ces deux ensembles de pelouses sont tous deux installés sur sols marneux.

Il n'en est pas du tout de même au niveau de la latitude, qui a une influence très nette sur la répartition des syntaxons. Les travaux de PARENT (1979) indiquent un certain nombre de taxons en limite d'aire de répartition dans notre région et permettent à cet auteur de distinguer des frontières floristiques importantes. Les espèces méridionales, thermophiles, sont beaucoup plus abondantes dans le sud de la région. Le climat, corrélé à la position altitudinale, a une influence importante dans la répartition des taxons les plus xérophiles. *Odontites lutea, Aster amellus, Carex humilis, Genista pilosa, Gentiana ciliata* sont plus fréquents au sud de Verdun (DURIN, 1957). *Allium sphaerocephalon, Coronilla minima, Thlaspi montanum, Galium erectum, Ononis natrix* apparaissent à partir de Saint Mihiel, au nord ou au sud. D'autre part, selon DURIN (1957), les pelouses en escalier, très rases, n'apparaissent qu'à partir du sud de Verdun. Des espèces submontagnardes, comme *Viola rupestris, Epipactis atrorubens, Sesleria caerulea, Melica ciliata*, sont plus abondantes au sud de Verdun.

L'influence biogéographique, au niveau des pelouses calcicoles, est donc beaucoup plus marquée entre les zones méridionales et septentrionales qu'entre les zones occidentales et orientales.

La figure 1 donne la localisation des pelouses étudiées sur la carte schématique de la Lorraine. Nous pouvons constater que la quasi totalité des pelouses étudiées se situe à l'ouest de la Moselle. C'est surtout le résultat d'une hétérogénéité du substrat géologique, puisque l'est de la région est essentiellement composé de roches silicatées (grès, granit, par exemple) ou de roches sédimentaires carbonatées où la proportion d'argile est souvent importante (argiles, marnes et calcaire marneux). Nous n'avons pas observé de pelouses sur les marnes du Keuper, alors qu'au

Luxembourg, des groupements de pelouses à gentianes se localisent sur ce niveau stratigraphique (PARENT, 1973c). Les vallées de la Meuse et de la Moselle représentent à elles seules près des 2/3 des sites que nous avons étudiés.

D'autre part, on constate une certaine augmentation du nombre de sites entre le sud et le nord de la région. La combinaison des influences occidentale et méridionale et de l'abondance des milieux calcaires, aboutit au maintien de plus des 2/3 des pelouses que nous avons recensées en Lorraine, dans le triangle formé entre Neufchâteau, Nancy et Verdun.

Ces pelouses ne sont pas équivalentes au niveau floristique. Certaines espèces ont une répartition hétérogène. La description des syntaxons précisera les différences floristiques que l'on peut y observer. Néanmoins on peut constater que les pelouses installées sur le Muschelkalk (Obergaibach, Ippling par exemple) présentent un nombre important d'espèces appartenant à l'alliance du *Molinion (Serratula tinctoria, Molinia caerulea)* (figure 32). Les pelouses installées sur le calcaire de Meuse (Rauracien), abritent presque toutes les plantes les plus thermophiles et xérophiles de Lorraine (*Coronilla minima, Viola rupestris, Rumex scutatus*). Ces plantes sont, soit absentes de la vallée de la Moselle, soit présentes avec des effectifs beaucoup moins importants que ceux que l'on peut trouver dans la vallée de la Meuse, sur le calcaire du Bajocien (*Carex hallerana, Carex humilis, Melica ciliata)*. Quant à *Fumana procumbens*, elle est assez abondante dans les environs de Toul et Nancy (Dompgermain, Cholloy-Ménihot, Jézainville et Malzéville) et n'existe quasiment pas dans la vallée de la Meuse, alors qu'elle remonte dans la vallée de la Moselle jusqu'à la frontière luxembourgeoise (Rozérieulles, Montenach). DUVIGNEAUD (1987), dans une étude sur les colonies d'espèces végétales xérothermiques de l'Entre-Sambre-et-Meuse a montré la puissante irradiation des colonies de ces espèces à partir de la vallée de la Meuse, en particulier dans la vallée du Viroin.

2. Rattachement des relevés aux *Festuco-Brometea*

Les figures 20, 21 et 22, qui servent de base pour définir le rattachement des syntaxons à une unitée phytosociologique, ont été constituées en utilisant les tableaux synthétiques de chaque syntaxon. Dans un premier temps, la somme des contributions de chaque espèce de chaque relevé a été faite, en prenant garde de remplacer les « + » par 0.25. Puis, pour chaque unité phytosociologique (*Festuco-Brometea, Brometalia, Prunetalia, Sedo-Sclerenthetea*, etc...), on fait la somme des espèces qui s'y rattache. On calcule ensuite, pour l'ensemble d'un syntaxon, l'importance (en pour cent) des espèces de chaque unité phytosociologique. Cette méthode permet de chiffrer la contribution d'une unité phytosociologique à un syntaxon, en tenant compte de l'ensemble de son cortège floristique.

Les espèces que ROYER (1987) définit comme caractéristiques de la classe des *Festuco-Brometea* sont *Ajuga genevensis, Allium oleraceum, Allium sphaerocephalon, Anthyllis vulneraria, Artemisia campestris, Arabis hirsuta, Asperula cynanchica, Astragalus danicus, Avenula pratensis, Brachypodium pinnatum, Carex humilis, Carlina vulgaris, Centaurea scabiosa, Dianthus carthusianorum, Dichantium ischaemum, Erigeron acer, Eryngium campestre, Euphorbia cyparissias, Euphorbia seguieriana, Filipendula vulgaris, Galium glaucum, Galium verum, Helianthemum obscurum, Koeleria macrantha, Linum tenuifolium, Medicago falcata, Odontites lutea, Odontites vernus* subsp. *serotinus, Orobanche alba, Peucedanum oreoselinum, Phleum phleoides, Pimpinella saxifraga, Poa angustifolia, Polygala comosa, Prunella laciniata, Salvia pratensis, Sanguisorba minor, Silene otites, Stachys recta, Teucrium chamaedrys, Teucrium montanum, Thymus praecox, Veronica spicata.* Parmi toutes

ces espèces, seules *Allium oleraceum, Artemisia campestris, Astragalus danicus, Galium glaucum, Peucedanum oreoselinum, Polygala comosa, Silene otites* sont absentes de nos relevés.

Les espèces précédemment citées sont presque toujours dominantes des groupements lorrains, dans des proportions diverses selon les relevés. Cependant, par rapport aux espèces des autres unités phytosociologiques, on peut dire que le pourcentage de taxons caractéristiques de *Festuco-Brometea* dans les syntaxons décrits est assez constant (figures 20, 21 et 22). Il est compris dans presque tous les cas entre 15 et 20%, avec 14% au minimum pour la sous-association à *Arrhenatherum elatius* de *l'Onobrychido Brometum* et un maximum de 25% pour la sous-association à *Linum leonii* du *Festuco lemanii Brometum.* Ceci dénote bien l'appartenance phytosociologique aux *Festuco-Brometea* de la presque totalité de nos groupements, hormis le groupement de dalles rocheuses. Son pourcentage de recouvrement des espèces des *Festuco-Brometea* pourrait laisser envisager un rattachement à cette classe phytosociologique. Cependant, l'A.F.C., ainsi que l'abondance des espèces des *Sedo-Scleranthetea,* ne laisse aucun doute quant au rattachement de ce groupement sur dalles aux *Sedo-Scleranthetea.*

3. Rattachement des relevés aux *Brometalia*

Les espèces que ROYER (1987) considère comme caractéristiques des *Brometalia* sont: *Bromus erectus, Carduncellus mitissimus, Carex caryophyllea, Coronilla minima, Cytisus decumbens, Festuca lemanii, Festuca hervieri, Globularia punctata, Helianthemum nummularium, Himantoglossum hircinum, Hippocrepis comosa, Koeleria pyramidata, Linum leonii, Linum suffruticosum salsoloides, Ononis natrix, Orobanche gracilis, Potentilla tabernaemontani, Pulsatilla rubra, Pulsatilla vulgaris* ssp *vulgaris, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Seseli montanum* et *Veronica prostrata ssp scheereri.* Mis à part *Carduncellus mitissimus, Festuca hervieri, Linum sufruticosum* et *Pulsatilla rubra*, toutes les autres espèces existent sur les pelouses de Lorraine, où elles sont bien souvent dominantes, ce qui justifie leur rattachement à l'ordre des *Brometalia erecti.*

Le pourcentage d'espèces caractéristiques des *Brometalia* dans les différents groupements lorrains est assez variable (figure 20, 21 et 22). Il est en moyenne de 10%. Il est le plus faible dans la sous-association eutrophe à *Arrhenatherum elatius* de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966, ainsi que dans les quatre groupements mésophiles entrant dans la sous-association à *Origanum vulgare* de cette même association. L'originalité floristique de cette sous-association est due en partie aux espèces des *Brometalia.* Dans ces groupements, elles n'excèdent pas 8%, alors qu'elles représentent presque le double dans les autres groupements de cette même association. Ce pourcentage est également faible dans les groupements mésophiles du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987.

4. Rattachement des relevés au *Mesobromion*

Les espèces particulières du *Mesobromion,* selon ROYER (1987), sont *Aceras anthropophora, Euphorbia flavicoma* subsp. *verrucosa, Festuca lemanii* subsp. *guestfalica, Festuca lemanii, Gentianella ciliata, Gymnadenia conopsea, Gentianella germanica, Onobrychis viciifolia, Ophrys fuciflora, Ophrys insectifera, Ophrys sphegodes, Orchis purpurea, Phyteuma orbiculare, Polygala amarella, Thesium humifusum, Linum viscosum.* WILLEMS (1980) décèle dans le *Mesobromion* nord-européen deux groupes d'espèces: un premier groupe centre-ouest européen de la France à l'Allemagne et un second groupe nord-ouest européen, des

îles Britanniques et du sud de la Scandinavie. Le nord-ouest de la France représente le point d'articulation entre ces deux ensembles (GEHU *et al.*, 1982). En Lorraine, les espèces du *Mesobromion* sont abondantes dans les groupements que nous avons identifés (figure 20, 21 et 22).

Les espèces caractéristiques du *Mesobromion* (ROYER, 1987) et abondantes dans les relevés lorrains sont *Achillea millefolium, Anthyllis vulneraria, Asperula cynanchica, Brachypodium pinnatum, Briza media, Bromus erectus, Carex flacca, Cirsium acaule, Dactylis glomerata, Euphorbia cyparissias, Festuca lemanii, Genista tinctoria, Helianthemum nummularium, Hieracium pilosella, Hippocrepis comosa, Hypericum perforatum, Linum catharticum, Lotus corniculatus, Ononis spinosa, Poa pratensis, Potentilla neumanniana, Ranunculus bulbosus, Sanguisorba minor, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Seseli montanum, Teucrium chamaedrys, Thymus praecox* et *Koeleria pyramidata.*

Au vue de l'ensemble de ces considérations, il est clair que les pelouses calcicoles de Lorraine se rattache au *Mesobromion.* Pourtant, les auteurs belges, DUVIGNEAUD, DURIN et VAN DEN BERGHEN ont rattaché certains groupements xérophiles de Meuse au *Xerobromion.* Nous ne pouvons retenir ce point de vue, comme cela va être démontré.

Le *Xerobromion*, selon ROYER (1987), est répandu, entre autres, en France et en Allemagne méridionale. Cette alliance est essentiellement limitée à la France où elle est plus abondante dans les régions méridionales. Elle devient sporadique en Allemagne, en Angleterre et dans le Bénélux (ROYER, 1987). Les autres alliances du sous-ordre des *Xerobromenalia* sont plus méridionales et biogéographiquement éloignées de notre domaine d'étude. La plupart des espèces caractéristiques des *Brometalia*, citées ci-dessus, sont représentées surtout dans les groupements lorrains les plus xérophiles (*Coronilla minima, Cytisus decumbens, Globularia bisnagarica, Linum leonii,* par exemple). Les relevés xérophiles calcicoles du *Seslerio-Mesobromenion OBERD.* 1957, dans l'ordre des *Brometalia*, appartiennent, au vu de certaines publications, concernant ce type de milieu (DURIN & MULLENDERS, 1972), à l'alliance du *Xerobromion.*

ROYER (1987) donne une quinzaine d'espèces pouvant être considérées comme de bonnes caractéristiques et différentielles des *Xerobromenalia.* Ce sont *Anthericum liliago, Artemisia alba, Carex hallerana, Convolvulus cantabrica, Fumana procumbens, Helianthemum apenninum, Helianthemum canum, Hyssopus officinalis, Inula montana, Koeleria montana, Koeleria vallesiana, Melica ciliata, Ononis pusilla, Stipa pennata, Thesium divaricatum* et *Trinia glauca.*

Parmi les 16 espèces définies comme différentielles de ce sous-ordre, seules trois d'entre elles (*Melica ciliata, Carex hallerana* et *Fumana procumbens)* se rencontrent dans les groupements lorrains et le plus souvent sur des relevés différents. Nous pouvons considérer que les groupements xérophiles de Lorraine n'appartiennent pas au *Xerobromenalia*, au vu des descriptions du *Xerobromion* faites par ROYER.

On doit ajouter au cortège d'espèces des *Xerobromenalia*, les espèces propres au *Xerobromion*, si des groupements de Lorraine se rattachent au *Xerobromion.* Les espèces proprement caractéristiques et différentielles du *Xerobromion* sont peu nombreuses. Parmi celles que ROYER (1987) définit comme caractéristiques, aucune n'est présente en Lorraine. Ceci confirme que la présence du *Xerobromion*, décrit par ROYER (1987), est peu probable en Lorraine.

Enfin, et toujours d'après ROYER (1987), la flore du *Xerobromion* est constituée d'une combinaison intime de plusieurs groupes floristiques, notamment latéméditerranéens et méditerranéo-montagnards (*Ononidetalia*), subaltantiques-subméditerranéens (*Brometalia*) et eurosibériens à tendance continentale. Des affinités très fortes existent entre le *Xerobromion* et les *Ononidetalia* (ROYER, 1987).

Aucune des 11 espèces que ROYER (1987) définit comme caractéristiques et différentielles des *Ononidetalia* n'est présente sur nos groupements xérophiles lorrains. En revanche, le *Seslerion elegantissimae (Ononidetalia)*, qui correspond aux pelouses montagnardes d'ubac, recèle *Thalictrum minus* subsp. *saxatile* et *Phyteuma tenerum*. Ces deux espèces sont rarement présentes sur certains groupements xérophiles lorrains.

En ce qui concerne les espèces des *Brometalia*, abondantes dans le *Xerobromion* d'après ROYER (1987), il paraît délicat de différencier le *Xerobromion* du *Mesobromion* à partir de l'abondance des espèces caractéristiques des *Brometalia*. Ceci est, semble-t-il, en contradiction avec la hiérarchie syntaxonomique. Un tel jugement est d'autant plus délicat que les espèces données comme caractéristiques du *Mesobromion* sont souvent bien représentées dans nos groupements xérophiles. On pourra citer, par exemple, les espèces suivantes: *Euphorbia brittingeri, Gentianella ciliata, Ophrys fuciflora, Thesium humifusum, Ophrys sphegodes, Polygala amarella*, qui, manifestement, ont leur optimum écologique dans les groupements xérophiles et mésoxérophiles lorrains.

En conclusion, il est évident que les groupements lorrains appartiennent aux *Festuco-Brometea*, aux *Brometalia* et au *Mesobromion* avec quasiment toutes les espèces caractéristiques présentes. Un seul groupement doit être rattaché au *Sedo-Scleranthetea*. Quant au problème du rattachement des groupements les plus xérophiles aux *Xerobromion*, il est clair que cette alliance est absente de Lorraine.

Chapitre 5 : Résultats des Analyses Factorielles des Correspondances

1. Interprétation de l'Analyse Factorielle des Correspondances 1

L'analyse a porté sur 342 relevés (figure 2). Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1 et 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 9,5% et 6,3%.

Sur cette première analyse, trois groupements bien individualisés ont pu être identifiés selon l'axe 2 (figure 2). Le premier, très nettement situé sur le côté négatif de l'axe 2, se compose d'un ensemble de plus de 300 relevés, dans lequel il est impossible de différencier les groupements. Un second groupe de relevés, proches floristiquement, nous a permis d'individualiser un second groupement végétal. Il est composé d'espèces de dalles rocheuses, appartenant pour la plupart à la classe des *Sedo-Scleranthetea*. L'analyse du tableau phytosociologique (tableau 42) permet de distinguer cet ensemble des relevés des *Festuco-Brometea*, pour rattacher ce groupement à la classe des *Sedo-Scleranthetea*, dans l'alliance de l'*Alysso-Sedion*, alliance qui se trouve souvent en mosaïque avec des groupements de pelouses calcicoles.

Deux syntaxons, riches en espèces des *Sedo-Scleranthetea* et riches en espèces acidoclines des *Festuco-Brometea* et des *Nardetea*, s'individualisent dans la partie positive de l'axe 2. Ils s'individualisent par la présence de *Sieglingia decumbens*, *Calluna vulgaris*, *Genistella sagittalis*, *Agrostis capillaris* et *Stachys officinalis*. La présence de la Danthonie et de l'Epiaire officinale constitue un élément floristique très original pour des pelouses calcicoles des *Festuco-Brometea* en Lorraine. La présence de la Callune l'est également. Compte tenu de leurs positions sur l'A.F.C., nous ne pourrons pas rapprocher ce groupement des différentes variantes acidoclines de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957. La grande originalité de cet ensemble floristique provient du développement d'un horizon de surface décarbonaté sur un sol superficiel. La composition floristique, riche en thérophytes, traduit le caractère pionnier de ce milieu, tandis que la différenciation d'un horizon décarbonaté indique une certaine maturité du sol. Ceci détermine l'originalité floristique de ce groupement à *Luzula campestris* (*Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 sous-association *Luzula campestris*), ce qui explique, sans doute que l'A.F.C. permette de l'individualiser si facilement. Le second groupement, caractérisé par la Callune, comprend trois relevés ; c'est le *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 sous-association à *Calluna vulgaris*.

Les deux syntaxons, acidoclines et acidophiles, entrent dans la sous-alliance du *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979. Ce sont les seuls que nous rangerons dans cette sous-alliance. Une analyse partielle des relevés du *Chamaespatio-Agrostidenion* lorrain a été effectuée. Nous définirons dans la seconde analyse factorielle (figure 3) d'autres groupements acidoclines, mais qui ne constitueront que des milieux de transition avec cette sous-alliance.

La seconde A.F.C., partielle, appelée A.F.C. 2, est basée sur l'analyse des 322 relevés dont nous n'avons pas établi le rattachement phytosociologique sur la première A.F.C.

2. Interprétation de l'Analyse Factorielle des Correspondances 2

L'analyse a porté sur 322 relevés (figure 3). Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1 et 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 11,2% et 7,4%. On constate immédiatement que les relevés, ainsi que les groupements qui vont être identifiés, sont reliés par une sorte de *continuum*, dont nous avons dû identifier les divisions principales et secondaires.

La localisation des relevés et des espèces selon l'axe 1 nous permet de déterminer sa signification écologique. Les relevés les plus xérophiles de Lorraine (Pagny la Blanche-Côte, Chauvoncourt, la Côte-sous-la-Praye, par exemple) se situent très nettement à droite de l'analyse, dans la partie positive des axes 1 et 2. Les relevés se situant à l'opposé de l'A.F.C., selon l'axe 1, appartiennent, au contraire, à des groupements mésophiles, souvent très fermés. Il semblerait donc que la signification de l'axe 1 soit lié à la xéricité du sol et indirectement à l'ouverture du biotope. Les facteurs climatiques, en effet, sont importants dans le *Mesobromion* des plaines nord et centre-européennes (WILLEMS, 1982).

Un effet GUTTMAN assez marqué caractérise cette analyse. La localisation des relevés et des espèces selon l'axe 2 nous permet de déterminer la signification de cet axe. Les relevés effectués sur le calcaire du Muschelkalk et sur le calcaire du Barrois se trouvent sur la partie négative de cet axe. Ces niveaux géologiques sont très riches en phyllo-silicates argileux. Les relevés localisés sur le côté positif de l'analyse ont été réalisés sur du calcaire quasiment pur en carbonates (calcaire du Rauracien, calcaire du Bajocien). Il semblerait que la signification de l'axe 2 soit d'ordre édaphique, avec comme facteur discriminant le pourcentage d'argile. Ce dernier influence le niveau hydrique du milieu. Les groupements sur sols marneux sont, au moins dans notre contexte lorrain, beaucoup moins xérophiles que ceux installés sur du calcaire pur. La réserve utile est supérieure dans des sols argilo-calcaires. De plus, les sols installés sur substrat marneux sont souvent plus profonds que ceux installés sur sols calcaires purs. Ceci explique le lien entre les deux axes et l'effet GUTTMAN qui en découle.

Au niveau géologique, l'ensemble des relevés réalisés sur un même substrat géologique est assez nettement individualisé sur l'A.F.C (figure 3). Les pelouses installées sur le calcire du Bajocien se localisent, en effet, sur l'ensemble de l'analyse, hormis dans les groupements très xérophiles représentés sur le côté positif de l'axe 1. Les côtes du Barrois et du Muschelkalk, toutes deux installées sur du calcaire marneux, se situent préférentiellement du côté négatif de l'axe 1 et de l'axe 2. Les côtes de Meuse, installées sur le calcaire Oxfordien, se localisent préférentiellement sur le côté positif de l'axe 1 et de l'axe 2. L'A.F.C. nous permet d'observer un certain antagonisme entre les relevés réalisés sur le calcaire de Meuse, très pauvre en argile, et les relevés réalisés sur les calcaires marneux du Muschelkalk et du Barrois.

La localisation des relevés et surtout leur composition floristique a permis de dégager assez nettement les cinq sous-alliances habituellement reconnues au sein du *Mesobromion.* Cependant, il existe une sorte de continuum entre les différentes sous-alliances, comme l'avait déjà montré ROYER, en 1987, pour les pelouses du Jura. Certains relevés constituent des groupements intermédiaires entre les sous-alliances. Ceci explique en partie que nous ayons préféré délimiter nos syntaxons sur la base d'analyses partielles. Nous avons constatée, qu'en réalisant des A.F.C. partielles, par sous-alliance, l'individualisation des groupements végétaux était beaucoup plus claire.

Les relevés du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 sont regroupés dans la partie positive de l'axe 1 et de l'axe 2. L'homogénéité floristique y est importante. Trois espèces, à haute fréquence, y sont strictement inféodées (*Sesleria caerulea, Genista pilosa, Carex humilis*). Cependant, l'individualisation très marquée de ce groupement provient surtout de l'ensemble des espèces différentielles du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 et du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 qui sont très fréquentes dans ces relevés. En revanche, les espèces mésophiles y sont très rares.

Les relevés du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 apparaissent en position intermédiaire. Ils sont situés entre les relevés du centre de l'analyse (rattachés à l'*Eu-Mesobromenion)* et les relevés du *Seslerio-Mesobromenion*. On y retrouve néanmoins quelques espèces du *Seslerio-Mesobromenion* (*Epipactis atrorubens, Carex ornithopoda* et *Sesleria caerulea*) et quelques espèces typiques de l'*Eu-Mesobromenion* (*Campanula glomerata, Leucanthemum vulgare* et *Avenula pubescens*, par exemple). L'individualité floristique y est donc moins forte que pour les relevés du *Seslerio-Mesobromenion*, ce qui explique sa position intermédiaire sur l'analyse.

L'*Eu-Mesobromenion* apparaît en position centrale sur l'analyse. Ceci est en accord avec les connaissances sur cette sous-alliance, à faible originalité floristique. Les taxons que BOULLET (1986) et ROYER (1987) proposent comme différentiels de cette sous-alliance ne sont pas beaucoup plus fréquents dans ces relevés que dans les autres sous-alliances. Ce groupe de relevés se différencie surtout négativement des autres sous-alliances par l'absence de taxons différentiels. Sa position centrale sur l'analyse, dont les relevés sont plus ou moins imbriqués avec ceux des autres syntaxons (hormis le *Chamaespartio-Agrostidenion*), permet de différencier l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 des autres sous-alliances.

Le *Tetragonolobo-Mesobromenion* a son centre de gravité situé sur la partie négative de l'axe 1 et de l'axe 2. Il est donc à l'opposé du *Seslerio-Mesobromenion* et dans une moindre mesure du *Teucrio-Mesobromenion*, ce qui est en accord avec les conditions écologiques et floristiques assez différentes entre ces deux types de pelouses. En revanche, il est relativement imbriqué avec les relevés mésophiles de l'*Eu-Mesobromenion*. Ceci s'explique, entre autres, par la nature du calcaire, dans lequel le taux d'argile évolue de manière progressive entre les substrats argileux (Argilite du Keuper, par exemple) et les substrats très calcicoles (calcaire du Rauracien, par exemple). L'apparition des espèces marnicoles est donc progressive entre les pelouses sur sols calcaires et les pelouses sur sols marneux.

Les différences floristiques que l'on observe entre les pelouses xérophiles sur calcaire et les pelouses xérophiles sur calcaire marneux, s'estompent, voire disparaissent, dans les groupements mésophiles dominés par le Brachypode. Dans ce cas, ce sont les espèces mésophiles et eutrophes qui imposent la place des relevés sur l'analyse.

3. Conclusions des deux premières Analyses Factorielles et Analyses Factorielles partielles complémentaires

Les deux premières analyses factorielles (fig 2 et 3) permettent de constater, que dans le contexte lorrain, au sein du *Mesobromion*, le *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979 est la sous-alliance qui a la plus grande originalité floristique. Les relevés qui s'y rattachent sont très éloignés sur l'analyse factorielle. Puis, c'est le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, qui s'individualise assez nettement sur l'analyse, essentiellement par la présence des espèces différentielles du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 et du *Teucrio-Mesobromenion*

ROYER 1987 et aussi par la pauvreté ou l'absence des espèces mésophiles et eutrophes des *Agrostio-Arrhenatheretea* et des *Trifolio-Geranietea*. Le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 est intermédiaire entre l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 et le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957. Son individualité floristique est discutable uniquement pour quelques relevés. Le *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 s'individualise très peu de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957, surtout pour les relevés mésophiles. Les plantes marnicoles ne représentent au mieux que quelques taxons sur un relevé qui en compte en moyenne une trentaine. Aussi, grâce à la présence de ces quelques plantes typiquement marnicoles, il s'identifie avec une relative facilité sur le terrain.

Compte tenu que les 11 relevés du *Chamaespartio-Agrostidenion* sont floristiquement liés à l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 et qu'ils peuvent être dynamiquement liées à l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957, nous avons réalisé une analyse factorielle partielle de l'ensemble des relevés de ces deux sous-alliances. Elle a porté sur 137 relevés (figure 13). Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1, 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 10.4% et 7.4%. Les axes 1 et 2 ont la même signification écologique que dans l'analyse factorielle 1. La répartition des relevés est très proche de celle que nous pouvons observer sur l'analyse factorielle numéro 1.

Cette analyse partielle confirme très clairement que le *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Calluna vulgaris* est le syntaxon le plus isolé, tandis que le *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Luzula campestris* a une position intermédiaire. Le *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Luzula campestris* est cependant différent des syntaxons acidoclines de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 variantes à *Genistella sagittalis*.

Le rattachement d'un relevé à l'*Eu-Mesobromenion* est évidente dans la mesure où aucune espèce différentielle des autres sous-associations n'est présente dans le relevé. Il n'en est pas de même pour certains relevés dans lesquels on trouve quelques espèces différentielles de sous-alliance. On pourra prendra quelques exemples, afin d'expliquer notre point de vue sur ce sujet. Dans notre conception, aucune espèce du *Seslerio-Mesobromenion* (hors exception) ne pénètre les relevés de l'*Eu-Mesobromenion*, ce qui simplifie le problème. Aucun litige n'est donc permis entre ces deux sous-alliances.

En revanche, le problème existe pour les espèces du *Seslerio-Mesobromenion*, qui s'installent dans le *Teucrio-Mesobromenion*. Notre point de vue, corroboré par l'A.F.C., est de dire que la présence d'une seule espèce du *Seslerio-Mesobromenion* ne suffit pas pour rattacher un relevé à ce syntaxon, surtout s'il s'agit de la Seslérie. D'ailleurs, des fréquences inférieures à 20% de *Sesleria caerulea*, *Epipactis atrorubens* et *Carex ornithopoda* observées parfois dans le *Teucrio-Mesobromenion*, surtout dans la variante à *Sesleria caerulea*, syntaxon intermédiaire entre ces deux sous-alliances, illustrent notre position sur ce point. Les espèces différentielles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 ont toujours des fréquences très importantes dans les relevés du *Seslerio-Mesobromenion*. Nous avons donc réalisé une A.F.C. partielle uniquement des relevés du *Seslerio-Mesobromenion* et du *Teucrio-Mesobromenion*. Cette A.F.C. est présentée sur la figure 10. Elle a porté sur 126 relevés. Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1, 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 8,9% et 5,7%.

On constate effectivement que les relevés de ces deux sous-associations sont très imbriqués les uns dans les autres, surtout au niveau des relevés les plus mésophiles, placés dans la partie positive de l'axe 1. On remarque toutefois que les relevés du *Seslerio-Mesobromenion*

sont distincts de ceux du *Teucrio-Mesobromenion*. La partie située au dessus du trait épais correspond aux relevés du *Seslerio-Mesobromenion*, tandis que la partie située sous le trait est occupée par les relevés du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987. Pour ce qui est des groupements xérophiles, placés dans la partie négative de l'axe 1, on constate que les relevés du *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Coronilla minima* sont les plus xérophiles de l'ensemble *de l'analyse*. Ce groupement est d'ailleurs bien isolé.

Deux autres groupements, le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Iberis amara* et le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 sous-association à *Linum leonii*, sont assez proches. D'ailleurs, lors d'une première interprétation des analyses, nous avions rangé ces deux groupements en un seul, caractérisé entre autres par *Iberis amara*, en distinguant une variante sur calcaire du Rauracien (le *Genisto-Seslerietum*, sous-association à *Iberis amara)*, et une variante du calcaire du Bajocien, (le *Festuco lemanii-Brometum* sous-association à *Linum leonii)*. Ce choix se justifiait puisque ces deux groupements ont une place identique sur l'axe principal de l'analyse et que seul l'axe 2 permet de les distinguer. Cependant, nous avons préféré suivre les divisions classiques du *Mesobromion* et classer le groupe de relevés du pôle positif de l'axe 2 dans la *Genisto-Seslerietum* et celui du pôle négatif dans le *Festuco lemanii-Brometum*. Il apparaît cependant clairement que ces deux unités sont floristiquement et physionomiquement très proches.

Dans la partie centrale de l'analyse, on constate que les relevés des deux sous-alliances sont beaucoup plus proches. C'est le cas notamment du *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 sous-association typique, variante à *Dianthus carthusianorum* avec le *Genisto-Seslerietum* sous-association typique. Mais surtout, la variante à *Sesleria caerulea* de la sous-association typique du *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 possède des relevés très proches de la sous-association à *Thalictrum minus* du *Genisto-Seslerietum*. L'ensemble de ces relevés a effectivement posé quelques problèmes de classification. Le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Thalictrum minus* correspond à un syntaxon appauvri en espèces du *Genisto-Seslerietum* et normalement riche en espèces du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987, tandis que le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978, sous-association typique, variante à *Sesleria caerulea* correspond à un syntaxon typique du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987, enrichi en espèces du *Genisto-Seslerietum*. L'absence de recouvrement des deux syntaxons indique que les limites que nous avons fixées sont exactes, mais elle indique également que la présence de *Sesleria caerulea* n'est pas suffisante pour rattacher un relevé au *Genisto-Seslerietum* et que parallèlement l'absence d'*Epipactis atrorubens*, de *Carex ornithopoda* ou de *Thesium alpinum* n'impliquait pas forcément un rattachement au *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987.

Dans l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957, certains relevés, tous rattaché à la sous-association à *Helianthemum nummularium*, contiennent parfois *Globularia bisnagarica, Linum tenuifolium, Teucrium chamaedrys* ou *Pulsatilla vulgaris*, souvent à des coefficients d'abondances dominances faibles. Le problème de l'appartenance phytosociologique de ces relevés se pose alors.

Nous avons réalisé une A.F.C. partielle des relevés de l'*Eu-Mesobromenion* et du *Teucrio-Mesobromenion*. Cette analyse exclut les relevés de l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Arrhenatherum elatius* qui font fortement dévier l'ensemble des autres relevés, ainsi que les relevés du *Festuco lemanii-Brometum* sous-association à *Linum leonii*, pour les mêmes raisons. Cette analyse a porté sur 194 relevés (figure 11). Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1, 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 6,6% et 4,3%. On

constate, en premier lieu un effet GUTTMAN assez net. Les 74 relevés *du Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 se localisent dans la partie positive des axes 1 et 2, tandis que les 120 relevés de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957, plus nombreux, se trouvent dans la partie centrale *de l'analyse* et sur le pôle négatif de l'axe 1.

Les relevés de la variante à *Sesleria caerulea* du *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 sont les plus éloignées de l'ensemble des relevés de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957. Ce groupement est floristiquement proche du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 et assez éloigné de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957. Le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 sous-association à *Aster amellus* est assez proche de l'*Onobrochydo-Brometum* sous-association à *Helianthemum nummularium* variante typique. Ceci est cohérent quand on sait que la sous-association à *Aster amellus* est le syntaxon le plus mésophile du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987, caractérisé par la présence et l'abondance de plantes comme *Leucanthemum vulgare, Onobrychis viciifolia, Rhinanthus minor, Knautia arvensis, Achillea millefolium*, par exemple. Parallèlement à cela, l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966, sous-association *à Helianthemum nummularium* correspond à des relevés dans lesquels des plantes xérophiles comme *Epipactis atrorubens, Pulsatilla vulgaris, Linum tenuifolium*, et dans une certaine mesure, *Helianthemum nummularium* se rencontrent. Sans être imbriqués les uns dans les autres, ces deux groupements sont proches.

Si un relevé compte plus d'une plante caractéristique et différentielle du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987, que l'A.F.C. indique le caractère intermédiaire du relevé, et que l'ensemble du cortège floristique le permet, nous avons préféré rattacher presque toujours le relevé au *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987. Ainsi, dans tous les cas, les syntaxons les plus xérophiles de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957, ne recèlent qu'une espèce différentielle du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 au maximum et souvent avec une faible abondance. De plus, l'étude de l'ensemble du cortège floristique, notamment des taxons méso-xérophiles (*Seseli montanum, Carex caryophyllea, Anthyllis vulneraria, Teucrium chamaedrys*, par exemple) constitue une aide précieuse à l'analyse et à la définition de cette sous-association xérophile.

Cette analyse factorielle indique enfin la double dynamique successionnelle entre les groupements méso-xérophiles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 et les relevés mésophiles qui peuvent évoluer vers deux types de groupements. Dans la partie négative de l'axe 1 et positive de l'axe 2, on rencontre les relevés de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 sous-association à *Origanum vulgare*, variante à *Colchicum autumnale*, qui correspondent à des milieux évoluant vers des fruticées. Dans la partie négative de l'axe 2, on trouve les relevés de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966, sous-association à *Origanum vulgare* variante à *Medicago falcata*, qui correspond à des milieux mésophiles amendées, assez proches des prairies des *Agrostio-Arrhenathereteа.*

En ce qui concerne le *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987, nous y avons rattaché tous les relevés dans lesquels se trouvent *Tetragonolobus maritimus* et *Molinia caerulea*, excellents indicateurs des sols marneux. Pour *Carex tomentosa*, il en a été de même avec cependant une plus grande prudence, sauf pour les relevés où d'autres espèces marnicoles étaient associées. Cependant, il n'est pas exclu, et l'A.F.C. est d'une grande utilité dans ce cas, de rattacher à l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 un relevé dans lequel *Carex tomentosa* serait présent. Ceci n'a pas été le cas pour nos relevés, car cette plante est tout de même assez strictement inféodée aux sols marneux, mais il n'est pas exclu qu'elle puisse s'installer sur du calcaire très peu ou pas marneux (Jézainville ou Lorry-Mardigny, par exemple). C'est l'ambiguïté qui existe pour des relevés réalisés sur des pelouses calcicoles, dont le substrat

géologique montre des niveaux stratigraphiques marneux de faible épaisseur (Bajocien moyen). En revanche, la présence de *Senecio erucifolius* comme seule espèce marnicole, a très souvent abouti au rattachement du groupement à l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957. Cette plante apparaît souvent dans des biotopes secondaires, en lisières forestières, sur le bord des chemins, dans les décombres.

Les différentes sous-associations ont été distinguées sur la base de l'A.F.C. partielle qui a montré que les espèces xérophiles ont une grande importance pour l'interprétation. L'ouverture du milieu, représentée par l'axe 1, est le facteur écologique principal. Des espèces comme *Linum tenuifolium, Hieracium pilosella, Globularia bisnagarica* ou *Pulsatilla vulgaris* en sont de bons exemples. Selon ROYER (1987), le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 se différencie des autres associations marnicoles par sa richesse en espèces xérophiles et mésoxérophiles, comme *Globularia bisnagarica, Teucrium chamaedrys, Teucrium montanum, Bupleurum falcatum* et *Seseli montanum*. C'est la variante xérophile de la sous-association à *Tetragonolobus maritimus* qui constitue le groupement le plus proche du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973. C'est le plus complet au niveau floristique. Ceci explique en partie que *Blackstonia perfoliata* ne se rencontre en Lorraine que dans ce groupement.

Les relevés se situant dans la partie négative de l'axe 2 tendent vers le *Molinion*. Des espèces comme *Serratula tinctoria* et *Molinia caerulea* en sont de bons exemples. L'analyse a permis de distinguer quatre sous-associations.

1 - une sous-association méso-xérophile à *Tetragonolobus maritimus*, bien représentée en Lorraine occidentale.

2 - une sous-association mésophile à *Galium verum*, que l'on retrouve dans l'ensemble de la région.

3 - une sous-association méso-hygrophile à *Molinia caerulea, Orchis mascula* et *Serratula tinctoria*, bien représentée en Lorraine orientale.

4 - une sous-association mésophile et ourléifiée à *Peucedanum cervaria*.

78 relevés ont pu y être rangés, dont nous avons distingué six syntaxons, correspondant à quatre sous-associations d'une même association, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973. Les quatre sous-associations ont des répartitions très différentes les unes des autres. Leurs écologies et leurs compositions floristiques sont également très différentes. Aussi, nous avons préféré décrire séparément ces quatre unités.

Nous considérons que la présence de *Peucedanum cervaria* est un indicateur relatif de rattachement du relevé au *Tetragonolobo-Mesobromenion*, bien que, nous ayons observé à plusieurs reprises cette espèce sur du calcaire massif quasiment pur. Cependant, un groupement d'ourlet marneux à *Peucedanum cervaria* s'individualise très bien sur notre A.F.C. 2 (figure 3). C'est dans les ourlets marneux que cette plante trouve son optimum écologique. On y retrouve d'ailleurs des espèces marnicoles, avec des fréquences importantes (*Senecio erucifolius* (III), *Carex tomentosa* (III) et *Tetragonolobus maritimus* (I)). La position des relevés de ce syntaxon sur l'analyse factorielle pourrait laisser entendre que nous devrions rattacher ce syntaxon à l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957. A notre avis, c'est la présence de plantes mésophiles et eutrophes des *Trifolio-Geranietea* et des *Agrostio-Arrhenethere tea* qui induit un éloignement sur l'analyse entre ces relevés et les autres relevés que nous avons classés dans le *Tetragonolobo-*

Mesobromenion ROYER 1987.

Cependant, afin de confirmer cette hypothèse, nous avons réalisé une analyse partielle des relevés mésophiles de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 (*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 sous-association à *Origanum vulgare* et sous-association typique) et des relevés du groupement à *Peucedanum cervaria* (figure 12A). Elle a porté sur 100 relevés. Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1 et 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 7,9% et 5,7%. On y observe une très nette scission entre les relevés à *Peucedanum cervaria* et les relevés des ourlets de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 sous-association à *Origanum vulgare*.

Enfin, nous avons réalisé une A.F.C. partielle (figure 12B) des relevés de l'*Eu-Mesobromenion* sous-association à *Origanum vulgare*, des relevés à *Peucedanum cervaria* et des relevés mésophiles du *Tetragonolobo-Mesobromenion*. On constate que les relevés à *Peucedanum cervaria* se localisent dans la partie positive de l'axe 1, c'est-à-dire beaucoup plus proche des relevés du *Tetragonolobo-Mesobromenion* que de ceux de l'*Eu-Mesobromenion*.

Ceci confirme notre hypothèse de rattacher les relevés à *Peucedanum cervaria* dans le *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987, sous-alliance dans laquelle l'ensemble des relevés, même les plus ourléifiés sont liés floristiquement et dynamiquement.

En conclusion, le rattachement des relevés est assez évident dans la majeure partie des cas et l'utilisation de quelques espèces indicatrices permet bien souvent de déterminer le rattachement d'un relevé à une sous-alliance. Ceci n'exclut pas, comme nous l'avons montré, de tenir compte de l'ensemble des espèces en présence. Seule la différenciation entre le *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 et l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 pour les relevés sur milieux calcaires du Bajocien notamment, et la différenciation entre le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 meusien et le *Genisto-Seslerietum* septentrional, posent des problèmes vraiment délicats pour lesquels le recours à l'analyse complète des espèces du relevé est obligatoire.

Les deux premières A.F.C. ont permis de définir le rattachement aux sous-alliances de nos 317 relevés. Afin de clarifier les différences floristiques de ces ensembles, nous avons procédé à des analyses partielles, par sous-alliance, qui ont permis de préciser les différents syntaxons en présence, mais également de déterminer les facteurs écologiques principaux qui régissent les sous-unités décrites. On se reportera aux descriptions des différents groupements de chaque sous-alliance pour les conclusions de ces analyses.

Chapitre 6: Rattachement phytosociologique des groupements végétaux aux différentes sous-alliances et étude du cortège floristique des pelouses calcicoles de Lorraine

1. Les espèces du *SESLERIO-MESOBROMENION* OBERD. 1957

Les espèces différentielles du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 sont *Sesleria caerulea, Genista pilosa, Carex ornithopoda, Seseli libanotis, Thesium alpinum.* Nous y ajoutons *Epipactis atrorubens* et *Phyteuma tenerum,* comme l'a proposé BOULLET (1986). Dans le contexte phytosociologique lorrain, *Carex humilis* et *Euphrasia stricta* sont très fortement liés aux groupements du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957. Par contre, nous n'avons pas retenu *Anthericum ramosum,* qui ne constitue pas une différentielle de cette sous-alliance dans notre région (tableau 1).

Quant à *Helianthemum canum,* elle n'est pas présente dans notre région. *Epipactis atrorubens, Carex ornithopoda* et surtout *Sesleria caerulea* transgressent dans d'autres sous-alliances, mais avec des fréquences plus faibles. C'est surtout le cas dans le *Teucrio-Mesobromenion,* d'où la difficulté de classer certains relevés appauvris du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957.

Cette sous-alliance s'installe souvent sur des sols de type rendzine la plupart du temps dérivés de calcaires oolithiques (OBERDORFER, 1990). Le *Seslerio-Mersobromenion* fait la transition entre le *Mesobromion* et *Seslerion.* On peut y déceler une aile thermophile tendant vers le *Seslerio-Xerobromenion,* infiltrée d'espèces du *Xerobromion* (tableau 2). Ces groupements se situent généralement dans une ambiance climatique sub-montagnarde (ROYER, 1987). De nature montagnarde, le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 se développe surtout au niveau des Préalpes et des régions montagnardes périalpines (Bourgogne, Jura, Alb Saoube, Harz; OBERDORFER (1978), ROYER (1973, 1978). Le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 est bien moins développé au niveau des plaines et collines atlantiques (figure 28) (BOULLET, 1986). Selon cet auteur, *Campanula glomerata, Plantago media* et *Ononis repens* évitent le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 et ont leur optimum dans l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957. Ceci n'est pas le cas en Lorraine (tableau 1). Par contre, en Lorraine, *Galium verum, Viola hirta* et *Primula veris* évitent le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 lorrain. Les espèces différentielles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987, surtout *Teucrium chamaedrys, Globularia bisnagarica, Linum tenuifolium* et *Teucrium montanum* dans une moindre mesure, sont très abondantes dans les relevés entrant dans cette sous-alliance à laquelle 48 relevés ont pu être rattachés.

2. Les espèces du *TEUCRIO-MESOBROMENION* ROYER 1987

Les espèces différentielles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 et du *Seslerio-Mesobromenion* sont *Teucrium montanum, Globularia bisnagarica, Linum tenuifolium, Pulsatilla vulgaris.* Nous avons suivi la bibliographie (ROYER, 1987) pour *Teucrium chamaedrys,* bien que le comportement écologique de cette plante beaucoup moins xérophile que

les autres, soit très différent de celui des autres espèces de cette sous-alliance (tableau 1 et 3). Cette sous-alliance assure le passage vers le *Xerobromion* (ROYER, 1987). Le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 représente l'aile sèche du *Mesobromion* et a été souvent, dans le passé, pris à tort pour du *Xerobromion*, notamment dans le Bénélux et le nord de la France (MULLENDERS *et al.*, 1972, par exemple) (ROYER, 1987). Il est surtout développé en France, où il devient la sous-alliance dominante au niveau des plaines et des collines du sud-ouest, du centre et de l'est du pays. *Ophrys fuciflora, Ophrys insectifera, Carex ornithopoda, Epipactis atrorubens, Anthericum ramosum, Gymnadenia conopsea, Carlina vulgaris, Lactuca perennis, Thesium humifusum et Asperula cynanchica* sont des espèces abondantes dans les groupements xérophiles du *Seslerio-Mesobromenion* et du *Teucrio-Mesobromenion*. Toutes les espèces différentielles du *Teucrio-Mesobromenion* sont donc également présente dans le *Seslerio-Mesobromenion*, mais elles sont d'une grande utilité pour délimiter certains relevés intermédiaires entre l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 xérophile et les groupements les plus mésophiles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987, ceci d'autant que certaines espèces différentielles de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957, comme *Campanula glomerata, Dactylis glomerata* ou *Salvia pratensis*, transgressent dans les pelouses xérophiles en cours de fermeture. 78 relevés ont pu être rattachés à cette sous-alliance.

3. Les espèces de l'*EU-MESOBROMENION* OBERD. 1957

Les espèces différentielles de L'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957, selon ROYER (1987) sont *Campanula glomerata, Dactylis glomerata, Avenula pubescens, Leucanthemum vulgare, Salvia pratensis, Trifolium pratense* et *Onobrychis viciifolia* (tableau 1). Cette sous-alliance s'installe sur des sols profonds eutrophes. Elle assure la transition entre le *Mesobromion* et l'*Arrhenatherion elatioris* (ROYER, 1987). Cette sous-alliance correspond à la conception la plus classique du *Mesobromion* (ROYER, 1987). Dans le contexte lorrain, seuls *Dactylis glomerata, Leucanthemum vulgare, Trifolium pratense* et *Onobrychis viciifolia* montrent une nette affinité pour ce groupement (tableau 1). Parmi l'ensemble des autres espèces, *Viola hirta, Galium verum, Poa pratensis* ont une préférence pour les groupements de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957. Il en est de même de *Calamintha clinopodium* que nous n'avons rencontré que dans ce syntaxon. Cette plante caractérise d'ailleurs la sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare*. 126 relevés ont pu être rattachés à cette sous-alliance (tableau 4) qui s'individualise surtout par l'absence des espèces différentielles des autres sous-alliances.

4. Les espèces du *TETRAGONOLOBO-MESOBROMENION* ROYER 1987

Les espèces différentielles du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 par rapport aux autres sous-alliances sont *Tetragonolobus maritimus, Blackstonia perfoliata, Peucedanum cervaria, Molinia caerulea, Senecio erucifolius* et *Carex tomentosa*. De plus, *Serrutala tinctoria, Inula salicina et Listera ovata* pourraient entrer dans ce groupe d'espèces différentielles (tableau 1), mais ce sont des espèces différentielles de syntaxons de la sous-alliance et nous ne les avons pas retenus pour la caractériser. Ces trois plantes montrent une très nette préférence pour cette sous-alliance. Les espèces de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 y sont parfois bien représentées, surtout *Dactylis glomerata*. Cette sous-alliance, proposée par ROYER, s'installe sur les sols bruns des roches marneuses (ROYER, 1987). Cette sous-alliance a une richesse floristique maximum dans le sud de la France. Elle disparaît vers le nord de la France, le Bénélux et l'Allemagne centrale (ROYER, 1985). 79 relevés ont pu être rattachés à cette sous-alliance.

5. Les espèces du *CHAMAESPARTIO-AGROSTIDENION* VIGO 1979

Les espèces différentielles du *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979 par rapport aux autres sous-alliances sont *Sieglingia decumbens, Agrostis capillaris, Calluna vulgaris, Stachys officinalis* et *Genistella sagittalis* (tableau 1 et 40). Il est possible de rajouter *Luzula campestris, Anthoxanthum odoratum, Fragaria viridis, Viola canina, Thymus pulegioides* qui différencient bien cette sous-alliance, ceci au moins dans le contexte lorrain. Ce groupement assure la transition vers le *Violion caninae* et le *Calluno-Genistion* (ROYER, 1987). Il s'installe sur des sols plus ou moins profonds et acidifiés (ROYER, 1987). Cette sous-alliance a été proposée pour les Pyrénées. *Agrostis capillaris* et *Genistella sagittalis* caractérisent des groupements végétaux acidophiles dans d'autres sous-alliances, notamment l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957. *Sieglingia decumbens, Stachys officinalis* et surtout *Calluna vulgaris* sont beaucoup plus acidophiles et sont, par conséquent, plus rares sur les pelouses calcicoles. Seulement 11 relevés ont pu être rattachés à cette sous-alliance.

6. Les espèces des *TRIFOLIO-GERANIETEA*

Les espèces caractéristiques des *Trifolio-Geranietea* que nous avons rencontrées sur les pelouses calcaires de Lorraine sont *Agrimonia eupatoria, Trifolium medium, Aster amellus, Lathyrus pratensis*. Les espèces caractéristiques des *Origantetalia* notées sur nos relevés sont *Teucrium chamaedrys, Viola hirta, Origanum vulgare, Medicago falcata, Calamintha clinopodium, Galium mollugo, Securigera varia, Melampyrum arvense* et *Silene nutans* (figure 20, 21 et 22). Nous y ajouterons encore les espèces typiques du *Geranion*, à savoir *Peucedanum cervaria, Anthericum ramosum, Seseli libanotis, Campanula persicaefolia, Fragaria viridis, Bupleurum falcatum, Stachys recta, Vincetoxicum hurindinaria, Trifolium rubens*. Dans l'analyse de la composition floristique des groupements végétaux, nous regrouperons ces trois groupes d'espèces. Par contre, dans les commentaires des syntaxons, la connaissance de l'appartenance exacte de ces espèces sera utile. D'un point de vue général, ce sont les espèces des *Origanetalia* qui dominent.

Les espèces caractéristiques des *Trifolio-Geranitea* représentent environ 5 à 10% de la flore des groupements de pelouses (tableau 20, 21 et 22), en tenant compte de l'abondance-dominance de ces espèces. Ce pourcentage est à peu près constant d'un groupement à l'autre. On pourrait être surpris de constater que les groupements xérophiles ne sont pas plus pauvres que les autres syntaxons, mais *Teucrium chamaedrys* est considéré par ROYER (1987) comme une espèce des *Trifolio-Geranietea*. Or cette espèce est très fréquente dans les groupements xérophiles des pelouses de Lorraine, ce qui limite les différences entre les pelouses xérophiles et ourliéfiées. OBERDORFER (1978) range cette espèce comme caractéristique des *Brometalia*. Nous avons suivi ROYER (1987) pour la quasi totalité des espèces. Donc, bien que le comportement lorrain de cette espèce nous incite à le ranger dans les *Brometalia*, nous avons suivi l'avis de ROYER en la classant dans les *Trifolio-Geranietea*.

Les pelouses ourléifiées de l'*Eu-Mesobromenion* et du *Tetragonolobo-Mesobromenion* sont en moyenne trois à quatre fois plus riches en espèces de cette classe phytosociologique. L'individualisation, en considérant les espèces des *Trifolio-Geranietea*, de la sous-association à *Origanum vulgare* de l'*Onobrychido-Brometum* est très nette par rapport aux autres syntaxons de cette même association.

Le pourcentage en espèces des ourlets du groupement à *Peucedanum cervaria*, et dans

une moindre mesure du faciès à *Inula salicina* du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987, peuvent laisser entrevoir l'hypothèse d'un rattachement de ces groupements aux ourlets marnicoles des *Trifolio-Geranietea* (tableau 21, 21 et 22). En ce qui concerne le faciès à *Inula salicina*, l'A.F.C. partielle du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 ne laisse planer aucun doute. Ce syntaxon entre typiquement dans le groupement à *Carex tomentosa* et *Senecio erucifolius*. Il n'en est pas de même du groupement à *Peucedanum cervaria*, d'ailleurs plus riche en espèces des *Trifolio-Geraniatea* (19%), pour lequel, l'A.F.C. partielle (figure 3), selon l'axe 2, fait nettement ressortir les relevés entrant dans ce syntaxon. A ce propos, des auteurs ont décrit des groupements à *Peucedanum cervaria* dans les *Trifolio-Geranietea* et d'autres auteurs des groupements à *Peucedanum cervaria* dans les *Festuco-Brometea* (ROYER, 1973). Comme nous l'avons déjà précisé, nos relevés à *Peucedanum cervaria* entrent dans le *Mesobromion*.

7. Les espèces des *SEDO-SCLERANTHETEA*

Les espèces caractéristiques des *Sedo-Scleranthetea* et de ses syntaxons subordonnés sont *Thlaspi montanum, Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Petrorhagia prolifera, Centaurium erythraea, Trifolium campestre, Cerastium brachypetalum, Sedum mite, Saxifraga tridactylites, Sedum acre, Thlaspi perfoliatum, Thymus praecox, Acinos arvensis, Alyssum alyssoides, Taraxacum rubicundum, Poa bulbosa, Erophila verna* et *Echium vulgare*.

Les espèces caractéristiques des *Sedo-Scleranthetea* sont souvent de bons indicateurs du niveau d'ouverture du milieu. Ce sont presque toutes des thérophytes. Aussi, il n'est pas étrange de constater que les groupements les plus fermés, les ourlets à *Origanum vulgare* de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966, les ourlets marneux à *Inula salicina* ou encore le groupement à *Molinia caerulea* en soient totalement dépourvus (figure 20, 21 et 22). Leur importance est relativement faible dans la plupart des groupements. Elle dépasse rarement 2% d'abondance, sauf dans la sous-association à *Linum leonii* du *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978, dans le *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Luzula campestris*, dans la sous-association à *Rumex scutatus* et la sous-association à *Iberis amara* du *Genisto-Seslerietum*, qui sont tous les quatre des groupements très ouverts, thermophiles et xérophiles. Les espèces des *Sedo-Scleranthetea* représentent environ 4% de la flore de ces syntaxons.

Le groupement de dalle s'individualise très nettement par rapport aux autres syntaxons (figure 20, 21 et 22). Sa richesse en espèces des *Sedo-Scleranthetea* y est très nettement supérieure à celle que l'on observe dans les autres groupements. D'ailleurs l'A.F.C. 1 (figure 2), selon l'axe 1, fait très nettement ressortir les relevés de ce syntaxon. Aussi, nous avons préféré rattacher ce groupement végétal à la classe des *Sedo-Scleranthetea*, dans l'alliance de l'*Alysso-Sedion*, que certains auteurs ont proposé de ranger dans les *Festuco-Brometea*. On constatera, en effet, que mise à part cette forte richesse en espèces des dalles rocheuses des *Sedo-Scleranthetea*, la composition floristique générale de ce groupement est assez proche des autres groupements que nous avons décrits.

8. Les espèces des *PRUNETALIA* et des *QUERCO-FAGETEA*

Les espèces des *Prunetalia* sont *Crataegus monogyna, Cornus sanguinea, Prunus spinosa, Rosa canina, Clematis vitalba, Juniperus communis, Prunus mahaleb, Sorbus aria, Viburnum lantana, Ligustrum vulgare, Rosa rubiginosa* et *Berberis vulgaris*. Les espèces des *Querco-Fagetea* sont *Helleborus foetidus, Hieracium murorum* et *Quercus sp.*

Les espèces des *Prunetalia* et des *Querco-Fagetea* ont été regroupées sur notre graphique (figure 20, 21 et 22) car ces deux groupes d'espèces caractérisent la fermeture quasi complète du milieu et l'apparition d'une strate de végétation supplémentaire. Aussi, afin de lier la composition floristique des groupements et leur écologie, nous avons préféré regrouper les espèces de ces deux syntaxons.

Les résultats sont très différents d'un groupement à l'autre. Les milieux ourléifiés sont les plus riches en espèces de ce groupe. Ceci traduit les liens dynamiques qui unissent les pelouses ourléifiées et les ourlets aux fruticées des *Prunetalia*. Dans les quatre variantes de la sous-association à *Origanum vulgare* de l'*Onobrychido-Brometum*, le pourcentage de ligneux varie entre 3% et plus de 6%, en tenant compte de leurs abondances-dominances, avec une richesse maximale dans la variante à *Avenula pratensis* et dans la variante à *Vicia tenuifolia* (figure 20, 21 et 22). Les ourlets marnicoles du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 sont un peu moins riches en espèces des *Prunetalia* et des *Querco-Fagetea*, ce qui est normal s'il l'on considère strictement les pelouses des *Festuco-Brometea*. Mais, si l'on considère l'ensemble du milieu de la pelouse, nos observations montrent très nettement que les pelouses ourliéfiées marnicoles sont très riches en espèces ligneuses. La dynamique successionnelle y est beaucoup plus rapide que sur les pelouses installées sur le calcaire. Ainsi, l'apparition des arbustes sur les pelouses marneuses est suivie très rapidement de leur disparition, ce qui pourrait nous laisser supposer, à tort, que les ourlets marnicoles sont moins riches en espèces ligneuses.

9. Les espèces du *MOLINION*

Les espèces caractéristiques et différentielles du *Molinion* sont *Tetragonolobus maritimus, Blakstonia perfoliata, Molinia caerulea, Senecio erucifolius, Carex tomentosa, Stachys officinalis, Inula salicina, Linum catharticum, Coeloglossum viride, Carex panicea, Ophioglossum vulgatum, Dactylorhiza incarnata, Serratula tinctoria* et *Trifolium ochroleucon*.

Les espèces du *Molinion* ont des abondances relatives très variables d'un groupement à l'autre (figure 20, 21 et 22). Les groupements les plus riches sont les pelouses du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987. Dans les autres sous-alliances, le pourcentage est à peu près constant, c'est-à-dire compris entre 2% et 4%. Ceci s'explique très simplement car les pelouses marnicoles sont beaucoup plus méso-hygrophiles que les pelouses sur calcaire pur, avec une réserve utile supérieure et une hygromorphie hivernale et printanière. Cette dernière contribue à l'apparition et au maintien de taxons du *Molinion*. Dans le groupement le plus méso-hygrophile, à savoir le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 sous-association à *Molinia caerulea*, le pourcentage d'espèces du *Molinion* atteint presque 14%. Ces pelouses constituent d'ailleurs des milieux de transition entre ces deux unités phytosociologiques.

10. Les espèces des *AGROSTIO-ARRHENATHERETEA*

Les espèces caractéristiques, selon DE FOUCAULT (1984), des *Agrostio-Arrhenatheretea* que nous avons notées dans nos relevés sont *Avenula pubescens, Leucanthemum vulgare, Trifolium pratense, Anthoxanthum odoratum, Plantago lanceolata, Genista tinctoria, Knautia arvensis, Achillea millefolium, Prunella vulgaris, Lotus corniculatus, Taraxacum officinale, Arrhenatherum elatius, Trifolium repens, Cynosurus cristatus, Trisetum flavescens, Rumex acetosa, Bellis perennis, Rhinathus minor, Campanula patula, Festuca pratensis, Festuca rubra, Phleum pratense, Poa trivialis, Leontodon hispidus, Dactylis*

glomerata, Poa pratensis, Colchicum autumnale, Tragopogon pratensis et *Daucus carota*. Nous avons rassemblé dans notre analyse synfloristique (figure 20, 21 et 22), les espèces caractéristiques et différentielles des *Agrostio-Arrhenatheretea*, des *Arrhenatheretalia* et de l'*Arrhenatherion* qui ont les mêmes significations écologiques.

Les espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea* ont des importances relatives très variables d'un groupement à l'autre, avec des valeurs comprises entre à peine 1% dans la sous-association à *Leontodon hyoseroides* du *Genisto-Seslerietum* et 30% de la composition floristique dans la sous-association à *Arrhenatherum elatius* de l'*Onobrychido-Brometum* (figure 20, 21 et 22). Les pelouses xérophiles du *Seslerio-Mesobromenion* et dans une moindre mesure les pelouses xérophiles du *Teucrio-Mesobromenion* sont très pauvres en taxons des *Agrostio-Arrhenatheretea*. Il n'en est pas de même dans le *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 où ces plantes constituent entre 8% et 20% du cortège floristique et dans la sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare*, où ces plantes représentent entre 20% et plus de 30% des espèces. La fermeture des pelouses calcicoles par les espèces des *Trifolio-Geranietea* s'accompagne, en effet, presque toujours du développement des espèce des *Agrostio-Arrhenatheretea*.

Au sein de l'*Eu-Mesobromenion*, on soulignera l'abondance grandissante des espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea* lorsque l'on passe de la sous-association xérophile à *Helianthemum nummularium*, à la sous-association typique, puis à la sous-association à *Origanum vulgare*, puis à la sous-association à *Arrhenatherum elatius*. Enfin, comme on peut l'observer sur l'A.F.C. partielle des groupements de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957, la variante à *Medicago falcata* de la sous-association à *Origanum vulgare* de l'*Onobrychido-Brometum* est la plus proche floristiquement de la sous-association à *Arrhenatherum elatius*. Le pourcentage d'espèces de l'*Agrostio-Arrhenatheretea* est d'environ 20% dans les trois autres sous-associations, il est de 27% dans la variante à *Medicago falcata* et dépasse les 32% dans la sous-association à *Arrhenatherum elatius*.

11. Les espèces compagnes

L'ensemble des espèces habituellement considérées comme compagnes entre dans ce groupe d'espèces. Nous y avons ajouté ce que nous pouvons considérer comme étant des espèces accidentelles, qui sont caractéristiques d'un syntaxon mais dont on ne retrouve sur les pelouses calcicoles lorraines qu'un ou très peu de représentants. Ce sont *Hieracium pilosella, Senecio jacobaea, Hypericum perforatum, Plantago major, Melilotus officinalis, Campanula rotundifolia, Allium vineale, Bunium bulbocastanum, Cirsium arvense, Calystegia sepium, Veronica arvensis, Astragalus glycyphyllos, Vicia sativa, Lathyrus aphaca, Lactuca perennis, Centaurea nigra, Geum urbanum, Hieracium umbellatum, Inula conyza, Silene vulgaris* et *Veronica chamaedrys*.

En ce qui concerne les espèces compagnes, elles représentent entre 20% et 40% du cortège floristique des groupements. On y retrouve beaucoup d'espèces accidentelles (figure 20, 21 et 22). Compte tenu que les milieux fermés sont fortement colonisés par les graminées sociales, on retrouve moins d'espèces compagnes dans ce type de milieux, qu'il soit marnicole comme dans les ourlets à *Inula salicina* du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 ou qu'il soit calcaire, comme dans la sous-association à *Origanum vulgare* de l'*Onobrychido-Brometum*. Dans ces deux types de groupements, le nombre d'espèces compagnes est situé entre 30% et 40%, c'est-à-dire inférieur à celui que l'on observe dans les milieux plus ouverts.

Chapitre 7 :
Les pelouses thermo-xérophiles submontagnardes, le *GENISTO-SESLERIETUM* DUVIGN. ET AL. 1970

La délimitation des relevés qui se rattachent à la sous-alliance xérophile du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 a été éffectuée dans l'interprétation des deux premières analyses factorielles. Le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 est surtout différencié par un groupe de plantes déalpines liées à la Seslérie et par des plantes thermoxérophiles (ROYER, 1987). Les espèces à affinités montagnardes, caractéristiques de cette sous-alliance, que l'on rencontre dans ce syntaxon, sont *Thesium alpinum, Phyteuma tenerum, Sesleria caerulea, Carex ornithopoda, Epipactis atrorubens* et *Genista pilosa.*

Les A.F.C. partielles représentées sur les des figures 4 et 5, laissent apparaître une relative homogénéité du fond floristique de l'ensemble des relevés. Les différences que nous observons sont mineures, ce qui permet de rattacher l'ensemble de nos relevés à une seule association (tableau 2). Les espèces à haute fréquence, hormis les espèces différentielles de la sous-alliance et de l'association qui composent ce groupement, sont *Briza media, Bromus erectus, Carex flacca, Euphorbia cyparissias, Festuca lemanii, Hippocrepis comosa, Potentilla neumanniana, Sanguisorba minor, Thymus praecox, Hieracium pilosella.* Elles se retrouvent dans presque toutes les variations écologiques qui vont être décrites.

Les espèces présentent des abondances différentes selon les sous-associations décrites (tableau 2). Les espèces communes avec le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 y sont très abondantes, tandis que les taxons différentiels de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 (*Dactylis glomerata* et *Campanula glomerata*) et du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 (*Peucedanum cervaria*) sont très rares à abondants, selon les sous-unités décrites.

DURIN (1957) identifie pour la première fois un groupement meusien à *Sesleria caerulea* en escalier. Ce groupement a été identifié et décrite pour la première fois par DUVIGNEAUD *et al.* (1970), à Pagny-la-Blanche-Côte. Nos relevés sont d'ailleurs très proches géographiquement de ceux de son étude. BOULLET (1986) fait entrer dans le *Genisto-Seslerietum*, le *Violo rupestris-Seslerietum* ROYER 1973 nom. Inv. (inclus le *Genisto-Seslerietum* Duvign. *et al.* 1970 et groupement à *Viola rupestris* et *Cytisus supinus* ROYER 1982). DUVIGNEAUD *et al.* (1970) rangent les groupements précédents dans le *Xerobromion*, dont ils distinguent trois syntaxons ; premièrement, une association à *Sesleria caerulea* et *Genista pilosa*, sous-association à *Leontodon hyoseroides*, très ouverte sur éboulis mal fixés (DURIN *et al.*, 1955), deuxièmement une association à *Carex halleriana* et *Coronilla minima* sur le Lusithanien, dans le Chatillonnais (DURIN *et al.*, 1955) et troisièmement un *Xerobromion* à *Sesleria caerulea* et *Genista pilosa* sur le Lusithanien entre Verdun et Neufchâteau (DURIN *et al.*, 1955). Nous avons tenu compte des distinctions que les auteurs ont opérées pour la sous-association à *Coronilla minima* et sans doute pour la sous-association typique qui doit être proche de l'association à *Sesleria caerulea* et *Genista pilosa.* Cependant, aucune comparaison n'est possible, car aucun tableau phytosociologique n'est fourni par les auteurs belges.

C'est une association riche en espèces xérophiles de haute fréquence, comme *Carex humilis, Genista pilosa, Globularia bisnagarica, Linum tenuifolium, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Sesleria caerulea, Teucrium chamaedrys* et *Teucrium montanum.* En Lorraine,

Carex humilis a une aire comparable à celle de *Sesleria caerulea* (PARENT, 1979). Cette plante est assez fréquente jusqu'à Saint Mihiel. Elle atteint Metz par la vallée du Rupt de Mad. Des taxons à affinités montagnardes comme *Epipactis atrorubens, Phyteuma tenerum, Anthericum ramosum* sont assez abondants (tableau 2).

Ce groupement est très largement dominé par les espèces des *Festuco-Brometea* (*Carex flacca, Sanguisorba minor, Carex humilis, Asperula cynanchica*, par exemple), des *Brometalia* (*Bromus erectus, Hippocrepis comosa, Globularia bisnagarica, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria*) et du *Mesobromion* (*Festuca lemanii, Polygala calcarea, Ophrys fuciflora* (tableaux 20, 21 et 22).

L'analyse floristique (tableaux 20, 21 et 22) fait apparaître que cette association est riche en espèces du *Geranion sanguinei* (*Bupleurum falcatum, Anthericum ramosum*). En revanche, elle est presque complètement dépourvue d'espèces du *Xerobromion*, hormis *Coronilla minima* et *Carex hallerana*, présentes uniquement à la Côte sous la Praye et à Dompcevrin pour la première espèce, et uniquement à la Côte sous la Praye pour la seconde. Les espèces différentielles du *Mesobromion* sont bien représentées dans la plupart des relevés. Il est donc préférable de rattacher ce groupement au *Mesobromion* dans sa sous-alliance d'influence montagnarde, le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 plutôt qu'au *Xerobromion.*

Une des particularités des relevés de l'association est sa localisation très particulière, presque exclusivement liée à la vallée de la Meuse, au sud de Verdun (figure 28). C'est, en effet, une association assez commune dans le sud de la Meuse, surtout à partir de Saint-Mihiel. Elle est presque toujours liée au calcaire oolithique du Rauracien. Seul le relevé de Watronville est installé sur le J4. Sa composition floristique y est d'ailleurs originale (voir description de la sous-association typique).

C'est un groupement dominé par la Seslérie, dont le rôle de stabilisation du milieu a été décrit par DUVIGNEAUD *et al.* (1970), sur les éboulis de Pagny-la-Blanche-Côte. Plusieurs sous-associations peuvent être distinguées en fonction de l'ouverture du milieu. Car lorsque la pelouse est très ouverte, des espèces xérophiles s'y maintiennent, tandis que la colonisation de la *Sesleria caerulea* induit la disparition des espèces xérophiles.

Les associations du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 s'installent sur sols de type rendzine, riches en éléments grossiers de type sableux, en général peu ou pas acidifiés, sur substratum oolithique le plus souvent (ROYER, 1987). Le *Genisto-Seslerietum* est caractéristique des affleurements du Lusithanien (Calcaire gélif), de la Lorraine mosellane et sur du Bathonien et du Bajocien (sur les faciès à calcaire oolithique) (DURIN *et al.*, 1955).

1. Analyse Factorielle des Correspondances partielles du *GENISTO-SESLERIETUM*

L'analyse a porté sur 48 relevés rassemblant 121 espèces (figure 4). Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1 et 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 16,4% et 8,8%.

La signification de l'axe 1 est donnée par les espèces *Salvia pratensis, Centaurium erythraea, Genista tinctoria, Centaurea jacea, Polygala vulgaris, Primula vulgaris, Taraxacum rubicundum*, qui sont bien corrélées au pôle positif de l'axe. Les espèces *Rumex scutatus, Anthericum ramosum, Allium sphaerocephalon, Leontodon hyoseroides* subsp. *hyoseroides* sont

liées à la partie négative de l'axe 1. Sa signification écologique peut-être attribuée aux mouvements du terrain, avec un pôle négatif dans lequel on retrouve les pelouses dérivant des éboulis mobiles primaires et les pelouses à *Rumex scutatus* formant les éboulis secondaires. Le pôle positif est représenté par des espèces de pelouses méso-xérophiles à mésophiles installées sur des terrains stabilisés. Le premier axe permet de définir la première sous-association à *Rumex scutatus*, qui se dégage assez nettement sur l'analyse.

La signification de l'axe 2 (figure 4) est donnée par *Campanula glomerata, Plantago lanceolata, Securigera varia, Prunella vulgaris, Knautia arvensis, Anacamptis pyramidalis*, qui sont corrélés à l'axe 2 et localisés sur le pôle négatif de cet axe. *Petrorhagia prolifera, Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Sedum acre, Reseda lutea, Iberis amara, Coronilla minima, Thlaspi perfoliata, Erysimum odoratum, Saxifraga tridactylides* et *Phyteuma tenerum* sont fortement liés au pôle positif de l'axe 2. Cet axe correspond écologiquement très nettement au régime hydrique, au degré de trophie et d'ouverture du milieu, qui sont écologiquement liés dans ce type de pelouse. Le pôle négatif correspond aux pelouses fermées, eutrophes, tandis que le pôle positif recèle les relevés les plus xérophiles, très ouverts, abritant, par exemple, des espèces des *Sedo-Scleranthetea.*

Les huit sous-associations (tableau 2) se définissent par rapport à ces deux axes. Celle à *Thalictrum minus* s'individualise assez nettement des autres par son caractère mésophile (tableau 10). Elle représente le pôle où les fréquences des espèces mésophiles, telles que *Campanula glomerata, Plantago lanceolata, Knautia arvensis* et *Prunella vulgaris,* sont maximales. Quatre relevés peuvent y être rangés.

La sous-association à *Centaurea scabiosa* (tableau 11) a une amplitude plus importante sur l'axe 2. Sa richesse en taxons mésophiles, comme *Centaurea scabiosa, Lotus corniculatus, Silene nutans, Plantago major*, ou au contraire sa pauvreté en espèces xérophiles *Epipactis atrorubens, Thesium humifusum* et *Carex humilis,* induit une répartition assez large le long de l'axe 2 (figures 4 et 5). Néanmoins, l'homogénéité floristique et phytogéographique de ces relevés permet de les rassembler en un syntaxon unique.

Un ensemble très xérophile se dégage dans la partie positive de l'axe 2. On peut y distinguer deux groupes de relevés. Les premiers, dans la partie négative de l'axe 1, correspondent à la sous-association à *Leontodon hyoseroides* (tableau 8), tandis que les seconds, que l'on retrouve dans la partie la plus positive de l'axe 1, sont représentés par des relevés où *Coronilla minima* constitue le taxon différentiel. C'est la sous-association à *Coronilla minima.* Ces deux syntaxons relativement proches n'ont pas la même origine dans la succession. C'est la présence d'espèces de dalles, liée à la forte ouverture du milieu, qui rapproche ces deux groupements (*Petrorhagia prolifera, Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Sedum acre, Reseda lutea, Iberis amara, Thlaspi perfoliata* et *Saxifraga tridactylides).*

Les deux relevés à *Viola rupestris* (tableau 13) apparaissent très proches et individualisent la sous-association à *Viola rupestris* (figures 4 et 5). Ils sont intermédiaires entre la sous-unité à *Rumex scutatus* et la sous-unité à *Iberis amara.* L'originalité floristique de ces deux relevés apparaît beaucoup plus nettement en supprimant les relevés à *Rumex scutatus.* On ne peut donc pas rapprocher ces relevés de la sous-association à *Leontodon hyoseroides*, dont ils n'ont pas la même composition floristique, ni la même origine écologique.

Le dernier syntaxon, à *Iberis amara* (tableaux 2 et 7) apparaît dans la partie centrale de l'analyse. Il est plus xérophile et plus proche de la sous-association à *Coronilla minima* (tableau

9). La présence *d'Iberis amara* et sa localisation moins centrale sur l'analyse nous autorise à le distinguer de la sous-association typique, dans laquelle aucune espèce différentielle n'a été notée.

2. Caractérisation phytosociologique des groupements et structuration du synsystème

48 relevés ont pu être rangés dans cette association xérophile d'influence montagnarde, que nous avons subdivisée en huit syntaxons, correspondant chacun à une sous-association du *Genisto-Seslerietum*. Certaines sous-associations que nous avons identifiées sont assez proches de celles que DUVIGNEAUD *et al.*, (1970) avaient décrites à Pagny-la-Blanche-Côte. D'autres ont pu être identifiées sur d'autres pelouses. Nous avons distingué 8 sous-associations, qui ont chacune leurs caractéristiques floristiques et écologiques.

2.1. La sous-association à *Viola rupestris* ss.-ass. nov.

L'A.F.C. partielle (figure 4) permet de constater, grâce à la signification écologique des axes, que la sous-association à *Viola rupestris* est liée à des habitats très xérophiles et que ces deux relevés sont floristiquement homogènes.

Leur composition floristique est surtout marquée par la présence de *Viola rupestris* et d'autres espèces du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 lorrain. On serait tenté, compte tenu de la position des relevés sur l'A.F.C., de ne pas distinguer cette sous-association, mais la figure 5, qui exclue la sous-association à *Rumex scutatus*, individualise nettement ce syntaxon. Cependant, celui-ci constitue, en fait, un groupement végétal intermédiaire entre le *Violo rupestris-Seslerietum* ROYER (71) 73 et le *Genisto-Seslerietum* J. Duvign. *et al.* 1970. Nous préférons en faire une sous-association du *Genisto-Seslerietum*, qui tend vers le *Violo rupestris-Seslerietum* ROYER (71) 73.

2.2. La sous-association à *Rumex scutatus* ss.-ass. nov.

L'A.F.C. partielle (figure 4) nous permet de constater, grâce à la signification écologique des axes, que la sous-association à *Rumex scutatus* est liée à des habitats secondaires, sur substrats mobiles, facteur qui constitue l'élément écologique principal des relevés de la sous-association. Les autres syntaxons ont tous leur épicentre dans la partie positive de l'axe 1.

7 relevés ont pu être rangés dans cette sous-association. La composition floristique de ce groupement, avec des espèces différentielles comme *Polygala vulgaris*, *Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados*, *Centaurium erythraea*, *Petrorhagia prolifera*, *Genista tinctoria* et surtout *Rumex scutatus*, est très différente de celles que l'on observe pour les autres sous-associations. Ces espèces sont presque exclusivement liées à ce groupement, au sein du *Seslerio-Mesobromenion* lorrain. On serait tenté, compte tenu de sa composition floristique très originale et de la position des relevés sur l'A.F.C., de distinguer deux associations du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, une première à *Rumex scutatus* et une seconde à *Sesleria caerulea* (car cette espèce est absente du groupement à *Rumex scutatus*). Cependant, ce syntaxon constitue, en fait, un groupement végétal intermédiaire entre le *Rumicetum scutati* Lebrun 1949 et le *Genisto-Seslerietum* J. Duvign. *et al.* 1970. Nous préférons en faire une sous-association du *Genisto-Seslerietum*, sur substrats mobiles, qui tend vers le *Rumicetum scutati* Lebrun 1949.

2.3. La sous-association à *Coronilla minima ss-ass. nov.*

Pour la définition du groupement au sein de l'alliance du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, on peut se référer à l'A.F.C. présentée sur les figures 4 et 5, qui nous indique que ce syntaxon très xérique, s'individualise assez nettement des autres, et se situe dans la partie positive de l'axe 2.

5 relevés entrent dans cette sous-association (tableau 9). Toutes les espèces différentielles du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 y sont présentes, avec des fréquences supérieures à 80% pour *Genista pilosa* et *Sesleria caerulea*. Il se caractérise surtout par la présence de *Coronilla minima*, taxon du *Xerobromion* en limite d'aire septentrionale de répartition. Le relevé **PRA2** est éloigné des autres, bien que *Coronilla minima* y soit abondante, car la présence de taxons comme *Vincetoxicum hirundinaria, Orchis militaris* et surtout *Koeleria pyramidata*, plantes de milieux mésophiles, éloigne ce relevé des autres dans lesquels les espèces de milieux mésophiles sont absentes.

2.4. La sous-association à *Leontodon hyoseroides* et *Galeopsis angustifolia* ss-ass. nov.

Pour la définition de ce groupement, contenant cinq relevés, au sein de l'alliance du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, on peut se référer à l'A.F.C. présentée sur les figures 4 et 5, qui indique qu'il fait partie du pôle xérophile du *Genisto-Seslerietum*. Les taxons différentiels du *Genisto-Seslerietum* y sont très abondants, avec des fréquences supérieures à 40% pour toutes les espèces (tableau 8). Cette sous-association se différencie par la présence de *Salvia pratensis, Galium pumilum, Leontodon hyoseroides* et *Galeopsis angustifolia*. *Leontodon hyoseroides* est l'espèce qui caractérise le mieux le groupement au niveau écologique. Les trois autres espèces, bien qu'effectivement plus abondantes dans ce groupement que dans les autres, indiquent seulement le caractère ouvert, héliophile et xérique du milieu. *Leontodon hyoseroides* subsp. *hyoseroides*, plante des éboulis mobiles du *Leontondion hyoseroides* DUVIGNEAUD *et al.* 70, indique, en effet, que le facteur écologique déterminant du groupement est le caractère semi-mobile du substrat. D'ailleurs, on constate sur l'A.F.C. que les relevés de la sous-association à *Leontodon hyoseroides* et *Galeopsis angustifolia* sont proches de la sous-association des éboulis secondaires semi-mobiles de la sous-association à *Rumex scutatus*. Ces deux groupements sont proches, avec pour le premier, une tendance assez nette vers les *Sedo-Scleranthetea* (*Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Petrorhagia prolifera*, etc.) et une légère tendance vers le *Xerobromion* pour le second, qui est visible par la proximité des relevés de la sous-association à *Leondoton hyoseroides* et de ceux de la sous-association à *Coronilla minima*.

2.5. La sous-association à *Iberis amara ss-ass. nov.*

Six relevés représentent ce syntaxon (tableau 7). Pour sa définition au sein de l'alliance du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, on peut se référer à l'A.F.C. présentée sur les figures 4 et 5, qui indique qu'il se trouve en position centrale sur l'analyse. Les espèces différentielles du *Genisto-Seslerietum* y sont fréquentes, hormis *Thesium alpinum*, avec une fréquence inférieure à 20% et *Carex ornithopoda*, absent du groupement.

Ce syntaxon est différencié par *Iberis amara* et *Sedum acre*, qui colonisent les dalles xérophiles calcaricoles. On retrouvera d'ailleurs dans le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 un groupement équivalent à *Iberis amara*, sur le calcaire du Bajocien, mais dont le fond floristique est typique du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987.

2.6. La sous-association à *Centaurea scabiosa ss-ass. nov.*

Sept relevés caractérisent ce syntaxon (tableau 11). Pour sa définition au sein de l'alliance du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, on peut se référer à l'A.F.C. présentée sur les figures 4 et 5, qui nous indique que le centre de gravité du groupement est très nettement dans la partie négative de l'axe 2. Les espèces différentielles du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 y sont rares (*Epipactis atrorubens*), voire absentes (*Carex ornithopoda, Sesleria caerulea, Thesium alpinum, Phyteuma tenerum*).

L'A.F.C. partielle fait ressortir que ce groupement est proche de la sous-association à *Thalictrum minus*. Cependant, ils apparaissent ensemble pour des raisons totalement différentes, mais dont les conséquences floristiques sont identiques. La sous-association à *Centaurea scabiosa* est pauvre en espèces du *Genisto-Seslerietum*, car presque tous les relevés de ce syntaxon ont été réalisés dans la région de Toul (Cholloy-Ménihot, Jaulny, Pagney-derrière-Barinnes, Vannes le Châtel et Mécrin). Seul le relevé de Mouilly s'éloigne de ce secteur. L'appauvrissement en espèce du *Genisto-Seslerietum* y est dû à l'éloignement biogéographique du sud de Meuse où ce groupement est abondant.

2.7. La sous-association à *Thalictrum minus ss-ass. nov.*

Quatre relevés permettent de décrire ce syntaxon. Pour la définition de ce groupement au sein de l'alliance du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, on peut se référer à l'A.F.C. présentée sur les figures 4 et 5, qui indique que les relevés de ce syntaxon sont presque tous situés dans le pôle négatif de l'axe 2. Les espèces différentielles de cette sous-association mésophile sont *Knautia arvensis, Thalictrum minus, Medicago lupulina, Senecio jacobaea, Galium mollugo, Campanula glomerata, Brachypodium pinnatum* et *Plantago lanceolata.*

En ce qui concerne la signification écologique de cette sous-association, on se référera au commentaire de la sous-association à *Centaurea scabiosa*, car les deux syntaxons sont assez proches.

Dans le cas de la sous-association à *Thalictrum minus*, l'appauvrissement floristique en taxons du *Genisto-Seslerietum* est plus faible que dans la sous-unité à *Centaurea scabiosa*. Il est induit par la dynamique successionnelle qui fait régresser les espèces xérophiles du *Genisto-Seslerietum*, mais surtout apparaître des espèces mésophiles comme *Knautia arvensis, Plantago lanceolata, Senecio jacobaea, Medicago lupulina, Galium mollugo* ou *Campanula glomerata*, dont les conséquences sur l'analyse sont le passage, dans le pôle négatif de l'axe 2, de presque tous les relevés que l'on y rattache. Ceci entraîne une imbrication des relevés des deux syntaxons, avec cependant des différences floristiques importantes.

2.8. La sous-association typique *ss-ass. nov.*

Douze relevés caractérisent ce syntaxon. Pour sa définition au sein de l'alliance du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, on peut se référer à l'A.F.C. présentée sur les figures 4 et 5, sur lesquelles on constate que son épicentre se trouve dans la partie centrale de l'axe 1 et de l'axe 2. La composition floristique de ce groupement est caractérisée par une richesse moyenne en taxons du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, mais surtout par l'absence des taxons différentiels des autres sous-associations. Seules *Salvia pratensis, Thalictrum minus, Brachypodium pinnatum*, plantes différentielles d'autres sous-associations peuvent s'installer dans ce syntaxon, mais avec une abondance bien inférieure dans sous-association typique.

3. Analyse des spectres biologiques des groupements du *Genisto-Seslerietum*

Comme pour les autres unités du *Mesobromion* lorrain, ce sont les hémicryptophytes qui dominent très largement (figure 23), avec des pourcentages compris entre 65% dans la sous-association ouverte à *Iberis amara,* et 73% pour le groupement mésophile à *Thalictrum minus.* Les syntaxons les plus ouverts (sous-association à *Viola rupestris* et sous-association à *Rumex scutatus*) sont, en effet, plus pauvres en hémicryptophytes que les groupements mésophiles, comme la sous-association *typique* ou la sous-association à *Thalictrum minus* et *Knautia arvensis.* Cette pauvreté relative en hémicryptophytes se fait au profit des thérophytes et des géophytes, dont l'importance est maximale dans les relevés les plus ouverts. Les géophytes ont leur maximum dans la sous-unité à *Iberis amara* et les thérophytes dans celle à *Rumex scutatus.*

Le pourcentage de chaméphytes est sensiblement constant dans les différents syntaxons du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, avec un faible appauvrissement dans le groupement mésophile à *Thalictrum minus* et *Knautia arvensis.* Par contre, il est important de noter qu'aucune phanérophyte n'a été signalée dans les pelouses du *Genisto-Seslerietum.* Ceci se vérifie sur le terrain au niveau des deux sous-associations installées sur des sols non fixés (groupement à *Rumex scutatus* et groupement à *Leontodon hyoseroides*) et pour les trois sous-associations thermo-xérophiles (groupement à *Iberis amara*, groupement à *Viola rupestris* et groupement à *Coronilla minima*). Par contre, les autres syntaxons, moins xérophiles, recèlent parfois quelques jeunes arbustes, comme *Prunus mahaleb, Crataegus monogyna* ou *Prunus spinosa*, par exemple. Les arbustes thermo-xérophiles laté-méditerranéens (*Coronilla emerus, Colutea arborescens*) apparaissent plutôt dans la dynamique successionnelle des pelouses du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987.

4. Description des sous-associations du *Genisto-Seslerietum*

4.1. La sous-association typique *ss-ass. nov.*

4.1.1. Rattachement phytosociologique

Elle se rattache à la sous-alliance xérophile du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957. Les espèces (tableau 14), à affinités montagnardes, caractéristiques de sous-alliance, que l'on rencontre dans ce syntaxon sont *Thesium alpinum, Phyteuma tenerum, Sesleria caerulea, Carex ornithopoda, Epipactis atrorubens* et *Genista pilosa.* Les espèces du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 sont très abondantes, alors que les taxons différentiels de l'*Eu-Mesobromenion*

OBERD. 1957 sont assez rares. Cette sous-association est le syntaxon central du *Genisto-Seslerietum.*

4.1.2. Physionomie et écologie du groupement

Ce groupement est uniquement développé en exposition sud (tableau 14). Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 80% avec des valeurs comprises entre 65% et 100%. C'est une pelouse rase, mais dense, qui s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 45%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 15,58%. C'est un groupement dominé par la Seslérie. La sous-association *typicum*, est caractérisée par l'absence des espèces différentielles des autres syntaxons.

Les espèces qui abondent sont *Sesleria caerulea, Festuca lemanii, Bromus erectus, Teucrium chamaedrys* et *Globularia bisnagarica*, dans certains relevés. Le Brome est abondant dans quelques relevés. Ce groupement central du *Genisto-Seslerietum* ne présente pas un aspect particulier.

4.1.3. Composition floristique

Pour sa comparaison phytosociologique avec les groupements homologues, on se référera au tableau synthétique 44.

Ce groupement a été établi sur l'analyse de 12 relevés (tableau 14). Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 28,6. Le nombre maximal d'espèces rencontrées sur un relevé est de 33, tandis que le relevé le plus pauvre comptait seulement 23 taxons.

Le relevé floristique de Watronville, a une composition floristique très originale, puisque *Linum leonii* est présent, tandis que *Carex humilis* est absent. On note également *Helleborus foetidus, Hieracium murorum, Arabis hirsuta, Hypericum perforatum*, plantes exclusivement ou presque exclusivement rencontrées sur ce relevé.

Dans le cas de la sous-association *typicum*, on constate qu'elle est dépourvue des syntaxons différentiels des autres sous-associations. L'association dépourvue des espèces d'éboulis a été nommée association à *Sesleria caerulea* et *Genista pilosa*, sous-association typique. Elle a été décrite par DUVIGNEAUD *et al.* (1970) à Pagny-la-Blanche-Côte. Nos relevés sont d'ailleurs très proches géographiquement de ceux effectués dans le cadre de l'étude de Duvigneaud.

4.1.4. Synchorologie

C'est la sous-association du *Genisto-Seslerietum* qui a la répartition la plus large. On la retrouve dans le nord de la vallée de Meuse ainsi que dans le sud. Elle est mieux représentée dans le sud de la région, presque toujours sur le calcaire du Rauracien. Le *Genisto-Seslerietum*, sous-association typique, est caractéristique des affleurements du Lusithanien (Calcaire gélif), de la Lorraine mosellane et sur du Bathonien et du Bajocien (sur les faciès à calcaire oolithique) (DURIN *et al.*, 1955). Ceci est en effet le cas sur l'ensemble des observations effectuées pour la typologie.

4.1.5. Evolution dynamique

Ce groupement est très fréquent car il constitue le stade dynamique intermédiaire entre les sous-associations pionnières, liées aux milieux sur dalles (sous-association à *Iberis amara* et sous association à *Coronilla minima*) ou aux éboulis (sous-association à *Leontodon hyoseroides*) et les groupements mésoxérophiles du *Genisto-Seslerietum* (sous-association à *Thalictrum minus* et sous-association à *Centaurea scabiosa*) (voir figures 36, 38, 41 et 44). C'est un groupement dominé par la Seslérie, dont le rôle de stabilisation du milieu a été décrit par DUVIGNEAUD (1970), sur les éboulis de Pagny-la-Blanche-Côte. Cette stabilisation s'accompagne d'une augmentation rapide de la fertilité du milieu, dont les conséquences floristiques sont une augmentation des taxons mésophiles et une diminution des espèces xérophiles et thermophiles.

Ce groupement évolue rarement directement vers un syntaxon ourléifié de *l'Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966. Ce passage se fait en général par un stade transitoire que nous avons décrit, le *Genisto-Seslerietum*, sous-association à *Thalictrum minus*, évolution correspondant à une dynamique successionnelle naturelle de la végétation.

Dans des conditions écologiques sensiblement identiques, le *Genisto-Seslerietum* sous-association typique évolue floristiquement, au fur et à mesure que l'on progresse vers le nord et le nord-est. Il s'appauvrit en espèces du *Genisto-Seslerietum* et devient, au nord de Toul dans des biotopes équivalents, le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 sous-association typique variante à Seslérie. Lorsque l'on entre dans la vallée de la Moselle, la Seslérie disparaît et ce groupement xérophile devient le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 typique variante typique.

4.2. La sous-association à *Viola rupestris ss-ass. nov.*

4.2.1. Rattachement phytosociologique

a) Composition floristique du groupement lorrain

Ce groupement se rattache à la sous-alliance xérophile du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957. Les espèces, à affinités montagnardes, caractéristiques de sous-alliance, que l'on y rencontre et qui permettent ce rattachement sont *Thesium alpinum, Phyteuma tenerum, Sesleria caerulea, Carex ornithopoda, Epipactis atrorubens* et *Genista pilosa* (tableau 13). Les espèces du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 y sont très abondantes, tandis que les taxons caractéristiques de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 et du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 y sont absents.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Pour la comparaison phytosociologique de ce groupement avec ceux décrits dans d'autres régions, on se référera au tableau synthétique 46.

Sa composition floristique est proche du *Violo rupestris-Seslerietum* ROYER (71) 73. Le *Violo rupestris-Seslerietum*, groupement riche en espèces montagnardes, se trouve à la limite entre le *Mesobromion* et le *Xerobromion*. Cependant, dans notre région, les espèces xérophiles des *Sedo-Scleranthetea* et du *Xerobromion*, qui composent habituellement une partie de ce groupement, sont absentes ou presque (*Carex hallerana, Euphrasia salisburgiensis,*

Helianthemum apenninum, Helianthemum canum, Coronilla minima, Fumana procumbens, Ptychotis saxifraga et *Allium sphaerocephalon)*. Sur ce point, le *Seslerio-Violetum rupestri* subass. *typicum*, décrit par ROYER (1973) est beaucoup plus riche que le *Violo-Seslerietum*, décrit par DIDIER *et al.*, en 1989. On peut donc penser qu'il s'agit d'une variante moins xérophile de cette association de Bourgogne et de la vallée de la Suze. Parallèlement à cela, certaines espèces mésophiles du *Geranion* (*Thymus praecox, Bupleurum falcatum, Stachys recta* et *Vincetoxicum hirundinaria*) sont plus abondantes en Lorraine. L'Analyse Factorielle des Correspondances (figure 14), réalisée à partir des relevés de ROYER (1973) du *Seslerio-Violetum rupestri* subass. *typicum.* permet de confirmer que les relevés à *Viola rupestris* de Lorraine doivent être rattachés au *Genisto-Seslerietum* et non au *Seslerio-Violetum rupestris.*

Dans le Jura français, deux groupements végétaux recèlent *Viola rupestris*. Le premier, le *Calamagrostio-Molinietum littoralis* est très riche en espèces du *Molinion* (*Carex panicea, Cirsium tuberosum*, etc..). Le groupement lorrain en est donc très nettement éloigné. Quant au second, le *Koelerio-Seslerietum typicum*, il est fortement imprégné de taxons montagnards (*Gentiana lutea, Globularia cordifolia, Carduus defloratus, Valeriana montana*, par exemple), qui font que le groupement lorrain se distingue assez nettement de ce groupement jurassien. Ceci bien qu'en Lorraine, cette sous-association soit également sous influence montagnarde, mais de manière beaucoup moins prononcée.

Deux associations végétales de Bourgogne sont relativement proches de la sous-association à *Viola rupestris* du *Genisto-Seslerietum*. La première est le *Seslerio-Violetum rupestris* sous-association *typicum*, dont nous utiliserons la description donnée par ROYER (1973). L'association bourguignonne est très riche en espèces du *Xerobromion*, comme par exemple *Phyteuma tenerum, Carex hallerana, Euphrasia salisburgiensis, Helianthemum apenninum, Coronilla minima*, etc. En Lorraine, seul *Phyteuma tenerum* est encore présent. Le groupement lorrain est donc beaucoup moins xero-thermophile que la *Seslerio-Violetum rupestri* sous-association *typicum* de Bourgogne. L'A.F.C. partielle, réalisée en intégrant les relevés du *Genisto-Seslerietum* lorrain et les relevés de l'association bourguignonne ne laisse aucun doute quant au rattachement des deux relevés au *Genisto-Seslerietum.*

Le second groupement décrit par ROYER (1973) en Bourgogne est le *Bromo-Festucetum burgundense* subass. à *Carex ornithopoda*, qui est beaucoup plus pauvre en taxons du *Xerobromion* que le précédent. En revanche, on y retrouve, avec des fréquences élevées, des espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea (Leontodon hispidus, Lotus corniculatus, Achillea millefolium*), ainsi que des espèces appartenant à d'autres unités (*Hippocrepis comosa, Gymnadenia conopsea, Genista tinctoria, Koeleria pyramidata, Cytisus decumbens, Brachypodium pinnatum*, etc..) qui ne sont pas présentes dans le *Genisto-Seslerietum* subass. à *Viola rupestris* (sauf *Leontodon hispidus*). Parallèlement à cela, quelques espèces mésophiles du *Geranion sanguinei* (*Stachys recta* et *Vincetoxicum hurundinaria*), *Sesleria caerulea, Linum catharticum, Thesium alpinum, Euphrasia stricta, Epipactis atrorubens*, etc. sont beaucoup plus abondantes en Lorraine. L'ensemble de ces remarques nous obligent à distinguer le *Genisto-Seslerietum* sub. ass. à *Viola rupestris* du *Bromo-Festucetum burgundense* subass. à *Carex ornithopoda.*

Enfin, ROYER (1989) a décrit le *Violo-Seslerietum* dans la vallée de la Suze. Ce syntaxon est plus riche en taxon du *Xerobromion* que le *Genisto-Seslerietum* sub. ass. à *Viola rupestris* (*Carex hallerana, Helianthemum apenninum* et *Helianthemum canum*). Parallèlement à cela, le groupement lorrain est plus riche en espèces mésophiles des *Agrostio-Arrhenatheretea* (*Lotus corniculatus*), des *Trifolio-Geranietea* (*Bupleurum falcatum, Stachys recta, Vincetoxicum*

hirundinaria). Enfin, les espèces des *Seslerietea* sont plus abondantes en Lorraine (*Carex ornithopoda, Sesleria caerulea* et *Thesium alpinum*). Le *Violo-Seslerietum* de la vallée de la Suze est donc un groupement plus xérophile, assez proche du *Xerobromion*, tandis que le *Genisto-Seslerietum* sub. ass. à *Viola rupestris* est un groupement plus mésophile.

4.2.2. Physionomie et écologie du groupement

C'est un groupement dont le recouvrement herbacé est compris entre 70 et 75% (tableau 13). C'est une pelouse assez dense et rase. Elle s'installe sur des pentes douces, comprises entre 7 et 15%, en exposition Nord-Ouest ou Sud. C'est un groupement relativement ouvert, très largement dominé par la Seslérie (recouvrement supérieur à 25%), et dans une moindre mesure par *Carex humilis*. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition, mais nous ne disposons que de deux individus de sous-association dans notre région.

4.2.3. Composition floristique

L'A.F.C. montre assez nettement son originalité. Les espèces du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 sont très abondantes, tandis que les espèces différentielles des autres groupements entrant dans cette sous-alliance, sont absentes. Il est presque complètement dépourvu d'espèces mésophiles ou mésoxérophiles (*Dactylis glomerata, Helianthemum nummularium, Salvia pratensis, Hippocrepis comosa, Hypericum perforatum*, etc.), tandis qu'on les rencontre dans les autres groupements du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957.

Elle est presque uniquement localisée sur les pentes à déclivité marquée, surtout crayeuses, et forme des peuplements étendus. Sur les pentes moins fortes, la Seslérie est en compétition avec d'autres graminées sociales (MAUBERT *et al.*, 1994). La Seslérie aime les sols dépourvus d'humus, ce qui explique sa localisation dans ces pentes raides.

Viola rupestris est le taxon qui différencie ce groupement. Il est fréquent en Bourgogne et dans la montagne châtillonnaise (PARENT, 1979). En Lorraine, il n'est présent que sur deux pelouses. Cette espèce est d'ailleurs protégée au niveau régional.

4.2.4. Synchorologie

Le groupement à *Viola rupestris* est présent en Lorraine de manière très sporadique. Il y trouve sa limite septentrionale de répartition. Deux stations sont connues à l'heure actuelle (HOEFLER & PARENT, 1993). Le *Violo rupestris-Seslerietum* bourguignon est installé sur le calcaire du Rauracien. Il en est de même du *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Viola rupestris*. En Bourgogne, le *Violo rupestris-Seslerietum* est assez rare. Il serait lié à une rendzine dérivée d'un calcaire oolithique (ROYER, 1981). Le *Genisto-Seslerietum*, sous-association à *Viola rupestris* est uniquement présent à Génicourt sur Meuse et à Saint-Mihiel. Il est probable que ce groupement existe dans d'autres secteurs du sud meusien, mais la floraison très précoce (en mars) de *Viola rupestris* entraine, sans doute, une méconnaissance de sa répartition.

4.2.5. Evolution dynamique

Le *Genisto-Seslerietum*, sous-association à *Viola rupestris* est très lié au *Genisto-Seslerietum* variante typique dont il constitue une variante plus xérophile. On constate non loin des stations de *Viola rupestris*, la présence de pins noirs. HOEFLER et PARENT (1993) avaient

déjà remarqué que les stations de *Viola rupestris*, en Lorraine, comme dans la Marne, sont souvent liées à la présence de ce conifère introduit. En Bourgogne, la dynamique successionnelle de la végétation aboutit à la fermeture du milieu, et permet le passage du *Violo rupestris-Seslerietum* au *Genisto-Seslerietum*. Il en est de même en Lorraine entre la sous-association à *Viola rupestris* et la sous-association typique. On peut penser, au vu de la position des relevés sur ces deux pelouses, qu'il est également possible qu'une transition directe vers le *Genisto-Seslerietum*, sous-association à *Thalictrum minus*, soit faisable car l'ombrage des pins noirs accélère considérablement la fermeture du milieu.

4.3. La sous-association à *Coronilla minima* ss-ass. nov.

4.3.1. Rattachement phytosociologique

Le *Genisto-Seslerietum*, sous-association à *Coronilla minima*, que nous avons identifié, est proche au niveau physionomique du faciès à *Carex hallerana* du *Genisto-Seslerietum* décrit par DUVIGNEAUD *et al.* (1970) à Pagny-la-Blanche-Côte. Ce groupement (tableau 9) fait la transition vers le *Seslerio-Xerobromenion*, car il est infiltré de taxons caractéristiques du *Xerobromion* (tableau 9). On observe des faciès ras à *Carex humilis* et *Coronilla minima* (Dompcevrin et Pagny la Blanche-Côte) (DURIN & MULLENDERS, 1957). DUVIGNEAUD *et al.* (1970) décrivent également dans le *Genisto-Seslerietum*, un faciès à *Carex hallerana*, installé sur les affleurements rocheux. Nous pouvons également, au vu de nos tableaux phytosociologiques (tableau 2), mettre en évidence la présence d'un tel groupement. Cependant, au moins sur le site où DUVIGNEAUD (1970) a décrit ce faciès, seuls *Carex hallerana* et *Coronilla minima* doivent être retenus, car nous n'avons pas rencontré *Fumana procumbens* dans nos relevés. Ce dernier est installé sur les affleurements rocheux tout proches. Nous pouvons également mettre en évidence la présence d'un tel faciès xérophile et thermophile. Nous préférons donc regrouper les deux relevés de Pagny-la-blanche-Côte et le relevé de Dompcevrin dans la sous-association à *Coronilla minima* qui permet de tenir compte de la présence de *Coronilla minima* sur les deux sites où le syntaxon est présent. Aussi, dans un souci de clarté, nous avons préféré choisir *Coronilla minima* pour l'identifier plutôt que de reprendre *Carex hallerana*.

4.3.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 68% (tableau 9), avec des valeurs comprises entre 50% et 75%. C'est une pelouse rase et très ouverte. Elle s'installe sur des pentes comprises entre 10 et 30%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 17%. On le retrouve donc sur des pentes plus faibles que la plupart des autres sous-associations du *Genisto-Seslerietum*. La sous-association *coronietosum* est liée à des affleurements rocheux. *Globularia bisnagarica* peut former des faciès, comme c'est le cas à Domgermain et Chauvoncourt.

Les espèces qui abondent sont *Sesleria caerulea, Festuca lemanii, Teucrium montanum.* C'est un groupement dominé par la Seslérie, dont le rôle de stabilisation du milieu a été décrit par DUVIGNEAUD *et al.* (1970) à Pagny-la-Blanche-Côte. Plusieurs variantes peuvent être distinguées en fonction de l'ouverture du milieu. Ce groupement présente un aspect particulier à la fin du printemps, par le développement et la floraison jaune de *Coronilla minima*. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition. Certains arbustes xérophiles peuvent se

développer dans ce type de milieu. C'est le cas, notamment, de *Prunus mahaleb, Crataegus monogyna, Juniperus communis.*

4.3.3. Composition floristique

Elle a été établie sur la base de l'analyse de 5 relevés (tableau 9). Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 28,6. Le nombre maximal d'espèces rencontrées sur un relevé est de 35, tandis que le relevé le plus pauvre comptait seulement 22 espèces.

Les espèces les plus fréquentes du groupement sont *Sesleria caerulea, Genista pilosa, Coronilla minima, Festuca lemanii, Bromus erectus, Hippocrepis comosa, Carex flacca, Thymus praecox, Teucrium montanum, Carex humilis, Hieracium pilosella* et *Linum catharticum. Carex hallerana,* qui n'est pas très fréquente dans ce groupement, *Coronilla minima* et *Fumana procumbens*, situés non loin de nos relevés à la Côte-sous-la-Praye, sont des espèces caractéristiques du *Xerobromion*, qui, en Lorraine, sont en dehors de leur optimum écologique. Néanmoins, dans le cas de *Coronilla minima*, sur la base des relevés floristiques, mais surtout de l'A.F.C. (figures 4 et 5), on peut l'identifier grâce à ce taxon.

Les espèces des *Festuco-Brometea*, des *Brometalia* et du *Mesobromion* dominent largement le groupement. Les espèces des milieux mésophiles et eutrophes sont très rares. Il en est de même des plantes des *Agrostio-Arrhenatheretea*, où seules *Lotus corniculatus* et *Leontodon hispidus* atteignent une fréquence supérieure à 20%.

4.3.4. Synchorologie

Compte tenu de sa composition floristique riche en espèces xérophiles, c'est un groupement du sud lorrain. On ne le retrouve pas dans la vallée de la Moselle, ni sur les substrats marneux. Il est strictement inféodé au calcaire meusien du Rauracien, au sud de Verdun. Il n'est véritablement bien développé qu'à Pagny-la-Blanche-Côte et à Chauvoncourt, où il couvre des surfaces de plusieurs ares. Il est probable qu'au nord de Chauvoncourt, où *Coronilla minima* est absente, la sous-association à *Iberis amara*, constitue un biotope à peu près semblable.

Les espèces les plus xérophiles de Lorraine, dont fait partie *Coronilla minima*, sont au contact direct des voies de migrations (PARENT, 1979). C'est le cas de *Coronilla minima,* qui est inféodé à la vallée de la Meuse. Les trois stations connues de cette plante en Lorraine entrent dans ce groupement. La station la plus septentrionale de cette plante est Chauvoncourt, au nord de Saint Mihiel, à moins d'un kilomètre du lit de la Meuse.

4.3.5. Evolution dynamique

Ce groupement, lié aux affleurements rocheux (voir figures 38 et 41), est dynamiquement proche des pelouses du *Genisto-Seslerietum typicum.* Le passage d'une sous-association à l'autre semble assez lent, car la colonisation par la Seslérie y est faible sur ces aplombs rocheux. Il est fort probable, surtout à la Côte sous la Praye que le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Coronilla minima* soit stable depuis une longue période. Ceci n'est pas le cas à Chauvoncourt (voir figure 41) où il semble que *Coronilla minima* soit plus menacé par la colonisation de la Seslérie, ce qui entraîne une évolution directe du *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Coronilla minima* à la sous-association mésophile à *Thalictrum minus.* Sur cette pelouse, nous

avons même observé un appauvrissement floristique plus drastique qui permet le passage direct au *Festuco lemanii-Brometum* sous-association typique variante à *Sesleria caerulea* (figure 41). Quant aux arbustes, leur ombrage peut faire disparaître les taxons les plus xérophiles. Nous avons observé très peu de germinations et quasiment aucun arbuste adulte dans ce groupement. Ce milieu ne semble donc pas menacé par la dynamique successionnelle, à court terme à la Côte sous-la-Praye, et à moyen terme à Chauvoncourt.

4.4. La sous-association à *Iberis amara* ss-ass. nov.

4.4.1. Rattachement phytosociologique

Pour la comparaison phytosociologique de ce groupement à ceux décrits dans d'autres régions, on se référera au tableau synthétique 44. Ce groupement (tableau 7) entre dans le *Genisto-Seslerietum*, dont il constitue un pôle thermoxérophile, riche en espèces xérophiles des *Sedo-Scleranthetea.*

Son cortège floristique a déjà été décrit par DUVIGNEAUD *et al.*, en 1970, sous le nom de *Genisto-Seslerietum* sous-association *iberidetosum*, dans son étude sur les pelouses de Pagny-la-Blanche-Côte. Dans le cas de la sous-association *iberidetosum*, DUVIGNEAUD *et al.*, (1970) distingue à la Tête des rousseaux, un faciès à *Thlaspi montanum*, correspondant à une pelouse rase riche en thérophytes. Compte tenu de la composition floristique de ce groupement, il serait préférable de nommer ce faciès *iberidetosum*, plutôt qu'à *Thlaspi montanum*, car, *Iberis amara* est présente à l'échelle de la Lorraine dans tous les relevés de cette sous-association. *Cytisus decumbens*, présent dans la moitié des relevés de l'ensemble floristique, y a son optimum écologique, mais cette espèce, présente dans un grand nombre de syntaxons, ne peut être utilisée pour le caractériser.

4.4.2. Physionomie et écologie du groupement

On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition. Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 57,5%, avec des valeurs comprises entre 40% à Dieue sur Meuse et 80% à Domgermain (tableau 7). C'est une pelouse très rase. C'est l'un des groupements les plus ouverts de *Genisto-Seslerietum*, ce qui explique qu'il soit fortement infiltré de taxons des *Sedo-Scleranthetea.* Il s'installe sur des pentes comprises entre 5% à Troyon et 20% à Mecrin, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 13,3%, ce qui constitue une valeur moyenne si l'on considère l'ensemble des syntaxons de l'association. Les espèces qui abondent sont *Teucrium chamaedrys, Teucrium montanum* et *Hippocrepis comosa.* A Dompcevrin, *Sesleria caerulea* peut former un faciès, en compagnie de *Genista pilosa* et *Brachypodium pinnatum.*

Ce syntaxon couvre généralement des surfaces assez faibles, ce qui explique la forme irrégulière des relevés afin de conserver l'homogénéité floristique. Ceci explique que la surface du relevé n'a atteint 25 m^2 que sur la pelouse de Mécrin, où les travaux de la carrière ont permis à cette pelouse de se développer sur une grande surface. Sur les autres sites (Dieue, Génicourt, par exemple) le relevé a été fait sur moins de 20 m^2.

Il présente un aspect très particulier à la fin du mois de mai, par le développement et la floraison blanc rosé d'*Iberis amara.* Certains arbustes peuvent se développer directement dans ce

type de milieu. C'est le cas, notamment, de *Prunus spinosa, Crataegus monogyna* et *Prunus mahaleb*.

4.4.3. Composition floristique

Elle a été établie à partir de l'analyse de 7 relevés. Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 26,17. Le nombre maximal d'espèces rencontrées sur un relevé est de 32 à Dieue-sur-Meuse, tandis que le relevé le plus pauvre comptait seulement 24 espèces (Troyon et Dompcevrin). Ceci indique qu'il est riche en espèces, ce qui n'est pas étonnant quand on sait qu'on le retrouve presque uniquement dans le sud de la région et que les pelouses méridionales sont beaucoup plus riches en espèces que celles que l'on retrouve au nord de Nancy.

Les espèces à hautes fréquences sont *Sesleria caerulea, Iberis amara, Epipactis atrorubens, Festuca lemanii, Bromus erectus, Hippocrepis comosa, Globularia bisnagarica, Seseli montanum, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Teucrium montanum, Linum tenuifolium, Sanguisorba minor, thymus praecox, Carex flacca, Carex humilis, Asperula cynanchica, Briza media, Euphorbia cyparissias, Hieracium pilosella, Linum catharticum* et *Teucrium chamaedrys*.

4.4.5. Synchorologie

Ce syntaxon existe uniquement dans la vallée de la Meuse, entre Verdun et Saint-Mihiel. Nous ne l'avons pas retrouvé dans les parties plus méridionales, ce qui est étonnant car les conditions requises pour qu'il se développe, se retrouvent aussi dans ce secteur. Il est possible que ce milieu constitue, en quelque sorte, un groupement appauvri, moins thermophile, du groupement à *Coronilla minima* (où *Iberis amara* atteint une fréquence de presque 40%). Il n'est donc pas exclu de penser que ces deux unités, manifestement très proches floristiquement, soient en fait deux variantes d'un même groupement sur dalles, dont le groupement à *Coronilla minima* serait la variante méridionale, xérophile et le syntaxon à *Iberis amara*, la variante septentrionale, moins xérophile, et surtout dépourvue de taxons de *Xerobromion*. Cependant, au vu des A.F.C., nous préférons conserver deux sous-associations distinctes.

4.4.6. Evolution dynamique

Ce groupement très ouvert est pionnier (figure 44). Il évolue très lentement par colonisation de la Seslérie sur les dalles massives et il évolue plus rapidement sur les sols rocailleux composés d'éléments plus fragmentés, dans lesquels la germination et le développement des rhizomes de la Seslérie sont plus faciles. Ceci provoque la disparition de la plupart des taxons des *Sedo-Scleranthetea* et un passage progressif de la sous-association à *Iberis amara* à la sous-association typique du *Genisto-Seslerietum*. Le passage est plus rapide que dans le cas de la variante à *Coronilla minima*. Cependant, il n'est pas exceptionnel de voir de jeunes plants de *Crataegus monogyna* ou de *Prunus mahaleb* parsemer ce groupement. Ce sont, en effet, les graminées, essentiellement la Seslérie et *Festuca lemanii*, qui contribuent le plus efficacement à la fermeture du milieu.

4.5. La sous-association à *Leontodon hyoseroides* ss-ass. nov.

4.5.1. Rattachement phytosociologique

a) Composition floristique du groupement lorrain

Pour sa comparaison phytosociologique avec les groupements homologues, on se référera au tableau synthétique 48. Dans le cas de la sous-association *leontetosum*, qui est floristiquement très proche, DUVIGNEAUD (1970), fait entrer les relevés de Dompcevrin dans l'*Iberidetum violletii*, où il considère que l'association y est fragmentaire. Il note dans ces relevés *Leontodon hyoseroides* var. *hyoseroides*, *Leontodon hyoseroides* var. *pseudocrispus*, *Galium timeroyi* et *Iberis amara*. Dans nos relevés, nous n'avons rencontré que *Leontodon hyoseroides* var. *hyoseroides* (tableau 8) et nous préférons, au vu de l'A.F.C., rattacher ce groupement végétal entre les associations d'éboulis mobiles et les associations de pelouses sèches du *Genisto-Seslerietum*, dans une sous-association particulière à *Leontodon hyoseroides*. Ceci démontre que ces deux syntaxons sont très proches écologiquement et très liés dans la dynamique successionnelle de la végétation.

Parmi les espèces que ROYER (1973) considère comme caractéristiques du *Leontodontion hyoseroides* DUVIGNEAUD *et al.* 70, (*Iberis violletii*, *Leontodon hyoseroides* et *Galium fleurotii)*, seul *Leontodon hyoseroides* se maintient dans cette pelouse du *Genisto-Seslerietum*. Enfin, on trouve un lot d'espèces à plus large amplitude écologique, trouvant leur optimum dans d'autres unités, mais que l'on retrouve assez fréquemment dans les éboulis: ce sont *Erysimum odoratum*, *Geranium robertianum*, *Thlaspi montanum* (rare dans la région), *Polygonatum officinale*, *Reseda lutea*, *Helleborus foetidus* et *Chaenorrhinum minus*. On pourra y ajouter *Vincetoxicum officinale* que nous rencontrons très souvent dans ce genre de milieu (Pagny-la-Blanche-Côte). La plupart de ces espèces se rencontrent également dans les groupements sur dalles (*Erysimum odoratum*, *Geranium robertianum*, *Reseda lutea*), d'autres dans les cultures (*Chaenorrhinum minus*, *Reseda lutea*), d'autres enfin dans les ourlets (*Helleborus foetidus* et *Vincetoxicum officinale*). Pour ces deux derniers taxons, leur présence dans les éboulis est remarquable car les ourlets sont des biotopes très différents des éboulis, tandis que les cultures ou les dalles sont assez proches des éboulis. C'est la présence d'un système souterrain puissant qui explique leurs présences dans ce milieu très sélectif au niveau du sol.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Le *Genisto-Seslerietum* sous association à *Leontodon hyoseroides* se rapproche de quatre groupements se développant dans des régions voisines, la Bourgogne, le Jura et la partie septentrionale de la Champagne crayeuse. Les taxons inféodés aux éboulis mobiles calcaires sont présents, à des fréquences différentes, dans ces unités phytosociologiques (*Leontodon hyoseroides* subsp. *hyoseroides*, *Silene vulgaris* subsp. *bosniaca*, *Galium timeroyi* et *Iberis durandii*).

Les deux premiers, de Bourgogne, ont été décrits par ROYER (1973). Le premier, le *Seslerio-Violetum rupestri* subass. *typicum*, est très riche en espèces du *Xerobromion* (*Euphrasia salisburgiensis*, *Phyteuma tenerum*, *Carex hallerana*, *Coronilla minima*, *Fumana procumbens*, *Helianthemum canum*, par exemple). Les espèces des *Seslerietea* y sont plus abondantes que

dans le groupement lorrain, notamment *Sesleria caerulea* et *Viola rupestris*. Des différences floristiques (voir tableau 48) existent également au niveau des espèces des *Brometalia*, des *Festuco-Brometea* et du *Mesobromion*, mais ce sont surtout la xérophilie plus prononcée et une influence montagnarde plus nette qui obligent à distinguer le *Genisto-Seslerietum* subass. à *Leontodon hyoseroides* du *Seslerio Violetum rupestri* subass. *typicum* de Bourgogne.

Le *Seslerio-Violetum* subass. mésophile est également beaucoup plus riche en espèces du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 (*Carex ornithopoda, Sesleria caerulea, Thesium alpinum* et *Viola rupestris*) et du *Xerobromion* (*Euphrasia salisburgiensis, Carex hallerana, Phyteuma tenerum* et *Coronilla minima*). Les espèces des éboulis mobiles y sont plus nombreuses, tandis que les espèces des *Brometalia* (*Bromus erectus, Seseli montanum, Carex caryophyllea*, par exemple), des *Festuco-Brometea* (*Salvia pratensis, Arabis hirsuta, Eryngium campestre*, par exemple) y sont plus nombreuses. Ce groupement est moins xérophile que le *Seslerio-Violetum rupestri* subass. *typicum*, il est également plus proche du *Genisto-Seslerietum* subass. à *Leontodon hyoseroides*. Mais sa plus grande richesse en espèces des *Festuco-Brometea*, sa pauvreté en espèces du *Xerobromion*, des *Seslerietea* et des éboulis mobiles calcicoles nous obligent à distinguer les deux unités phytosociologiques.

En ce qui concerne le *Koelerio-Seslerietum silenetosum*, décrit par ROYER (1987), dans le Jura français, les espèces des éboulis mobiles permettent d'escompter une certaine parenté avec le *Genisto-Seslerietum* subass. à *Leontodon hyoseroides* de Lorraine. Cependant, le groupement jurassien est beaucoup plus pauvre en espèces des *Brometalia* (*Globularia bisnagarica, Pulsatilla vulgaris, Bromus erectus, Seseli montanum*, par exemple), du *Mesobromion (Primula veris, Euphrasia stricta, Ophrys fuciflora, Anacamptis pyramidalis*, par exemple) et des *Festuco-Brometea* (*Eryngium campestre, Arabis hirsuta, Salvia pratensis*, par exemple). En revanche, les espèces des *Origanetalia* (*Laserpitium latifolium, Origanum vulgare, Coronilla emerus* ou encore *Sorbus aria*), sont plus abondantes dans le groupement jurassien. Quant à *Currania robertiana, Scabiosa lucida, Festuca patzkei* et *Hieracium lucidum*, ce sont également des espèces différentielles du groupement jurassien. Aussi, compte tenu de ces différences floristiques importantes, nous distinguerons ces deux unités phytosociologiques.

Enfin, le *Genisto-Seslerietum* subass. à *Leontodon hyoseroides* de Lorraine a quelques parentés avec le *Teucrio-Galietum fleurotii* de la partie septentrionale de la Champagne crayeuse décrit par DUVIGNEAUD (1965). Les différences floristiques portent essentiellement sur la richesse en espèces de pelouses, qui sont très peu représentées dans le groupement champenois. On pourra citer à titre d'exemple *Teucrium montanum, Briza media, Potentilla neumanniana, Ophrys fuciflora, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria* et *Pulsatilla vulgaris*. Les espèces montagnardes et les espèces thermo-xérophiles du *Xerobromion* et des *Seslerietea* ne sont pas dominantes du groupement champenois. Aussi, au vu du tableau synthétique à notre disposition (tableau 48), le groupement décrit par DUVIGNEAUD (1965) correspond à un stade plus pionnier que celui que nous avons étudié en Lorraine. Nous devons donc distinguer ces deux unités phytosociologiques.

Ce groupement lorrain ne peut donc être rattaché à aucun groupement présenté dans ce travail. Il est donc bien une sous-association particulière du *Genisto-Seslerietum*.

4.5.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 64%, avec des valeurs

comprises entre 50% et 75% (tableau 8). C'est une pelouse rase très ouverte, qui s'installe sur des pentes comprises entre 20 et 30%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 24%. Les espèces qui abondent sont *Teucrium chamaedrys*, *Genista pilosa* et surtout *Sesleria caerulea*, qui dépasse parfois les 50% de recouvrement. Seul *Salvia pratensis* peut former faciès, comme c'est le cas à Ourches et à la Côte-sous-la-Praye. On ne retrouve pas ce groupement végétal sur des pentes faibles, inférieures à 20%. La sous-association à *Leontodon hyoseroides* est, en effet, liée à des milieux mobiles en fin de stabilisation.

Il présente un aspect particulier à la fin de l'été, à cause de sa forte surface nue, couverte de fragments de roche calcaire du Rauracien et surtout du développement et la floraison de *Leontodon hyoseroides* subsp. *hyoseroides*. C'est un groupement très lié à l'exposition sud ou au sud-ouest. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition.

4.5.3. Composition floristique

Ce groupement a été établi à partir de l'analyse de 5 relevés (tableau 8). Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 30,4. Le nombre maximal d'espèces rencontrées sur un relevé est, à la Côte-sous-la-Praye, de 36 taxons sur 25 m^2, tandis que le relevé le plus pauvre comptait seulement 26 espèces à Ourches sur la même surface.

Les espèces de haute fréquence de cette unité phytosociologique sont *Sesleria caerulea*, *Genista pilosa*, *Leontodon hyoseroides* subsp. *hyoseroides*, *Festuca lemanii*, *Bromus erectus*, *Hippocrepis comosa*, *Sanguisorba minor*, *Briza media*, *Carex flacca*, *Carex humilis*, *Potentilla neumanniana*, *Carlina vulgaris*, *Brachypodium pinnatum*, *Salvia pratensis*, *Teucrium chamaedrys*, *Bupleurum falcatum* et *Hieracium pilosella*. Hormis *Brachypodium pinnatum*, les autres espèces sont de bonnes indicatrices de milieux héliophiles et xérophiles.

4.5.4. Synchorologie

C'est un groupement lié au calcaire de Meuse, le Rauracien. Il dérive dynamiquement des éboulis mobiles à *Leontodon hyoseroides*, qu'on retrouve, en Lorraine, uniquement sur quatre pelouses, la Côte sous-la-Praye, Pagny-la-Blanche-Côte, Chauvoncourt et dans un faciès très appauvri à Ourches. Cette sous-association ne peut se retrouver que sur ces pelouses.

4.5.5. Evolution dynamique

Les pelouses déalpines du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 succèdent le plus souvent tant en Bourgogne (ROYER, 1973) qu'en domaine atlantique à des éboulis mobiles du *Leontodontion hyoseroidis* J Duvigneaud *et al.* 1970, à l'exception cependant du *Teucrio-Galietum fleurotii* J. Duv. 1965 champenois qui précède une pelouse du *Mesobromenion*, le *Lino leonii-Festucetum lemanii* (BOULLET, 1986). En Lorraine, le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Leontodon hyoseroides* est un groupement de transition. La dynamique spontanée des éboulis calcicoles à *Iberis violettii* semble très lente. Mais la comparaison des clichés de DUVIGNEAUD (1970) avec ceux que nous avons réalisés sur la Blanche-Côte montre une colonisation rapide par les *Pinus nigra ssp. austriaca* et *Prunus mahaleb*. Ceci est d'autant plus important qu'il est admis que les éboulis mobiles de Pagny-la-Blanche-Côte ne sont pas boisés depuis la dernière glaciation du Würm. Les pelouses à *Leontodon hyoseroides* évoluent, dans un

premier temps, vers les pelouses à *Iberis amara* du *Genisto-Seslerietum* par colonisation de la Seslérie.

Dans certains cas, on passe directement de milieux xérophiles ouverts à un stade préforestier par implantation progressive de buissons (*Prunus spinosa, Crataegus monogyna* et *Prunus mahaleb*, le plus souvent) et d'arbres isolés (*Salix caprea, Betula verrucosa*). Ceci avait déjà été démontré par DUVIGNEAUD (1970) qui indique les liens possibles entre ce groupement et les éboulis mobiles de l'*Ibiridetum violletii*. Puis, lorsque la stabilisation est complète, la disparition de *Leontodon hyoseroides* et la modification du cortège floristique entraînent le passage de ce syntaxon à la sous-association typique du *Genisto-Seslerietum* dans la plupart des cas (voir figure 38).

4.6. La sous-association à *Centaurea scabiosa ss-ass. nov.*

4.6.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique avec les groupements homologues, on se référera au tableau synthétique 44. Ce groupement végétal se rattache à la sous-alliance xérophile du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957. Il est intermédiaire, au niveau floristique, entre le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 et le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 (figure 10). Le cortège floristique typique du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 est accompagné, dans presque tous les syntaxons du *Genisto-Seslerietum*, des espèces différentielles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987. Mais dans cette combinaison floristique, les espèces des deux sous-alliances sont imbriquées à des niveaux équivalents. Aussi, on rattachera le groupement végétal au *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, dont il constitue une variante appauvrie, intermédiaire avec le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987.

Une variante à *Gymnadenia conopsea* du *Genisto-Seslerietum*, avait été décrite par DUVIGNEAUD (1970). Elle marquait une tendance vers le *Mesobromion* et indique des formes de passage vers le *Mesobromion*, soit à cause d'une exposition plus froide, d'un sol plus rétentif en eau, soit de pentes moins fortes. L'écologie du groupement décrit par DUVIGNEAUD est proche de celui que nous avons identifié. Comme nous le verrons plus bas dans le texte, il semblerait que ce syntaxon mésophile se rapporte plutôt du *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Thalictrum minus*.

4.6.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée (tableau 11) est en moyenne de 70,7%, avec des valeurs comprises entre 50 et 95%. C'est une pelouse assez rase, dans laquelle abondent *Bromus erectus, Festuca lemanii, Hippocrepis comosa* et *Hieracium pilosella*. Seul *Ononis natrix* peut former un faciès, comme on l'observe à Cholloy-Ménihot. C'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 10 et 20%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 15,7%.

4.6.3. Composition floristique

Il a été établi sur l'analyse de 7 relevés. Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 21,9 avec un maximum à Mouilly (25 espèces) et un miminum à Mécrin (18 espèces). Les espèces caractéristiques de ce groupement sont *Euphrasia stricta, Polygala amara, Genista*

pilosa, Carex humilis. Les espèces à haute fréquence qui le composent sont *Briza media, Bromus erectus, Carex flacca, Cirsium acaule, Festuca lemanii, Hippocrepis comosa, Linum catharticum, Potentilla neumanniana, Sanguisorba minor* et *Thymus praecox.*

4.6.4. Synchorologie

Il n'a la même répartition que la sous-association typique, il remonte dans la vallée de la Moselle. Il est bien représenté dans le Toulois. On le retrouve à partir de Saint-Mihiel dans la vallée de la Meuse, tandis que l'autre descend beaucoup plus vers le sud. Il est lié au calcaire oolithique du Rauracien.

4.6.5. Evolution dynamique

Le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Centaurea scabiosa*, est un des deux syntaxons mésophiles du *Genisto-Seslerietum.* Nous pouvons remarquer que la variante à *Gymnadenia conopsea*, qui avait été décrite par DUVIGNEAUD (1970), est, semble-t-il équivalente au niveau écologique. Malheureusement, nous n'avons pas les tableaux phytosociologiques de DUVIGNEAUD *et al.* (1970), ce qui empêche toute comparaison floristique.

Le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Centaurea scabiosa* provient de la fermeture, par la colonisation des graminées (*Sesleria caerulea, Bromus erectus* et *Festuca lemanii*), du *Genisto-Seslerietum* sous-association typique (figures 38 et 44). Quand on monte vers le nord de la région, la dynamique successionnelle ne permet pas l'apparition de la sous-association à *Centaurea scabiosa.* Plus souvent, le *Genisto-Seslerietum* sous-association typique évolue directement vers le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 sous-association typique, variante à *Sesleria caerulea.* Ceci s'observe, par exemple, dans le toulois, au plateau d'Ecrouves et à la Côte Barines.

4.7. La sous-association à *Thalictrum minus ss-ass. nov.*

4.7.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique avec les groupements homologues, on se référera au tableau synthétique 44.

a) Composition floristique du groupement lorrain

Dans le cas de la sous-association à *Thalictrum minus* (tableau 10), des espèces des *Origanetalia* (*Securigera varia, Galium mollugo, Thalictrum minus*), des espèces mésophiles et mésoxérophiles des *Festuco-Brometea* (*Knautia arvensis, Anthyllis vulneraria*) montrent une fréquence supérieure à celle que l'on observe dans les autres sous-unités. Il apparaît des différences très nettes pour *Globularia bisnagarica, Epipactis atrorubens, Teucrium chamaedrys, Carex humilis, Teucrium montanum* et *Linum tenuifolium.* Soit ces espèces sont moins fréquentes que dans les autres sous-associations, soit elles sont complètement absentes. Ce groupement constitue donc une sous-unité méso-xérophile, de transition vers des groupements mésophiles dominés par *Brachypodium pinnatum.*

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Une variante à *Gymnadenia conopsea* du *Genisto-Seslerietum* avait été décrite par DUVIGNEAUD (1970), elle marquait une tendance vers le *Mesobromion* et indique des formes de passage vers le *Mesobromion*, soit à cause d'une exposition plus froide, d'un sol plus rétentif en eau, soit de pentes moins fortes. Dans ce travail, deux sous-associations mésophiles ont été décrites. C'est dans la sous-association à *Thalictrum minus* que *Gymnadenia conopsea* à une fréquence élevée (IV). Elle est inférieure à 20% dans la sous-association à *Centaurea scabiosa*. Il est donc possible que le groupement défini par DUVIGNEAUD se rapporte à la sous-association à *Thalictrum minus*., mais l'auteur belge ne fournit aucun tableau phytosociologique et aucune comparaison n'est donc possible.

4.7.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 86,25%, avec des valeurs comprises entre 70% et 100% (tableau 10). C'est une pelouse assez dense et élevée, qui s'installe sur des pentes comprises entre 5 et 20%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 11,75%. C'est un groupement dominé par la Seslérie.

Les espèces abondantes sont *Bromus erectus, Sanguisorba minor, Hippocrepis comosa* et *Carex flacca*. C'est le seul groupement du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, dans lequel la Seslérie et *Genista pilosa* ne sont pas dominants. Ce groupement ne présente pas de physionomie particulière, si ce n'est le mélange entre des espèces du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 et du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition. On le rencontre presque uniquement au sud de la région.

4.7.3. Composition floristique

La sous-association à *Thalictrum minus* est liée à un stade de la dynamique successionnelle qui fait apparaître certaines espèces mésophiles. Ce groupement a été établi sur l'analyse de 4 relevés (tableau 10). Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 29,75. Le nombre maximal d'espèces rencontrées sur un relevé est de 39 à Koeur-la-Petite, tandis que le relevé le plus pauvre comptait seulement 20 espèces; Il a été réalisé à la Côte-sous-le-Praye.

4.7.4. Synchorologie

Nous avons identifié ce taxon sur seulement quatre pelouses. Cependant, il constitue un stade intermédiaire fréquent entre les pelouses xérophiles et méso-xérophiles du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 et les pelouses ourléifiées des *Trifolio-Geranietea* ou de l'*Onobrychido-Brometum* MÜLLER 1966, dans sa sous-association à *Origanum vulgare*. Il doit être présent sur presque toutes les pelouses où le *Genisto-Seslerietum* existe.

4.7.5. Evolution dynamique

C'est un groupement méso-xérophile, qui évolue assez rapidement par colonisation du Brachypode vers les groupements du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 et, plus rarement,

directement vers des pelouses ourléifiées de l'*Eu-Mesobromion* sous-association à *Origanum vulgare*. La fermeture du milieu par la Seslérie est rare, mais des pelouses pauciflores, fermées, dominées par la Seslérie ont été observées, par exemple, à Mécrin ou à Domgermain. La colonisation de la Seslérie, dont le rôle de stabilisation du milieu a été décrit par DUVIGNEAUD (1970), sur les éboulis de Pagny-la-Blanche-Côte, s'accompagne d'une augmentation rapide de la fertilité du milieu (arrêt ou limitation du ruissellement), dont les conséquences floristiques sont une augmentation du nombre de taxons mésophiles (*Senecio jacobaea, Galium mollugo, Plantago lanceolata*, par exemple) et une diminution des espèces xérophiles et thermophiles (*Carex ornithopoda, Phyteuma tenerum*, par exemple).

Le passage de ce syntaxon aux ourlets mésophiles de la sous-association à *Origanum vulgare* variante à *Colchicum automnale* est d'autant plus rapide que le milieu n'est plus géré. La présence d'une lisière forestière ou l'absence de pente contribue fortement à accélérer le processus. Le *Genisto-Seslerietum*, variante à *Gymnadenia conopsea*, décrit par DUVIGNEAUD (1970), marque une tendance vers le *Mesobromion* et indique des formes de passage vers le *Mesobromion*, soit à cause d'une exposition plus froide, d'un sol plus rétentif en eau, soit de pentes moins fortes. C'est également valable pour le syntaxon décrit dans ce chapitre. Celà confirme, sur un plan écologique, que le syntaxon décrit par DUVIGNEAUD (1970) et celui que nous avons décrit sont très proches.

4.8. La sous-association d'éboulis à *Rumex scutatus* ss-ass. nov.

4.8.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique avec les groupements homologues, on se référera au tableau synthétique 47. Il entre dans la sous-alliance xérophile du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957. Les espèces caractéristiques de ce syntaxon y toutes présentes (hormis *Phyteuma tenerum*), avec des coéficients synthétiques compris entre I (*Thesium alpinum*) et V (*Carex ornithopoda*) (tableau 12). Comme dans les autres groupements lorrains du *Genisto-Seslerietum*, les espèces du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 ont des fréquences très importantes.

a) Composition floristique du groupement lorrain

Les espèces des *Festuco-Brometea* (*Salvia pratensis, Potentilla neumanniana, Briza media, Carex flacca, Arabis hirsuta*), des *Brometalia* (*Globularia bisnagarica, Linum tenuifolium, Carex caryophyllea, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Helianthemum nummularium, Festuca lemanii, Seseli montanum, Bromus erectus*) sont très abondantes. Seulement 8 espèces du *Mesobromion* y ont été rencontrées, le plus souvent avec des fréquences faibles. Les plus abondantes ne dépassent pas un coefficient synthétique de III (*Cirsium acaule* et *Linum catharticum*). Les autres (*Centaurea jacea, Euphrasia stricta, Ophrys fuciflora, Orchis militaris, Ophrys apifera* et *Primula veris*) atteignent II, au maximum.

Les espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea* (figures 20, 21 et 22) y sont très peu représentées (*Genista tinctoria, Lotus corniculatus, Leontodon hispidus*. L'ouverture du milieu permet le développement d'espèces des *Sedo-Scleranthetea* comme *Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Centaurium erythraea* ou encore *Pethroragia prolifera*.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Un certain nombre d'espèces que ROYER (1973) rencontre dans les éboulis à *Rumex scutatus*, du *Rumico-Scrophularietum hoppei*, de Bourgogne, sont absentes de nos groupements lorrains: *Galeopsis angustifolia* (présent dans la sous-association à *Leontodon hyoseroides*), *Iberis durantii, Ptychotis saxifraga* (une seule station connue en Lorraine, à Mécrin, sans doute introduite par les activités de la carrière (DARDAINE, 1976)) et *Scutellaria alpina*. Mais une grande partie des espèces des éboulis bourguignons existent également en Lorraine. Ce sont *Rumex scutatus, Silene vulgaris* ssp *glareosa, Linaria petraea, Gymnocarpium robertianum*, que ROYER (1973) considère comme caractéristiques de l'alliance *Stipion calamagrostidis* Jenny-Lips 30. Les taxons xérophiles montagnards bourguignons, *Scrophularia hoppei, Scutellaria alpina, Ptychotis saxifraga* sont absents en Lorraine ou naturalisés. De plus, les espèces caractéristiques des *Agrostio-Arrhenatheretea*, des *Brometalia*, du *Mesobromion* et des *Festuco-Brometea*, sont quasiment absentes du *Rumico-Scrophularietum hoppei*, alors qu'elles sont bien représentées dans le groupement lorrain. Aussi, nous préférons distinguer le groupement à *Rumex scutatus* du *Rumico-Scrophularietum hoppei*, car il est moins thermophile, moins montagnard et plus riche en taxons de pelouses des *Festuco-Brometea*.

Quant au *Centrantho-Iberidetum durandii*, décrit en Bourgogne par ROYER (1973), il correspond à un stade pionnier, sur éboulis mobiles dans lequel les espèces de pelouses calcicoles sont presque totalement absentes. Sa composition floristique est assez sensiblement différente de celle du *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Rumex scutatus*. La présence dans le *Centrantho-Iberidetum durandii* de *Helleborus foetidus, Clematis vitalba, Teucrium chamaedrys, Anthericum ramosum* et *Polygonatum odoratum*, nous laisse penser que le groupement bourguignon est plus proche du groupement pionnier du calcaire du Bajocien, souvent monospécifique, s'installant sur les éboulis secondaires du nord de la région Lorraine.

Enfin, le *Sileno-Iberidetum durandii rumicetosum*, décrit en Bourgogne par ROYER (1973) est un groupement pionnier d'éboulis très pauvre en taxon de pelouses. Seules quelques espèces sont communes avec le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Rumex scutatus* (*Leontodon hispidus, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Genista pilosa, Epipactis atrorubens, Rumex scutatus, Bupleurum falcatum* et *Thymus praecox)*. Ces deux groupements sont donc bien distincts.

Au niveau lorrain, la composition floristique et l'origine écologique différente du groupement de pelouses fixées primaires à *Leontodon hyoseroides* et du groupement d'éboulis stabilisés secondaires à *Rumex scutatus* nous permettent de distinguer ces deux groupes de relevés. Leurs répartitions et leurs physionomies sont d'ailleurs différentes. Nous suivrons donc l'avis de DUVIGNEAUD *et al.* (1970) qui distingue également nettement les associations d'éboulis mobiles du *Leontodontion hyoseroidis* à l'association d'éboulis artificiel à *Rumex scutatus*. D'un point de vue floristique, la composition de ces groupements est assez proche. Cependant, des différences notables existent entre ces deux unités. Par exemple, *Brachypodium pinnatum, Teucrium montanum, Hieracium pilosella, Carlina vulgaris, Allium sphaerocephalon, Anthericum ramosum, Bupleurum falcatum* et *Sanguisorba minor* sont plus fréquents ou exclusifs dans le cas des éboulis primaires à *Leontodon hyoseroides*. Au contraire, *Linum tenuifolium, Carex caryophyllea, Anthyllis vulneraria, Arenaria serpylifolia* subsp. *leptoclados, Polygala vulgaris, Polygala amara* et *Stachys recta* sont plus fréquents ou exclusifs des éboulis secondaires à *Rumex scutatus*.

A Ourches, à quelques kilomètres au nord de Pagny-la-Blanche-Côte, sur le talus de la voie ferrée, les deux types de groupements d'éboulis semblent cohabiter. Ils sont imbriqués puisque ce biotope secondaire, de petite taille, recèle *Galium timeroyi, Galeopsis angustifolia* et *Rumex scutatus*. Des liens très étroits existent entre les deux groupements qui sont physionomiquement et écologiquement proches. Il est néanmoins vrai que le groupement à *Rumex scutatus* est, en Lorraine, strictement inféodé à des habitats secondaires (anciennes carrières, bords de voie ferrée), tandis que l'*Iberidetum viollettii*, dont le groupement du *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Leontodon hyoseroides* dérive par la dynamique successionnelle, n'est présent que dans des habitats primaires, ou non loin de ces derniers (décharge de Chauvoncourt).

En conclusion, bien que la composition floristique du groupement à *Rumex scutatus* dénote une certaine parenté avec les groupements d'éboulis décrits par ROYER (1973), en Bourgogne, l'originalité floristique de ce groupement ne permet pas de le rattacher à l'un de ces syntaxons. En revanche, nous faisons une sous-association particulière du *Genisto-Seslerietum* dans lequel *Rumex scutatus* est l'élément floristique déterminant.

4.8.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 45,8%, avec des valeurs comprises entre 30 et 55% (tableau 12). C'est un groupement très ouvert et ras. Des espèces munies d'un système souterrain important peuplent ce groupement, *Polygonatum officinale, Epipactis atrorubens, Sesleria caerulea*, dont le pouvoir de fixation du milieu est très important. Ce sont des pelouses en gradins, telles que DUVIGNEAUD *et al.* (1970) les a décrites à Pagny-la-Blanche-Côte. Le recouvrement lichénique et bryologique varie beaucoup d'un relevé à l'autre. L'ombrage ayant, semble-t-il, une grande importance pour ces deux groupes taxonimiques.

Les espèces abondantes sont *Bromus erectus, Festuca lemanii, Potentilla neumanniana* et *Teucrium chamaedrys*. Elles ont les recouvrements les plus important du syntaxons, qui néanmoins ne dépasse pas 25%. Aucune espèce ne forme de faciès.

C'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 25 et 40%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 30%. L'association peuple des pentes fortes, qui ne sont presque plus mobiles pour la plupart d'entre elles. Le nombre d'individus de chaque espèce et le nombre d'espèces par relevé est généralement assez faible. Ces pelouses se localisent uniquement en exposition sud ou sud-sud-ouest. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition.

4.8.3. Composition floristique

Elle est très nettement individualisé par la présence de *Rumex scutatus*, taxon exclusif de cette sous-association. *Rumex scutatus* constitue parfois un groupement monospécifique. Nous l'avons observé très nettement à Ourches, où cette espèce colonise par tâche les espaces mobiles. Il semblerait que sur le Mont Saint Quentin, un groupement monospécifique à *Rumex scutatus* existe également (HOEFLER, communication orale), mais il est installé sur le calcaire du Bajocien et l'environnement floristique du groupement est très éloigné des syntaxons du *Seslerio-Mesobromenion*. Ce groupement a été établi sur la base de l'analyse de 6 relevés. Le

nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 31. Plus le sol se stabilise et plus le nombre de taxons de pelouse augmente.

Ce sont des végétaux présentant un système racinaire puissant. Ce dernier peut prendre l'aspect de touffes denses (*Sesleria caerulea, Carex humilis* et *Carex ornithopoda*), de drageons (*Bupleurum falcatum*), ou de tiges robustes et rampantes (*Teucrium chamaedrys*)

4.8.4. Synchorologie

C'est un groupement strictement inféodé au calcaire oolithique du Rauracien et de manière moins nette au calcaire du Bajocien (figure 12). Il est beaucoup plus riche en espèces dans la vallée de la Meuse. De par la nature du calcaire du Rauracien, qui se délite en petites plaquettes centimètriques, le sud Meusien est beaucoup plus riche en éboulis. Le calcaire du Bajocien, présent dans la vallée de la Moselle, se fragmente en éléments beaucoup plus grossiers, créant des éboulis grossiers, moins favorables à l'installation de la végétation. Des plantes comme *Vincetoxicum hirundinaria* ou *Helleborus foetidus*, par leurs systèmes souterrains très puissants, sont beaucoup mieux adaptés aux éboulis du calcaire du Bajocien.

4.8.5. Evolution dynamique

C'est un groupement rencontré surtout dans des carrières (Mécrin, figure 44) ou le long des voies ferrées (Ourches), sur des éboulis artificiels. Les meurgers, observéd souvent le long des pelouses, ne sont pas couverts par ce groupement, alors que ROYER (1973), rencontre surtout l'association d'éboulis à *Scrophularia hoppei* et *Rumex scutatus* dans ce type de biotope. Une variante appauvrie, sans *Rumex scutatus* peuple parfois les pelouses à nombreux espaces nus, sur pentes fortes, faisant la transition entre la roche nue et le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Centaurea scabiosa* et *Odontites lutea*. Le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Rumex scutatus* évolue vers le *Genisto-Seslerietum* sous-association typique dans la plupart des cas (figure 44). Plus rarement, il évolue vers le *Genisto-Seslerietum* sous-association à *Iberis amara*, par fixation du biotope, sans développement rapide de la Seslérie. Ceci permet le développement des espèces annuelles typiques de la sous-association.

Chapitre 8 : Les pelouses xérophiles, le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978

La délimitation des relevés se rattachant à la sous-alliance xérophile du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 a été effectuée dans l'interprétation des deux premières analyses factorielles. Ce groupement appartient au *Mesobromion*. Les espèces les plus fréquentes des *Festuco-Brometea (Carex flacca, Potentilla neumanniana, Thymus praecox, Briza media*, par exemple), soit aux *Brometalia* (*Hippocrepis comosa, Bromus erectus, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Seseli montanum*), soit enfin du *Mesobromion* (*Festuca lemanii, Ophrys fuciflora, Polygala calcarea, Ononis spinosa*, par exemple).

a) Composition floristique du groupement lorrain

Les espèces qui différencient le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 sont toutes très abondantes (*Teucrium montanum, Globularia bisnagarica, Linum tenuifolium*). Quelques espèces des *Seslerio-Mesobromenion* transgressent parfois mais restent très peu abondantes. Les espèces différentielles du *Tetragonolobo-Mesobromenion* sont absentes, sauf *Peucedanum cervaria* dans la variante à Seslérie. Nous rattacherons donc ce groupement, sans aucun doute possible, au *Teucrio-Mesobromenion*, sous-alliance qui s'installe sur sols squelettiques, en général non ou peu acidifiés, sur substratum calcaire, plus ou moins riches en éléments grossiers (ROYER, 1987).

Les affinités entre le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 et l'*Antherico-Brometum* WILLEMS 1982 sont très fortes (ROYER, 1987). Comme le soulignait MAYOT (1977), les deux associations sont vicariantes. Cependant ces deux associations, dont le fond floristique est identique, sont séparées par quelques différences d'ordre biogéographiques. Le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 a pour espèces différentielles par rapport a l'*Antherico-Brometum* WILLEMS 1982, *Orobanche alba, Polygala calcarea, Helianthemum nummularium nummularium, Thesium humifusum, Festuca lemanii*. L'*Antherico-Brometum* WILLEMS 1982 a pour espèces différentielles *Orobanche gracilis, Polygala comosa, Helianthemum nummularium obscurum, Thesium linophyllon, Festuca patzkei* et *Festuca hervieri* et d'autres espèces du *Xerobromion*. Les groupements du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 lorrain entrent donc sans le moindre doute dans le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978. Par contre, ROYER (1987) indique une présence importante de latéméditerranéennes (*Helianthemum nummularium, Coronilla minima, Linum leonii* et *Cytisus decumbens*). Ceci est sans doute le cas en Bourgogne, mais, en Lorraine, seul *Linum leonii* est lié au *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978, dans une seule sous-association. Les autres espèces sont absentes (*Helianthemum apeninum*) ou liées au *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957 (*Coronilla minima, Cytisus decumbens*). Le *Festuco lemanii-Brometum* lorrain apparait donc moins xérophile que le *Festuco lemanii-Brometum* de Bourgegne. Selon ROYER (1987), au vu des tableaux de HAFFNER (1960), il paraît clair que le *Festuco lemanii-Brometum* est présent en Lorraine et que l'*Antherico-Brometum* WILLEMS 1982 est plus méridional.

Le *Festuco lemanii-Brometum* est un groupement assez commun dans le nord de la France. C'est l'association de pelouses la plus répandue de Bourgogne. En Lorraine, il est assez commun dans le sud et très rare au nord de Metz. Les espèces suivantes, dont certaines sont des caractéristiques ou des différentielles de l'association, atteignent leur limite septentrionale dans

la vallée de la Bar aux environs de Chéméry (PARENT, 1979) : *Pulsatilla vulgaris, Anthericum ramosum, Globularia bisnagarica, Iberis amara, Linum tenuifolium, Odontites lutea, Phyteuma tenerum, Sesleria caerulea, Thesium humifusum, Teucrium montanum, Teucrium botrys, Thymus praecox* et *Vincetoxicum hirundinaria*. Compte tenu de l'appauvrissement floristique important, on peut dire que le *Festuco lemanii-Brometum* trouve sa limite septentrionale d'aire de répartition dans la vallée de la Moselle, au niveau de Metz et dans la vallée de la Meuse au niveau de Dun-sur-Meuse.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Plusieurs auteurs décrivent cette association végétale ou des groupements relativement proches, dans diverses régions. Des tableaux comparatifs ont été élaborés par sous-association. ROYER (1987) décrit deux syntaxons du *Koelerio-Seslerietum* (*epipactetosum* et *typicum*), le *Festuco lemanii-Brometum* et le *Carici humilis-Brometum* avec lesquels nous allons comparer le groupement lorrain. Nous allons également comparer (tableau 50) le syntaxon lorrain à l'*Avenulo pratensis-Festucetum* subass. *seslerietosum montani* du Crétacé des Charentes (BOULLET, 1987), à deux sous-associations du *Festuco lemaniii-Brometum* de la région d'Auxerre (*typicum* et *cytitetosum gallici*), à deux sous-associations du *Festuco lemanii-Brometum* de la vallée de la Suze (typique et xérophile) (DIDIER, 1989), à deux groupements à *Teucrium chamaedrys* de Picardie (Picardie et Picardie occidentale) (WATTEZ, 1982) et enfin à trois syntaxons décrits par GEHU (1982) sur la craie du nord-ouest de la France (*Avenulo pratensis-Festucetum lemanii* BOULLET *et* GEHU 1984 sous-association à *Polygala calcarea* et sous-association *seselietosum montani* et le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978.

Les espèces des *Festuco-Brometea* sont très abondantes dans l'ensemble de ces syntaxons. *Asperula cynanchica, Sanguisorba minor, Anthyllis vulneraria, Brachypodium pinnatum, Carex flacca, Potentilla neumanniana, Teucrium montanum, Briza media, Carlina vulgaris, Centaurea scabiosa* et *Pimpinella saxifraga* y sont quasiment constants. En revanche, *Salvia pratensis* et *Thalictrum minus* sont plus abondants dans le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 *erecti* lorrain.

Les espèces des *Brometalia* sont également très abondantes sur l'ensemble des groupements étudiés. On pourra citer, par exemple, *Hippocrepis comosa, Teucrium chamaedrys, Koeleria pyramidata, Helianthemum nummularium, Bromus erectus, Pulsatilla vulgaris, Globularia bisnagarica, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Carex caryophyllea* et *Seseli montanum.*

Les espèces du *Mesobromion* sont plus abondantes en Lorraine que dans les autres régions décrites (*Campanula glomerata, Trifolium montanum, Onobrychis viciifolia, Ophrys sphegodes, Polygala comosa, Carex humilis, Gentianella ciliata* et *Ononis spinosa*). Ces espèces sont également abondantes dans le *Carici humilis-Brometum* du Jura méridionale (ROYER, 1987). Quant à *Gentianella germanica*, elle est assez fréquente dans beaucoup de groupements décrits, ce qui n'est pas du tout le cas en Lorraine. Il est probable que cette espèce soit présente dans le groupement lorrain, mais nos herborisations n'ont peut-être pas été assez tardives (début septembre à début octobre) pour l'observer dans les pelouses lorraines.

Les espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea* sont faiblement représentées sur l'ensemble des groupements de la comparaison. Cependant, certaines sont constantes (*Lotus corniculatus, Leontodon hispidus, Achillea millefolium* et *Plantago lanceolata*). Le *Koelerio-Seslerietum* du Jura, le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 de Bourgogne et de la vallée de la Suze

en sont presque entièrement dépourvus. Ceci n'est pas en contradiction avec nos conclusions qui nous font rattacher ces groupements lorrains au *Festuco lemanii-Brometum*, car nous avons constaté que la plupart des groupements de Lorraine étaient très riches en espèces prairiales des *Agrostio-Arrhenatheretea*. De plus, le *Festuco lemanii-Brometum* du Jura (race du Dolois) l'est également.

Les espèces d'ourlets caractéristiques des *Trifolio-Geranietea* sont très faiblement représentées sur l'ensemble des groupements décrits sur les tableaux phytosociologiques 49 et 50 sauf *Aster amellus* et *Melampyrum pratense* dans la sous-association à *Aster amellus*. Les taxons spécifiques des *Origanetalia* sont représentés de manière assez variable entre les groupements végétaux. Seul *Securigera varia* est quasiment exclusif des syntaxons lorrains. *Origanum vulgare*, *Viola hirta* et *Galium mollugo*, sont bien représentés dans le *Koelerio-Seslerietum epipactetosum* du Jura et dans l'*Avenulo pratensis-Festucetum lemanii* BOULLET *et* GEHU 1984 des craies du nord-ouest de la France.

GEHU *et al.* (1982) signalent les multiples affinités floristiques de l'*Avenulo pratensis-Festucetum lemanii* BOULLET *et* GEHU 1984 avec les groupements vicariants du *Mesobromion*, notamment le *Festuco lemanii-Brometum* sous-association *ononidetosum*, des craies de Champagne méridionale, ainsi que la race occidentale à *Bromus erectus* du *Gentiano-Koelerietum* du Palatinat allemand (OBERDORFER, 1990), l'association à *Globularia wilkommii* et *Cytisus decumbens* de Lorraine mosane et du Châtillonais (MULLENDERS *et al.* 1972) et enfin l'association à *Teucrium chamaedrys* MULLENDERS *et al.* 1972 de Lorraine mosane (MULLENDERS *et al.*, 1972). Ces indications entrent dans les tableaux comparatifs que nous avons établis dans la mesure où ces indications étaient valables dans la cas précis du *Festuco lemanii-Brometum* de Lorraine. Pour la comparaison phytosociologique de ce groupement avec ceux décrits dans d'autres régions, on se référera au tableau 50 pour le *Festuco lemanii-Brometum* sous-association typique et le *Festuco lemanii-Brometum* sous-association à *Aster amellus*. En ce qui concerne la troisième sous-association, le *Festuco lemanii-Brometum* sous-association à *Linum leonii*, son originalité floristique nous oblige à constituer un tableau phytosociologique (tableau 50), dont les conclusions sont commentées dans le paragraphe concernant ce syntaxon.

1. Analyses Factorielles des Correspondances partielles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987

L'analyse a porté sur 78 relevés rassemblant 138 espèces (figure 6). Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1 et 2, qui ont respectivement des valeurs propres de 8,4% et 6,9%.

La signification de l'axe 1 est donnée par *Viburnum lantana, Colchicum autumnale, Medicago falcata, Leucanthemum vulgare*, pour le pôle positif de l'axe. Pour ce qui est du pôle négatif, un certain nombre d'espèces y sont très liées ; ce *sont Iberis amara, Sedum acre, Medicago lupulina, Saxifraga tridactylides, Poa bulbosa, Petrorhagia prolifera, Lactuca perennis, Melica ciliata, Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados* et *Carex ornithopoda*. Le pôle négatif est composé d'espèces mésophiles, liées aux ourlets tandis que le pôle positif est caractérisé par des espèces xérophiles et thermophiles, caractéristiques des pelouses sur dalles. L'axe 1 correspond donc au degré d'ouverture du milieu.

La signification de l'axe 2 est donnée par les espèces suivantes *Rhinanthus minor, Primula veris, Knautia arvensis, Viola hirta, Melampyrum pratense, Hieracium murorum*, pour

le pôle positif de l'axe et *Aster amellus, Tragopogon pratensis, Carex humilis, Sesleria caerulea, Pimpinella saxifraga, Iberis amara, Sedum acre* et *Veronica prostrata* pour le pôle négatif. Il semble, au vu des listes d'espèces et de la localisation géographique des relevés, que nous puissions attribuer à cet axe une signification d'ordre phytogéographique. Les pelouses de Meuse, liées au pôle négatif, sont associées à *Carex humilis, Sesleria caerulea, Iberis amara* et *Aster amellus*, ce qui est cohérent. En revanche, *Sedum acre* et *Veronica prostrata* sont beaucoup moins nettement rattachés aux pelouses de Meuse. Le pôle positif de l'axe se rattache aux pelouses du *Teucrio-Mesobromenion* mosellan ou meurthe-et-mosellan. Des taxons mésophiles comme *Viola hirta, Knautia arvensis, Primula veris* et *Rhinanthus minor*, permettent d'identifier l'ensemble des relevés mésophiles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 nord lorrain.

2. Caractérisation phytosociologique des groupements et structuration du synsystème

78 relevés ont pu être rangés dans cette sous-alliance xérophile, dont nous avons distingué cinq syntaxons, correspondant à trois sous-associations d'une même association, le *Festuco lemanii-Brometum.*

Les espèces que BOULLET (1986) et ROYER (1987) définissent comme différentielles du *Teucrio-Mesobromenion* (*Linum tenuifolium, Pulsatilla vulgaris, Globularia bisnagarica, Teucrium montanum* et *Teucrium chamaedrys*) ont toujours des fréquences supérieures à 60%. Cinq groupements entrent dans le *Teucrio-Mesobromenion.* La variante à *Sesleria caerulea* pourrait éventuellement être rangée dans le *Seslerio-Mesobromenion*, mais aucune autre espèce de cette sous-alliance n'est présente, sauf *Anthericum ramosum* et *Seseli libanotis*, mais nous avons montré que ces deux espèces ne pouvaient pas être considérées comme de bonnes différentielles du *Seslerio-Mesobromenion* lorrain. Nous intégrons donc ce syntaxon dans le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987.

Les trois sous-associations s'individualisent très nettement sur l'A.F.C. partielle (figure 6). La première, à *Linum leonii* est représentée par quatre relevés qui se localisent dans la partie la plus négative de l'axe 1. Ce syntaxon xérophile, inféodé aux dalles du Bajocien Nord lorrain, est donc lié au facteur écologique principal de variation des relevés du *Teucrio-Mesobromenion*, la dynamique successionnelle, dont ces quatre relevés constituent les stades pionniers. Les nombreuses espèces différentielles (tableau 3) sont *Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Iberis amara, Veronica prostrata* subsp. *scheereri, Linum leonii, Melica ciliata* et *Sedum acre.* Ces espèces sont liées aux *Sedo-Scleranthetea* (*Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Iberis amara, Sedum acre, Veronica prostrata* subsp. *Scheereri*) et aux pelouses xérophiles des bords de falaises (*Linum leonii, Melica ciliata*). Ces particularités floristiques, ainsi que la position sur l'A.F.C. partielle de ce groupement nous permettent de dire qu'il s'agit d'une subdivision majeure du *Festuco lemanii-Brometum* lorrain.

La seconde sous-association, à *Aster amellus*, s'individualise en partie sur l'axe 1 (figure 6), mais surtout sur l'axe 2. Les relevés qui s'y rattache se localisent dans la partie positive de l'axe 1, expliquant les différences floristiques très importantes entre la sous-association à *Aster amellus* et la sous-association à *Linum leonii.* Les espèces différentielles des deux sous-unités ne pénètrent quasiment jamais (sauf *Ranunculus bulbosus*, à une fréquence inférieure à 20%) dans le groupement qu'elles ne différencient pas (tableau 3). L'axe 2 nous incite à en faire une sous-association particulière. Les relevés constituant cet ensemble sont très nettement dans le pôle positif de l'axe. Les espèces qui la différencient sont nombreuses, il s'agit donc d'une

subdivision majeure du *Festuco lemanii Brometum*. Les espèces que nous pouvons considérer comme différentielles de cette sous-association sont *Onobrychis viciifolia, Ranunculus bulbosus, Leucanthemum vulgare, Rhinanthus minor, Primula veris, Knautia arvensis, Aster amellus* et *Achillea millefolium*. Ces plantes mésophiles indiquent une fermeture du milieu induit par la dynamique successionnelle. Ceci confirme que la signification écologique de l'axe 1 est la dynamique successionnelle de la végétation. On notera que les espèces que nous considérons comme différentielles de cette sous-association peuvent se retrouver, à des fréquences faibles dans les trois variantes de la sous-association typique du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987.

La troisième sous-association est surtout définie négativement par rapport aux deux premières, par l'absence où la faible représentation des espèces différentielles des deux autres sous-unités. D'ailleurs, nous n'avons pas pu identifier de taxon spécifique à cette unité. L'A.F.C. partielle a permis de dégager trois variantes. La première, à *Sesleria caerulea*, a pour épicentre le pôle négatif de l'axe 2. Elle est caractérisée par *Sesleria caerulea*, plante typique des pelouses des côtes de Meuse. Ceci permet de définir la signification de l'axe 2, interprété comme d'ordre biogéographique avec les relevés méso-xérophiles d'influence meusienne dans la partie négative de l'axe et les relevés méso-xérophiles d'influence mosellane dans le partie positive de l'axe.

La seconde variante, à *Poa pratensis*, fait la transition entre la sous-association typique et celle à *Aster amellus*. Les espèces qui différencient cette variante sont *Dianthus carthusianorum, Poa pratensis* et *Lactuca perennis*.

La troisième variante est considérée comme typique. Elle est définie négativement, par l'absence des espèces différentielles des deux autres variantes (tableau 3).

3. Analyse des spectres biologiques des groupements du *Festuco lemanii-Brometum* ROYER 1987

Comme dans toutes les autres sous-alliances du *Mesobromion*, ce sont les hémicryptophytes qui dominent (figure 24) très largement le spectre biologique, avec des pourcentages d'abondance relative compris entre 65% pour la sous-association xérophile à *Linum leonii*, et un maximum de 73% pour le groupement mésophile à *Poa pratensis*. Ainsi, comme pour le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, les hémicryptophytes sont plus abondants dans les groupements mésophiles. Les groupements végétaux sont classés du plus xérophile (figure 24), à gauche du diagramme au plus mésophile, à droite du diagramme, et l'on constate effectivement une augmentation progressive de l'abondance des hémicryptophytes dans les différents syntaxons décrits.

Dans le *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, cette pauvreté relative des hémicryptophytes dans les groupements xérophiles est compensée par l'augmentation des géophytes et des thérophytes. Dans le *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987, ce n'est pas le cas, puisque seuls les chaméphytes semblent très légèrement mieux représentés dans les groupements xérophiles. Les géophytes et les thérophytes ont des abondances relatives sensiblement identiques dans les différents groupements végétaux, hormis dans la sous-association à *Linum leonii*.

On constate, en effet, que le groupement à *Linum leonii* est sensiblement différent des autres par rapport aux hémicryptophytes, ainsi d'ailleurs qu'un niveau des autres types biologiques. L'A.F.C. partielle du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 a très nettement

individualisé ce groupement végétal. Sa pauvreté relative en hémicryptophytes est compensée par une grande richesse en thérophytes et en chaméphytes, dont ce groupement est le plus riche de ceux que nous avons décrits dans la sous-alliance.

Des phanérophytes (*Crataegus monogyna* et *Viburnum lantana*) n'ont été notés que très rarement et il n'était pas indispensable de constituer un diagramme par rapport à ce type biologique. On constatera cependant que c'est dans les groupements les plus mésophiles que les arbustes font leurs apparitions, ce qui est en accord avec nos observations sur la dynamique successionnelle des groupements de pelouses du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987.

4. Description des sous-associations du *Festuco lemanii-Brometum*

4.1. La sous-association mésophile à *Aster amellus* ss-ass. nov.

4.1.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique avec les groupements homologues, on se référera au tableau synthétique 50. Les espèces caractéristiques de l'*Eu-Mesobromion*, *Salvia pratensis*, *Campanula glomerata* et *Onobrychis viciifolia* sont présentes dans certains relevés de la variante mésophile à Brachypode. Il fait la transition entre les groupements xérophiles du *Teucrio-Mesobromenion* et les ourlets mésophiles de l'*Eu-Mesobromenion*.

4.1.2. Physionomie et écologie du groupement

Les espèces qui abondent sont *Teucrium chamaedrys*, *Ranunculus bulbosus*, *Aster amellus*, *Festuca lemanii*, *Cirsium acaule*, *Ononis spinosa*, *Globularia bisnagarica*, *Carex caryophyllea*, *Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria*, *Brachypodium pinnatum*, *Carex flacca*, *Sanguisorba minor*, *Anthyllis vulneraria* et *Lotus corniculatus*. C'est une pelouse assez dense et moyennement élevée. Elle présente un aspect particulier pendant l'été par la floraison d'*Aster amellus* en lisière de fruticée. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition.

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 86,1%, avec des valeurs comprises entre 80 et 90%. C'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 5 et 20%, avec une moyenne de 12,8% pour l'ensemble des relevés. C'est donc un groupement relativement fermé, dominé par le Brachypode ou le Brome. Cependant, elles n'ont pas complètement fermé le milieu, ce qui permet la persistance des plantes xérophiles différentielles du *Teucrio-Mesobromenion*.

4.1.3. Composition floristique

La plupart des espèces des *Trifolio-Geranietea* sont abondantes, mais ce sont les espèces des *Festuco-Brometea* qui dominent largement le groupement, d'où notre préférence pour le rattacher au *Teucrio-Mesobromenion*. Ce groupement, bien qu'ourléifié est très riche en espèces végétales de pelouses ouvertes méso-xérophiles.

4.1.4. Synchorologie

C'est un groupement ourléifié thermophile que l'on rencontre souvent dans le sud de la région. Il s'installe sur la plupart des substrats géologiques, du calcaire du Bajocien (Jézainville) au marno-calcaire du Muschelkalk (Montenach).

4.1.5. Evolution dynamique

Ce groupement méso-xérophile apparaît dans des secteurs de pelouses en phase de fermeture. On y retrouve encore des espèces xérophiles (*Teucrium chamaedrys, Thalictrum minus, Teucrium montanum*, etc...) et les espèces mésophiles s'y développent (*Onobrychis viciifolia, Ranunculus bulbosus, Achillea millefolium*, par exemple). Le *Festuco lemanii-Brometum* sous-association à *Aster amellus* provient de l'évolution du *Festuco lemanii-Brometum* sous-association typique, variante typique ou variante à *Poa pratensis*.

Il évolue vers des ourlets mésophiles de la sous-association à *Origanum vulgare* de l'*Onobrychido-Brometum*, le plus souvent dans la variante à *Colchicum autumnale* ou dans la variante à *Medicago falcata*. Il reste relativement stable sous l'action du pâturage ovin. Parfois, comme nous l'avons constaté à Montenach, le *Festuco lemanii-Brometum* sous-association à *Aster amellus* évolue directement vers le *Chloro-Brometum* sous-association à *Peucedanum cervaria*.

4.2. La sous-association à *Linum leonii ss-ass. nov.*

4.2.1. Rattachement phytosociologique

Pour la comparaison phytosociologique de cette sous-association avec les groupements homologues, on se référera au tableau synthétique 49. Cinq espèces de fidélité variable caractérisent le *Lino leonii-Festucetum lemanii* (J. LAURENT 1921) ROYER 1973 nom. inv. corr.. Ce sont *Polygala amarella, Polygala comosa, Ononis natrix, Linum leonii* et *Euphorbia seguieriana*.

ROYER (1987) a décrit deux unités phytosociologiques relativement proches de celui identifié en Lorraine. Le premier, le *Festuco lemanii-Brometum* subass. *linetosum leonii* a été décrit en 1981 dans la secteur d'Auxerre. Il se distingue du *Festuco lemanii-Brometum* subass. à *Linum leonii* de Lorraine par l'absence de nombreuses espèces des *Brometalia* (*Carex caryophyllea, Globularia bisnagarica, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Helianthemum nummularium, Pulsatilla vulgaris*, etc...), ainsi que par des espèces des *Festuco-Brometea* (*Anthyllis vulneraria, Asperula cynanchica, Brachypodium pinnatum*, par exemple). Mais surtout ce qui individualise le syntaxon lorrain, c'est la présence d'espèces liées au dalles calcaires, comme *Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Sedum acre, Iberis amara, Arabis hirsuta* et *Veronica prostrata* subsp. *scheereri*. Ainsi, bien qu'il existe une certaine parenté entre le syntaxon auxerrois et lorrain, les différences observées nous oblige à les distinguer.

Ce même syntaxon a été décrit par ROYER (1973), en Bourgogne. Il est plus proche, c'est le *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 subass. *linetosum leonii*. Le cortège floristique est très proche.

Linum leonii différencie le *Festuco lemanii-Brometum linetosum leonii* (ROYER, 1981). Ce syntaxon présente un aspect très particulier en Bourgogne qui évoque plutôt une végétation d'éboulis qu'une végétation de pelouse, à recouvrement herbacé faible (ROYER, 1981). On retrouve ces caractéristiques sur les pelouses de Montenach, Waville, Lorry les Metz, Arnaville. Par contre, en Bourgogne, il s'installe sur les marnes de Frangey (Oxfordien supérieur). RAMEAU (1971) l'a également étudié et le nomme *Mesobrometum erecti* sous-association à *Fumana procumbens* et *Linum leonii*. Cet auteur indique qu'il n'est présent que dans la cuesta Oxfordienne. En Lorraine, seul le groupement du Koppennachberg, sur l'une des collines de Montenach, est installé également sur substrats marneux. Cette unité semble assez proche du groupement décrit par RAMEAU en 1971.

Le *Festuco lemanii-Brometum* sous association à *Linum leonii*, bien que très appauvri par rapport à celui que décrit RAMEAU (1971) présente des affinités nettes au niveau écologique et floristique. Le relevé de Montenach ne peut être classé dans ce syntaxon, car les autres taxons différentielles du *Teucrio-Mesobromenion* y sont rares (*Linum tenuifolium*). Il est cependant important de noter qu'à quelques mètres de distance, on trouve *Fumana procumbens, Linum leonii* et *Melica ciliata*. On est en droit de penser que ce groupement était autrefois bien développé et que l'on observe aujourd'hui uniquement une relique de ce qu'a décrit ROYER (1973).

La présence de *Melica ciliata* dans ce syntaxon permet de définir son affinité. *Melica ciliata* est, en effet, une plante très rare en Lorraine, protégée au niveau régional. Sa est un très bon indicateur de biotopes xérophiles. ROYER (1973) a décrit dans la région de Chaumont et de Langres, une sous-association *melicetosum*, qui s'installe sur les rebords de corniches. Dans ce groupement, appauvri en thérophytes, *Melica ciliata* et l'écotype tétraploïde de *Melica ciliata* et de *Festuca glauca* dominent. Au Stromberg, au Nord de Sierck-les-Bains, nous avons effectué le relevé sur le rebord de la corniche. Il en a été de même à Montenach, sur le sommet du Kopenackberg, en bordure de la corniche rocheuse.

NOIRFALISE et DETHIOUX (1985) (voir tableau comparatif 62) ont décrit deux syntaxons du *Xerobromion* des pelouses de Belgique dans lesquels *Melica ciliata* a une fréquence d'apparition de III. Ces groupements sont riches en espèces des *Sedo-Sclerenthetea*. On y retrouve aussi quelques espèces du *Xerobromion* totalement absentes de Lorraine (*Helianthemum apenninum*) qui font que NOIRFALISE et DETHIOUX (1985) classent ces groupements dans le *Xerobromion*, ce qui ne peut être le cas dans notre région. On y trouve également *Fumana procumbens* et des espèces de sols décarbonatés (*Agrostis capillaris, Genistella sagittalis*) comme c'est le cas sur le Sommet du Koppennachberg, à Montenach. Cette combinaison floristique, unique en Lorraine (*Melica ciliata, Fumana procumbens* et des espèces de sols décarbonatés), ne constitue pas un ensemble homogène à Montenach, mais toutes ces espèces ne sont éloignées que de quelques mètres les unes des autres. Il est clair que le sommet du Koppenachberg présente une parenté avec ce groupement que les deux auteurs belges ont décrit, mais à ce stade d'appauvrissement floristique nous ne pouvons l'y rattacher.

4.2.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 58,75%, avec des valeurs comprises entre 50 et 65%. C'est une pelouse rase et très ouverte, qui s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 25%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 10%. Ces pentes fortes montrent bien l'écologie du groupement que l'on retrouve souvent en bordure de corniche,

parfois sur le rebord supérieur, stabilisé, soit dans l'éboulis qui se forme en contrebas. Les espèces qui abondent sont *Teucrium chamaedrys, Briza media* et *Festuca lemanii. Thymus praecox* forme un faciès au Stromberg, à Sierck les Bains. De nombreuses thérophytes pénètrent dans les groupements de pelouses semi-fermées à hémicryptophytes et chaméphytes du *Xerobromion* et du *Mesobromion.*

4.2.3. Composition floristique

Les espèces de hautes fréquences sont *Teucrium chamaedrys, Linum leonii, Iberis amara, Teucrium montanum.* La présence de *Melica ciliata* rend ce syntaxon très original, car cette plante est inféodée à ce groupement végétal. En Lorraine française, en Belgique, au Grand Duché du Luxembourg et en Sarre, *Melica ciliata* a migré le long de la Meuse, de la Seine et de la Moselle (PARENT, 1979). Son aire est quasi superposable à celle *Amelanchier ovalis* qui est également lié aux milieux de rebord de corniches.

4.2.4. Synchorologie

C'est un groupement végétal strictement inféodé au calcaire du Bajocien, dans des situations où il affleure. C'est rarement le cas dans la vallée de la Moselle, ce qui explique sa faible représentation dans le nord de la région. Il n'en est pas de même pour le sud où, *Melica ciliata*, toujours sur le calcaire du Bajocien, est beaucoup plus fréquente, notamment au sud de Neufchâteau (communication orale de Pierre DARDAINE).

4.2.5. Evolution dynamique

Ce groupement est issu de la colonisation des dalles par les espèces des *Festuco-Brometea.* Certains relevés recèlent encore des thérophytes annuels typiques des groupements du *Cerastietum pumili* (*Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Thlaspi perfoliata, Taraxacum rubicundum, Acinos arvensis, Poa bulbosa, Prunella laciniata, Erophila verna, Cerastium semidecandrum, Prunella grandiflora, Erythraea centaurium* et *Trifolium campestre.* Il est lié à des affleurements rocheux, est stable depuis longtemps. Plusieurs raisons nous le laissent penser.

Premièrement, nous n'avons pas observé de dynamique de colonisation arbustive, même dans les zones planes où un peu de matière organique s'est accumulée. Le sol est squelettique, car sa situation géographique très exposée au vent et au ruissellement empêche toute accumulation de matière indispensable au processus pédogénétique et au développement d'une strate herbacée continue. Dans la mesure où le sol n'arrive pas à se former, et qu'aucune dynamique successionnelle ne peut démarrer, on peut penser que ce groupement est pionnier. Le rocher du Koppennachberg, à Montenach et l'éperon rocheux du Stromberg, à Sierck les Bains, également très exposé au vent et à la pluie ont une pédogénèse et des conditions climatiques tout à fait similaires à celles que l'on retrouve à Arnaville. La dynamique successionnelle herbacée et arbustive y est sensiblement identique.

Deuxièmement, un argument floristique peut également être avancé. *Melica ciliata* est, en effet, inféodé à des affleurements rocheux du Bajocien. A Montenach, on trouve une station à quelques mètres de l'affleurement rocheux du Koppennachberg. La présence sur la pelouse mésophile d'une espèce du *Xerobromion* est, à mon sens, très liée à l'affleurement rocheux.

Malheureusement, le biotope est assez colonisé par les arbustes, mais des opérations de gestion ont ré-ouvert le milieu. *Linum leonii* y a aussi trouvé refuge, car l'espèce est strictement inféodée à l'éperon rocheux. Cependant, il est clair que cette espèce est totalement atypique, s'il on tient compte de l'ensemble des groupements présents sur la pelouse. Sur l'éperon rocheux subsistent uniquement *Melica ciliata* et *Fumana procumbens*, rattachés également au *Xerobromion* et qui ont la même signification écologique. Le Stromberg, sur lequel on a noté *Melica ciliata*, ne fait que confirmer ce que nous observons à Arnaville et à Montenach.

Melica ciliata est donc une relique thermophile qui a subsisté sur des éperons rocheux calcaire du Bajocien, exposés aux intempéries. Compte tenu que ces espèces ne peuvent s'installer sur une pelouse fermée, il est clair que ces biotopes sont restés très ouverts depuis une longue période.

A Lorry-les-Metz, les deux relevés ont été effectués dans un habitat secondaire, les anciennes fortifications militaires du plateau. Il existe quelques affleurements rocheux dans les forêts avoisinantes, mais aucune falaise n'existe à proximité. Ces biotopes sont tous d'origine anthropique. Les rochers du Stromberg, le rocher d'Arnaville et le rocher du Koppennachberg sont des milieux secondaires provenant de carrières, ouvertes et abandonnées il y a plus ou moins longtemps. Ces plantes, au moins *Linum leonii*, ont pu arriver sur ces sites à la faveur des activités humaines. Leur exposition aux intempéries ralentit considérablement la recolonisation de la végétation, ce qui explique que des plantes ont pu subsister depuis longtemps sur ces milieux. Il est donc quasiment impossible de penser que ces biotopes peuvent être primaires. On remarque assez souvent, dans les forêts des environs de Metz, des affleurements rocheux parfois conséquents, qui sont fortement boisés. Aussi, il n'y a pas de raisons particulières pour penser que les quatre sites, où ces espèces ont été notées, n'ont jamais été colonisés par de la végétation ligneuse. Ceci d'autant que ces pelouses sont proches d'anciennes zones d'activités humaines (carrières, constructions militaires). Cet argument confirme la complexité du problème. C'est-à-dire que plusieurs arguments peuvent être apportés pour les deux hypothèses.

La dynamique successionnelle de la végétation devrait le conduire, à moyen ou à long terme, vers une colonisation par des graminées sociales, faisant disparaître les thérophytes de l'*Alysso-Sedion*, et apparaître un certain nombre d'espèces typiques des pelouses calcicoles. Il semble que *Festuca lemanii* soit la graminée la plus apte à s'installer dans les infractuosités de la roche. Puis, des espèces mésophiles *Avenula pratensis, Viola hirta, Brachypodium pinnatum, Medicago falcata* arrivent à se développer, retenant la matière organique produite, ce qui accélère les processus dynamiques. Ces modifications floristiques aboutissent à très longs termes à des groupements de l'*Eu-Mesobromion.*

4.3. La sous-association typique *ss-ass. nov.*

4.3.1. Rattachement phytosociologique

Pour la comparaison phytosociologique de ce groupement avec ceux décrits dans d'autres régions, on se référera au tableau synthétique 50. L'A.F.C. partielle a permis de distinguer trois variantes.

1 - La première est individualisée par la présence de la Seslérie. On ne rencontre cette variante que dans la vallée de la Meuse. Le relevé de Mouilly est particulier. Pour cette variante, seule la Seslérie pourrait éventuellement permettre de rattacher ce groupement au *Seslerio-*

Mesobromenion. Cependant, comme le signale BOULLET (1986), la seule présence de la Seslérie ne permet pas de conclure assurément à l'existence d'individus du *Seslerio-Mesobromenion.* Dans ce syntaxon, *Globularia bisnagarica, Teucrium chamaedrys, Linum tenuifolium, Pulsatilla vulgaris* et *Teucrium montanum* ont, en effet, une très forte fréquence. *Sesleria caerulea* est abondante jusqu'à Verdun (PARENT, 1979). La plante existe dans la vallée du Rupt du Mad et dans la vallée de la Moselle (Moyoeuvre, Rombas) sur quelques affleurements rocheux saillants comme le calcaire oolithique (Bajocien).

2 - La seconde, que nous avons nommée variante à *Poa pratensis* est la plus mésophile.

3 - La troisième est considérée comme la variante typique. Elle a son centre de gravité au centre de l'analyse. Elle n'a pas de particularité floristique et phytosociologique ce qui explique son nom de typique.

4.3.2. Physionomie et écologie du groupement

La variante à *Sesleria caerulea* s'installe en exposition sud, sud-est ou sud-ouest. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition, qui n'est pas assez tranchée entre les trois différentes unités identifiées. Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 78,08%, avec des valeurs comprises entre 70 et 95%. C'est une pelouse assez dense et élevée. Les espèces qui abondent dans la variante à *Sesleria caerulea* sont *Teucrium chamaedrys, Sesleria caerulea, Festuca lemanii, Potentilla neumanniana, Bromus erectus* et *Hippocrepis comosa.* Le Brome est parfois totalement absent du relevé (Watronville et Inor). Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Potentilla neumanniana* à Sauvoy et *Bromus erectus* à Génicourt sur-Meuse.

C'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 5 et 25%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 16,23%. La Seslérie est presque uniquement localisée sur les pentes à déclivité marquée, surtout crayeuse, et y forme des peuplement étendus. Sur les pentes moins fortes, la Seslérie est en compétition avec d'autres graminées sociales (MAUBERT *et al.,* 1995). La Seslérie aime les sols dépourvus d'humus, ce qui explique sa localisation dans les pentes raides.

La seconde variante, à *Poa pratensis,* s'installe sur des pentes comprises entre 10 et 50%. La présence d'une pente est indispensable à son développement. La moyenne des pentes est de 27%, ce qui très important en comparasion des autres groupements de Lorraine (tableau 18). Le pourcentage de recouvrement des plantes est compris entre 50 et 80%, pour une moyenne de 66%. C'est une pelouse assez dense et rase, un milieu ouvert, sur lequel un ravinement léger contribue au maintien d'espaces nus. Les espèces qui abondent dans la variante à *Poa pratensis* sont *Teucrium chamaedrys, Globularia bisnagarica, Festuca lemanii, Thymus praecox* et *Bromus erectus. Teucrium chamaedrys* peut être absent, comme s'est le cas à Marville et *Bromus erectus* à Lorry-Mardigny. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Globularia bisnagarica* à Marville, *Helianthemum nummularium* à la butte de Sion et *Brachypodium pinnatum* à Jézainville. Ce groupement est très lié à l'exposition sud. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition.

La troisième variante, typique (tableau 19) s'installe sur des pentes plus faibles. Elles sont en moyenne de 14,9%, avec des valeurs comprises entre 0 et 40%. La pente ne semble donc pas être un facteur de première importance dans l'individualisation de ce syntaxon. L'ouverture du

milieu est un peu moins prononcée que dans les deux autres variantes, avec des valeurs comprises entre 60% à Allamps et 95% à Gimecourt, pour une moyenne de 80,6%. C'est une pelouse assez rase à moyennement élevée, peu dense dans la plupart des cas. C'est un groupement presque toujours exposé au sud, plus rarement au sud/ouest, sud/est et ouest/sud-ouest. On ne constate pas de distinction floristique importante selon l'exposition. Dans cette troisième variante, dite typique, les espèces qui abondent sont *Teucrium chamaedrys, Festuca lemanii, Carex flacca, Thymus praecox, Briza media, Potentilla neumanniana, Brachypodium pinnatum, Bromus erectus* et *Hippocrepis comosa*. C'est très nettement le Brome qui induit la physionomie au groupement. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Plantago media*, à Vannes le Châtel, *Prunella grandiflora* à Rollainville, *Prunella vulgaris* à Jézainville, *Brachypodium pinnatum* à Jézainville, à Delme ou à Dun-sur-Meuse, par exemple et *Stachys recta* à Griscourt.

4.3.3. Composition floristique

Les espèces de hautes fréquences sur l'ensemble des trois variantes sont *Brachypodium pinnatum, Briza media, Bromus erectus, Carex flacca, Cirsium acaule, Festuca lemanii, Hippocrepis comosa, Linum catharticum, Potentilla neumanniana, Sanguisorba minor, Thymus praecox, Carex caryophyllea, Globularia bisnagarica, Hieracium pilosella, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria* et *Teucrium chamaedrys*. C'est un groupement dominé par des plantes xérophiles et mésoxérophiles.

Certaines plantes rares au niveau régional y trouvent refuge. C'est le cas de *Chamaecytisus supinus* à Mouilly dans la variante à *Sesleria caerulea*. *Chamaecytisus supinus* est une espèce d'ourlet dans le centre de la France. C'est une espèce méditerranéenne et subméditerranéenne, qui occupe une aire qui, du pourtour de la Mer Noire et du bassin danubien, atteint la Pologne, le sud de l'Allemagne, la France et l'Espagne. C'est une plante des lisières bien orientées de la chênaie pubescente et des prés-bois. A propos de cette plante, ROYER (1981) a décrit une variante *cytisetosum gallici* du *Festuco lemanii-Brometum* bien individualisée par l'abondance de *Peucedanum cervaria* et *Chamaeytisus supinus*, plante très rare en Lorraine. Nous l'avons rencontré que sur cette pelouse du nord de la Meuse. Il semblerait qu'il s'agisse d'un groupement proche de cette association. La variante *cytisetosum gallici* se trouve sur les marno-calcaires du Kimmeridgien-supérieur, les calcaires sublithographiques et oolithiques de l'Oxfordien, les grouines périglacaires (ROYER, 1981). A Mouilly, il s'est installé sur le calcaire du Rauracien.

4.3.4. Synchorologie

C'est la sous-association typique qui a la plus grande aire de répartition. On la retrouve dans le sud de la région, aussi bien dans la vallée de la Meuse que dans la vallée de la Moselle. Un appauvrissement floristique en taxons xérophiles intervient assez nettement entre le sud et le nord. Au nord de Metz, ce groupement devient assez rare. La variante à Seslérie est très liée à la vallée de la Meuse, un peu plus au nord que les groupements du *Genisto-Seslerietum*. La variante à *Poa pratensis* est répandue en Lorraine, presque exclusivement au sud de Metz. Ce groupement végétal est quasiment absent des milieux installés sur substrats marneux.

4.3.5. Evolution dynamique

Les espèces hélioxérophiles sont les plus touchées par la colonisation du Brachypode. MORGAN (1997) a montré que *Globularia bisnagarica, Polygala calcarea* disparaissaient complètement et que *Prunella grandiflora* et *Pulsatilla vulgaris* montraient une chute spectaculaire dans les pelouses ourléifiées. La colonisation par le Brachypode dans la variante à *Poa pratensis* est assez rapide. Les plantes méso-xérophiles de la variante typique disparaissent au profit de plantes des *Agrostio-Arrhenatheretea* et des *Trifolio-Geranietea.*

La variante à *Sesleria caerulea* est un peu différente des deux autres, car elle provient de la fermeture par la Seslérie d'une pelouse du *Seslerio-Mesobromenion.* Ces pelouses sont assez stables. Puis elles évoluent vers des milieux mésophiles de l'*Eu-Mesobromenion*, dans la sous-association typique (Côte Barine) ou dans la sous-association à *Origanum vulgare* (plateau de Dongermain et plateau d'Ecrouves).

Chapitre 9 : Les pelouses mésophiles de l'*Onobrychido-Brometum* (SCHERRER 25) TH. MÜLLER 66

La délimitation des relevés qui se rattachent à la sous-alliance mésophile du l'*Eu-Mesobromenion* a été déterminée dans l'interprétation des deux premières analyses factorielles. Ces groupements appartiennent au *Mesobromion*, dans sa variante sur sols profonds et méso-eutrophes.

L'*Eu-Mesobromenion* s'installe sur sols profonds, plus ou moins riches en éléments grossiers et bien pourvus en éléments nutritifs, sur substratum calcaire en général (ROYER, 1987). Ils s'installent sur sols méso-eutrophes et sont riches en espèces des *Arrhenatheretalia.*

Au sein des *Brometalia*, nous rattacherons l'ensemble de relevés au *Mesobromion*, car des espèces caractéristiques de ce syntaxon y sont abondantes. On pourra citer *Campanula glomerata, Festuca lemanii, Centaurea jacea, Ranunculus bulbosus, Orchis militaris, Cirsium acaule* et *Linum catharticum.*

L'ensemble des relevés entrent dans l'*Onobrychido-Brometum* Th MÜLLER 1966, syntaxon à large répartition qui est considéré comme équivalent au *Brometum* SCHERRER 1925, au *Mesobrometum collinum* OBERD. 1957, au *Mesobrometum collinum hypericetosum* Willems 72, ou au *Centaureo scabiosae-Brometum* MAYOT 77. Ces syntaxons représentent en général une végétation très modifiée par l'amélioration culturale (ROYER, 1987).

Ce syntaxon a été décrit par de nombreux auteurs. ROYER (1987) adopte le nom *Onobrychido-Brometum* (SCHERRER 25) TH. MULLER 66. *Bromus erectus* est souvent l'espèce dominante du milieu, plus rarement *Brachypodium pinnatum* ou *Agrostis capillaris* (ROYER, 1987). La composition floristique de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 jurassien est constituée par les espèces suivantes de hautes fréquences : *Plantago media, Primula veris, Ranunculus bulbosus, Medicago lupulina, Briza media, Carex flacca, Lotus corniculatus, Achillea millefolium, Dactylis glomerata, Trifolium pratense, Leucanthemum vulgare, Bromus erectus, Sanguisorba minor, Hippocrepis comosa, Asperula cynanchica, Pimpinella saxifraga, Carex caryophyllea* et *Leontodon hispidus.*

Toutes les espèces des pelouses ouvertes mésoxérophiles sont beaucoup plus abondantes dans les groupements de la sous-alliance du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 que dans cette association (*Globularia bisnagarica* et *Pulsatilla vulgaris* entre autres).

Les espèces des *Festuco-Brometea* et des *Brometalia* sont nombreuses et fréquentes. C'est le cas par exemple de *Koeleria pyramidata, Brachypodium pinnatum, Hippocrepis comosa, Potentilla neumanniana, Briza media, Bromus erectus, Carex flacca, Euphorbia cyparissias, Sanguisorba minor* et *Galium verum.* Quelques taxons d'autres classes phytosociologiques ont également des abondances importantes. Par exemple, des plantes de hautes fréquences se rattachent à la classe des *Agrostio-Arrhenathereta (Knautia arvensis, Poa pratensis, Lotus corniculatus*) et à la classe des *Trifolio-Geranietea* (*Securigera varia, Viola hirta, Stachys recta*). L'appartenance phytosociologique des plantes ci-dessus montre que nous sommes effectivement dans un groupement végétal des *Festuco-Brometea*, dans l'ordre des

Brometalia. Les tendances vers d'autres classes phytosociologiques sont variables d'un syntaxon à l'autre, mais d'un point de vue général, l'homogénéité floristique des groupements est importante.

La richesse en espèces mésophiles des *Arrhenatheralia* est caractéristique du groupement (*Knautia arvensis, Trifolium pratense, Dactylis glomerata, Leucanthemum vulgare, Daucus carota* et *Achillea millefolium)*. ROYER (1987) nomme ce groupement *Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966, car dans le Jura, *Onobrychis viciifolia* y est assez bien localisée. L'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 du Jura, est fortement introgressée par les éléments des *Arrhenatheratalia* avec des fréquences de IV et V (ROYER, 1987) et par d'autres espèces mésophiles. On peut citer par exemple *Leucanthemum vulgare, Achillea millefolium, Trifolium pratense, Salvia pratensis, Knautia arvenis, Avenula pubescens, Plantago lanceolata* et *Dactylis glomerata*. ROYER (1987) indique que *l'Onobrychido-Brometum* du Jura est proche des nombreux groupements affines d'Europe centrale, de Suisse et d'Allemagne du Sud et de Lorraine, entre autres.

C'est une association que l'on retrouve sur toute l'Europe. Néanmoins les variations floristiques sont importantes et permettent de distinguer différents syntaxons. Les variations floristiques sont essentiellement les conséquences des variations édaphologiques, topographiques, successionnelles et le résultat des différents traitements agricoles. La grande répartition géographique du groupement pourrait induire des variantes floristiques d'ordre géographique. Par exemple, l'*Onobrychido-Brometum* du Jura possède plusieurs espèces ayant valeur de caractéristiques régionales, notamment *Onobrychis viciifolia* et *Trifolium ochroleucon* (ROYER, 1987). Il n'en est pas de même en Lorraine où les deux espèces ne montrent pas de préférundum marqué.

1. Résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances des relevés de l'*Eu-Mesobromenion*

L'analyse a porté sur 127 relevés rassemblant 203 espèces (voir figure 7). Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1 et 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 8,4% et 4,9%.

Nous avons réalisé quelques relevés dans des pelouses rudéralisées, méso-eutrophes, qui n'ont pas été prises en compte dans l'analyse. En effet, les pelouses calcicoles mésophiles se présentent parfois, en effet, sous forme de friches nitrophiles. Ces auteurs ont d'ailleurs décrit une friche nitrothermophile à la Côte de Delme, dans laquelle *Clematis vitalba, Rubus caesius, Crataegus monogyna, Cornus sanguinea, Rosa canina*, ainsi que des espèces du *Dauco-Melilotion* et des *Artemisietea* étaient présentes. Nous avons également rencontré ce genre de groupement à Lorry les Metz, au Plateau de Malzéville, à Lorry-Mardigny. Cependant, les analyses factorielles des correspondances sur l'ensemble des pelouses du *Mesobromion* lorrain, permettent d'affirmer qu'ils n'appartiennent pas au *Mesobromion*. Les relevés s'isolent, en effet, très nettement par rapport à l'ensemble de l'analyse factorielle, car ils recèlent quelques espèces totalement absentes ou accidentelles des pelouses que nous avons caractérisées (*Rubus caesius, Artemisia vulgaris, Reseda lutea, Clematis vitalba, Urtica dioica, Heracleum sphondylium*, etc...). Nous avons donc écarté ces relevés de l'analyse.

La signification de l'axe 1 est donnée par *Orobanche caryophyllea, Seseli annuum, Euphrasia stricta, Thesium humifusum, Koeleria cristata, Poa bulbosa, Odontites lutea, Prunella laciniata*, qui sont des espèces liées au pôle négatif de l'axe 1. Le pôle positif est représenté par

Galium pumilum, Clematis vitalba, Hieracium umbellatum, Campanula persicifolia, Astragalus glycyphyllos, Cornus sanguinea, Melilotus officinalis, Prunus spinosa, Helleborus foetidus et *Trifolium rubens*. La signification de l'axe est d'ordre dynamique, les espèces du pôle négatif se retrouvent dans des pelouses ouvertes, héliophiles et méso-xérophiles, tandis que les taxons du pôle positif sont abondants dans les ourlets ou les fruticées. L'axe 1 est lié à tout un ensemble de modifications des paramètres du biotope qui se traduisent par une fermeture du milieu.

La signification de l'axe 2 (figure 7) est donnée par *Festuca pratensis, Holcus lanatus, Campanula rotundifolia, Veronica arvensis, Trifolium repens, Cirsium arvense, Calystegia sepium*, et *Lathyrus aphaca* pour les espèces liées au pôle positif de l'axe 2 et par *Lathyrus nissolia, Gentiana crutiata, Ophioglossum vulgatum, Inula conyza, Anthericum ramosum, Senecio erucifolius* et *Lathyrus pratensis*. Le niveau de trophie, lié le plus souvent au passé cultural des parcelles est la signification écologique de l'axe. Les milieux les plus eutrophes, dans lesquels on retrouve les espèces prairiales se trouvent dans la partie positive de l'axe alors que les pelouses mésotrophes, voire oligotrophes (liées à la présence d'*Ophioglossum vulgatum*, entre autres) se trouvent dans la partie négative de l'axe.

2. Structuration syntaxonomique de l'*Onobrychido-Brometum*

127 relevés (tableau 4) ont pu être rangés dans la sous-alliance mésophile du *Mesobromion*, dont nous avons distingué onze syntaxons, correspondant à quatre sous-associations d'une même association, l'*Onobrychido-Brometum*.

Les espèces que BOULLET (1986) et ROYER (1987) définissent comme différentielles de cette sous-alliance sont représentées dans toutes les sous-associations, avec des différences importantes entre les diverses sous-unités, mais comme nous l'avons vu précédemment, tous entrent dans cette sous-alliance.

2.1. La sous-association à *Arrhenatherum elatius* ss.-ass. nov.

Parmi les quatre sous-associations distinguées, c'est celle à *Arrhenatherum elatius* qui s'individualise le plus nettement, à la fois sur l'A.F.C. partielle et par l'abondance des taxons différentiels, dont certains sont exclusifs du groupement (*Arrhenatherum elatius, Trifolium repens, Calystegia sepium, Cynosurus cristatus, Veronica arvensis, Lathyrus aphaca* et *Trisetum flavescens*). *Veronica arvensis* et *Lathyrus aphaca* ne se rencontrent que dans ce groupement. On pourrait éventuellement supposer que le cortège floristique particulier permet de le séparer de l'*Onobrychido-Brometum* pour soit en faire une association particulière, soit le rattacher à la classe phytosociologique des *Agrostio-Arrhenatheretea*, mais il s'agit manifestement d'un groupement intermédiaire entre les prairies et les pelouses mésophiles ourléifiées des *Festuco-Brometea*. Aussi, compte tenu de sa position intermédiaire entre deux unités déjà décrites et bien individualisées, nous préférons en faire une sous-association particulière de l'*Onobrychido-Brometum*, car l'étude de sa composition floristique révèle des espèces strictement liées aux *Festuco-Brometea* (voir chapitre rattachement phytosociologique des groupements). L'A.F.C. le confirme.

Les trois autres sous-associations sont plus fortement imbriquées les unes dans les autres, ce qui témoigne des liens floristiques et écologiques qui les unissent. Cependant, un certain nombre de taxons permet d'individualiser les trois unités, avec pour chacune d'elles des

variantes qui assurent la transition d'une sous-association à l'autre.

2.2. La sous-association à *Helianthemum nummularium* ss.-ass. nov.

La sous-association la plus xérophile, à *Helianthemum nummularium* est différenciée par *Helianthemum nummularium, Hieracium pilosella, Anacamptis pyramidalis, Trifolium campestre, Linum tenuifolium, Pulsatilla vulgaris* et *Epipactis atrorubens*. Elle fait la transition entre les groupements les plus mésophiles du *Teucrio-Mesobromenion* et les groupements typiques de l'*Eu-Mesobromenion*. Les fréquences d'apparition des espèces du *Teucrio-Mesobromenion* y sont cependant beaucoup plus faibles que dans le *Festuco lemanii-Brometum*. Les espèces différentielles de l'*Eu-Mesobromenion* y sont plus abondantes. L'épicentre de cette sous-association se trouve dans le pôle négatif de l'axe 1. 38 relevés ont pu y être rattachés.

Comme l'a signalé ROYER (1987), lorsque le sol est moins profond et plus sensible à la sécheresse, l'*Onobrychido-Brometum* passe insensiblement au *Teucrio-Mesobromenion* et s'appauvrit sensiblement en espèces prairiales. La transition s'opère dans notre région par la sous-association à *Helianthemum nummularium* que nous rattachons à l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 et par la variante mésophile à *Poa pratensis* de la sous-association typique du *Festuco lemanii-Brometum*.

Nous avons distingué trois variantes à cette unité. La première, à *Genistella sagittalis* est liée à la décarbonation du sol, qui induit le développement d'espèces acidoclines comme *Sieglingia decumbens, Stachys officinalis, Agrostis capillaris* ou *Genistella sagittalis*.

La seconde variante, à *Dactylis glomerata*, est plus mésophile que les autres. Elle fait la transition entre la sous-association à *Helianthemum nummularium* et la sous-association à *Origanum vulgare*. Au niveau floristique, on remarque une diminution des espèces méso-xérophiles et le développement des taxons différentiels de la sous-association à *Origanum vulgare (Poa pratensis, Dactylis glomerata, Knautia arvensis, Agrimonia eupatoria, Securigera varia* ou *Viola hirta*). Elle correspond à l'optimum écologique pour *Aceras anthropophorum*, quasiment absent de la sous-association à *Origanum vulgare*. Nous avons choisi de la nommer variante à *Dactylis glomerata*, car nous avons quelques scrupules à nommer un syntaxon avec une Orchidée lorsqu'on sait qu'elle peut avoir une abondance relative très fluctuante d'une année à l'autre.

La 3ème variante est considérée comme typique. Elle est quasiment dépourvue des taxons différentiels des autres syntaxons (sauf *Viola hirta*, dont la fréquence est supérieure à 20%). Son centre de gravité est proche de celui de la sous-association dont elle fait partie, d'où son terme de typique.

2.3. La sous-association typique ss.-ass. nov.

On la qualifiera de typique. Elle est localisée dans la partie négative de l'axe 1 et de l'axe 2 de l'A.F.C. partielle. On pourra la différencier de la sous-association à *Origanum vulgare* par des espèces méso-xérophiles qui trouvent dans ce syntaxon leur limite de tolérance en matière de fermeture du milieu. Ce sont *Briza media, Ophrys fuciflora, Anthyllis vulneraria, Thymus praecox, Cirsium acaule, Polygala calcarea, Festuca lemanii* et *Seseli montanum*. Les taxons plus strictement xérophiles différentiels de la sous-association à *Helianthemum nummularium* y disparaissent presque complètement, hormis *Hieracium pilosella*, que l'on retrouve à des

fréquences comprises entre 20% et 40%.

Son centre de gravité ne correspond pas à celui de l'ensemble des relevés de la sous-association, mais sa composition est typique dans le sens où les taxons bioindicateurs d'une fermeture où d'une ouverture du milieu, d'une certaine xéricité, d'un certain traitement agricole, etc. sont absents. Les espèces les plus xérophiles sont quasiment absentes, hormis *Hieracium pilosella* dans la variante typique. Les espèces des ourlets sont également rares, hormis dans la variante à *Viola hirta*, ce qui s'explique car cette variante est intermédiaire entre les deux sous-associations. On y trouvera des espèces comme *Viola hirta* (fréquence supérieure à 80%), *Dactylis glomerata* ou *Securigera varia* et des fréquences faibles en espèces caractéristiques et différentielles de la sous-association typique (*Ophrys fuciflora, Anthyllis vulneraria, Thymus praecox* ou *Seseli montanum*). La troisième variante est, comme dans le cas de la sous-association xérophile liée à la décarbonation du sol. On la nomme également variante à *Genistella sagittalis*, mais elle ne se caractérise dans ce cas que par l'abondance de *Genistella sagittalis* et *Agrostis capillaris*.

2.4. La sous-association à *Origanum vulgare* ss.-ass. nov.

Ce syntaxon à *Origanum vulgare* est caractérisé par un grand nombre d'espèces différentielles, trouvant des abondances nettement supérieures à celles que l'on observe dans les autres sous-associations. Ils ne lui sont pas, par conséquent, strictement inféodés. Seul *Calamintha clinopodium* est strictement lié à ce syntaxon.

Le développement du Brachypode correspond au passage des groupements de pelouses des *Festuco-Brometea* aux ourlets préforestiers des *Trifolio-Geraniatea*. Cette tendance est bien marquée dans la sous-association à *Origanum vulgare*, par le développement de nombreuses espèces des *Trifolio-Geranietea*. Cependant, les espèces des *Festuco-Brometea*, des *Brometalia* et du *Mesobromion* dominent encore largement, d'où notre point de vue qui est de rattacher ce groupement comme une sous-association de l'*Onobrychido-Brometum*. Les quatre variantes de la sous-association à *Origanum vulgare* s'individualisent nettement sur l'A.F.C. partielle et leur bonne représentation sur l'ensemble de la région nous ont incités à les décrire précisément.

Quatre variantes ont été décrites précisément, car elles sont représentées par un grand nombre de relevés.

La première, à *Medicago falcata*, fait la transition avec la sous-association à *Arrhenatherum elatius*. Elles est la plus riche en espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea*, et seul *Medicago falcata*, avec une fréquence supérieure à 80%, permet de la définir assez nettement. C'est une unité qui s'installe sur des sols eutrophes et trouve son origine dans d'anciennes cultures ou d'anciens terrains fauchés.

La seconde variante, à *Avenula pratensis*, a pour centre de gravité celui de l'ensemble des relevés de la sous-alliance. On pourrait la considérer comme typique mais des plantes comme *Helleborus foetidus, Teucrium chamaedrys, Carex caryophyllea, Gymnadenia conopsea* et surtout *Avenula pratensis* trouvent leur optimum dans ce syntaxon. L'appartenance floristique et l'écologie de ces espèces est très différente, mais c'est là qu'elles sont le mieux représentées. Ces espèces seront considérées comme différentielles de la variante. C'est une unité méso-eutrophe, à végétation moins dense et moins haute que la précédente. Elle trouve aussi son origine dans d'anciennes cultures amendées.

La variante à *Colchicum autumnale*, a pour centre de gravité la partie négative de l'axe 2, qui correspond au niveau floristique à des ourlets fermés proches des *Trifolio-Geranietea*. Les espèces qui la caractérisent sont *Silene nutans*, *Lathyrus pratensis* et *Colchicum autumnale* qui, avec une fréquence supérieure à 60%, donne son nom à la variante. Elle trouve son origine dans les pelouses xérophiles abandonnées, dans lesquels le Brachypode et les espèces d'ourlets ont fortement progressé.

La quatrième et dernière variante, à *Vicia tenuifolia*, ne s'individualise pas sur l'A.F.C. partielle, ce qui s'explique par le fait qu'une seule espèce, *Vicia tenuifolia*, la différencie. On aurait pu faire de ces relevés des faciès à *Vicia tenuifolia*, mais les particularités écologiques de ces ourlets en nappe, leurs transitions vers le *Coronillo-Vicietum tenuifoliae* RAMEAU et ROYER 79, décrit en Bourgogne, nous ont incité à en faire une variante particulière. C'est une variante mésophile ourléifiée qui correspond à des brachypodaies dans lesquelles *Vicia tenuifolia* est largement dominante. Son originalité floristique est moins nette que pour les trois premières variantes.

3. Analyse des spectres biologiques des groupements de l'*Eu-Mesobromenion*

Comme dans toutes les autres sous-alliances, ce sont très nettement les hémicryptophytes (figure 25) qui dominent le spectre biologique, avec des valeurs comprises entre 69% à plus de 85% dans la sous-association eutrophe à *Arrhenatherum elatius*. On constate, comme pour le *Teucrio-Mesobromenion*, une progression des hémicryptophytes lorsque le milieu se ferme. On pourra noter que le groupement à *Arrhenatherum* est de loin le plus mésophile et le plus eutrophe que nous ayons étudié et on constate qu'avec 87% d'hémicrytophytes, on peut dire que, quelle que soit la sous-alliance que l'on considère, la fermeture du milieu s'accompagne d'une augmentation des hémicryptophytes.

La fermeture du milieu s'accompagne d'une diminution des chaméphytes et des géophytes, ce qui démontre que le comportement des espèces est différent d'une sous-alliance à l'autre. Dans le *Seslerio-Mesobromenion*, l'augmentation des hémicryptophytes se faisait au dépend des thérophytes et des géophytes, dont l'importance est maximale dans les groupements les plus ouverts. Dans le *Teucrio-Mesobromenion*, ce n'est pas le cas, puisque seuls les chaméphytes semblent très légèrement mieux représentés dans les groupements xérophiles. Dans l'*Eu-Mesobromenion*, les chaméphytes et les géophytes réagissent fortement à la fermeture du milieu. Ils représentent environ 10 à 11% dans les milieux ouverts, pour chuter à 4%, puis à 1% dans les ourlets et les pelouses eutrophes à *Arrhenatherum elatius*. Le pourcentage de géophytes, compris entre 5 et 7%, est à peu près constant dans les milieux xérophiles et méso-xérophiles. Puis, il chute brutalement de moitié avec la fermeture du milieu, dans les ourlets à *Medicago falcata* ou les ourlets à *Vicia tenuifolia*. Ceci démontre que le comportement des types biologiques et des espèces est différent dans chaque contexte écologique et même biogéographique, puisque les pelouses xérophiles d'influence montagnarde du *Seslerio-Mesobromenion* OBERD. 1957, et les pelouses xérophiles du *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 réagissent différemment au cours de la dynamique successionnelle.

On pourrait penser que la fermeture du milieu s'accompagne d'une diminution drastique des thérophytes. Les plantes pérennes représentent un pourcentage important de la végétation des pelouses, ce qui suggère qu'elles possèdent un avantage sélectif dans leur biotope et une aptitude à croître, dans les milieux fermés, par multiplication végétative. La plupart d'entre elles sont des

graminées adaptées à de fréquentes défoliations (MAUBERT *et al.*, 1995). En fait, ce n'est pas net du tout, puisque les milieux fermés sont à peine plus pauvres en thérophytes. En revanche, la cortège de thérophytes qui accompagne ces pelouses se modifie. Dans les pelouses fermées, ce sont des espèces comme *Lathyrus aphaca* ou *Veronica arvensis*, alors que les pelouses ouvertes recèlent des espèces comme *Cerastium brachypetalum, Trifolium campestre* ou *Linum catharticum.*

Dans l'*Eu-Mesobromenion*, les phanérophytes commencent à représenter des pourcentages notables du spectre biologique, puisque les différentes variantes de la sous-association à *Origanum vulgare* recèlent entre 2,5% et 6% de ligneux. On pourra citer par exemple *Quercus sp., Rosa canina, Cornus sanguinea, Clematis vitalba, Juniperus communis, Crataegus monogyna, Ligustrum vulgare* ou *Viburnum lantana.* Ceci est en accord avec nos observations concernant la dynamique naturelle des pelouses calcicoles où presque toujours les arbustes se développent dans des milieux mésophiles. Il n'est pas rare de voir de jeunes plants de ligneux dans des milieux xérophiles, mais il est beaucoup plus rare qu'ils se développent, hormis des ligneux pionniers non spécifiques de ces milieux comme *Salix capraea, Fraxinus excelsior* ou *Betula verrucosa.* Enfin, on notera l'absence totale de ligneux dans la sous-association à *Arrhenatherum elatius*, ce qui s'explique simplement par le passé cultural de ces pelouses, qui ont été retournées et fauchées ou amendées et fauchées. Ceci empêche bien entendu le développement des arbustes et des arbres et gêne considérablement le développement des chaméphytes, au profit des hémicryptophytes qui profitent de la fauche pour se développer et atteindre des pourcentages de recouvrement importants.

4. Description des sous-associations de l'*Onobrychido-Brometum*

4.1. L'*Onobrychido-Bometum* sous-association xérophile à *Helianthemum nummularium* ss-ass. nov.

4.1.1. Rattachement phytosociologique

On se référera aux tableaux comparatifs 52 et 53. Elle est mésoxérophile et différenciée par *Helianthemum nummularium, Hieracium pilosella, Linum leonii, Trifolium campestre, Pulsatilla vulgaris.* Ce syntaxon est défini floristiquement par la présence de *Linum tenuifolium, Helianthemum nummularium, Pulsatilla vulgaris.* (tableaux 25, 26 et 27) Certains relevés ne présentent qu'une seule de ces trois espèces. Trois variantes ont pu être distinguées:

- une variante décarbonatée, caractérisée par la présence d'espèces acidoclines et acidophiles du *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979 (*Sieglingia decumbens, Agrostis capillaris* et *Genistella sagittalis).* Il tend vers le *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 mais la présence de quelques espèces acidoclines, ne suffit pas à rattacher ce syntaxon aux *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979. Cependant des liens écologiques étroits existent entre ces deux groupements et il n'est pas rare de les observer en mosaïque sur certaines pelouses de plateau (Pont-Saint-Vincent, Malzéville, par exemple). ROYER (1987) différencie dans l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 jurassien une variante pâturée (à *Cirsium acaule* abondant) et une variante fauchée (à *Cirsium acaule* plus rare) et par variante une sous-variante acidocline à *Agrostis capillaris* et une sous-variante type sans acidoclines. Nous n'avons pas pu distinguer les variantes que ROYER (1987) décrit, mais, en accord avec cette auteur, on peut identifier des syntaxons particuliers sur sols décarbonatés.

- une variante mésophile à *Dactylis glomerata*. Les espèces différentielles de cette variante sont *Dactylis glomerata, Aceras anthropophorum, Plantago lanceolata, Poa pratensis,* et *Knautia arvensis*. Cette variante méso-xérophile constitue un stade de transition entre la variante à *Helianthemum nummularium* et la sous-association à *Arrhenatherum elatius*. Un stade intermédiaire, que l'on peut rattacher à la sous-association typique, se différencie sur les plateaux, tandis que sur les pentes, on passe directement de la variante typique à la variante ourléifiée à *Origanum vulgare*.

- une variante typique, dépourvue de ces espèces qui différencient la variante décarbonatée et la variante mésophile.

4.1.2. Physionomie et écologie du groupement

Dans la variante à *Dactylis glomerata*, les espèces qui abondent sont *Festuca lemanii, Poa pratensis, Bromus erectus* et *Sanguisorba minor*. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Primula veris* et *Cytisus decumbens* à Rollainville, *Polygala calcarea* à Tannois, *Dactylis glomerata* à Salmagne et Lorry-Mardigny. C'est une pelouse dense, dominée par le Brome. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition. Les espèces arbustives qui le colonisent sont *Crataegus monogyna, Prunus spinosa* et *Quercus pubescens*, entre autres.

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 86%, avec des valeurs comprises entre 75 et 98%. Il s'agit d'un groupement plus fermé que ceux du *Teucrio-Mesobromenion* mais, on observe encore des endroits ouverts dans lesquels des plantes xérophiles subsistent. Il s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 20%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 10,2%. La pente, sans être obligatoire, semble très favorable à son développement, mais au contraire de la variante typique, plus ouverte, elle s'installe sur des pentes moins fortes. La pente n'est pas indispensable à la différenciation de ce syntaxon.

Dans la variante typique (tableau 26), les espèces qui dominent le groupement sont *Helianthemum nummularium, Festuca lemanii* et surtout *Bromus erectus*, qui atteint souvent près de 50% de recouvrement. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Brachypodium pinnatum* à Gimécourt, à Saulny et à Soulosse-sous-Saint-Elophe. C'est une pelouse assez dense, relativement élevée. Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 85,2%, avec des valeurs comprises entre 65 et 95%. Il s'agit d'un groupement plus fermé que ceux du *Teucrio-Mesobromenion*. C'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 1 et 30%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 12,5%. La pente, sans être obligatoire, semble très favorable à son développement.

La variante à *Genistella sagittalis* installée sur sols décarbonatés (tableau 27) s'installe sur des pentes faibles ou nulles (8,3% en moyenne, contre 12,4 et 10,1 pour les deux autres variantes), ce qui est presque indispensable au développement d'un horizon de surface décarbonaté. Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 84%, avec des valeurs comprises entre 75 et 90%. C'est une pelouse assez dense. Les espèces qui abondent sont *Helianthemum nummularium, Festuca lemanii, Agrostis capillaris, Genistella sagittalis, Bromus erectus* et *Sanguisorba minor*. C'est très nettement le Brome qui impose sa physionomie au groupement. Ce groupement présente un aspect très particulier à la fin du mois de mai, par le développement et la floraison de *Genistella sagittalis* et début juin par la floraison d'*Agrostis capillaris*. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Potentilla neumanniana* et *Teucrium*

chamaedrys. Ceci a été observé à Villers-le-Sec.

4.1.3. Composition floristique

Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 33,6 dans la variante à *Dactylis glomerata*, 27 dans la variante typique et de 31,2 dans la variante à *Genistella sagittalis*. La variante à *Dactylis glomerata* est plus riche en espèces, car des espèces mésophiles font leur apparition.

Les espèces xérophiles sont quasiment absentes. Les espèces méso-xérophiles sont encore assez bien représentées et surtout les plantes mésophiles des *Trifolio-Geranietea* et des *Agrostio-Arrhenatheretea*. C'est donc très nettement un groupement de transition entre le *Teucrio-Mesobromenion* et les groupements mésophiles de l'*Eu-Mesobromenion*.

4.1.4. Synchorologie

C'est un groupement mésoxérophile à large répartition. Il correspond à la quasi totalité (sauf Montenach, par exemple) des pelouses xérophiles que l'on rencontre sur les pelouses situées au nord de Nancy. On le retrouve sur presque tous les substrats géologiques, des plus marneux (à Tannois, Sauvoy, par exemple), sur le calcaire du Bajocien, dans toute la vallée de la Moselle, de Algrange, à Soulosse-sous-Saint-Elophe. C'est sur le Calcaire du Bajocien que ce groupement, dans ses diverses variantes trouve son développement optimal. Le calcaire du Rauracien de la vallée de la Meuse ne semble pas favorable à l'installation de ce syntaxon.

4.1.5. Evolution dynamique

Cette sous-association est le plus xérophile de l'association. Elle peut dériver par dynamique successionnelle de la végétation du *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978, en Meuse, sur les pelouses où elle est présente. C'est surtout le développement des Graminées sociales (Brome essentiellement) qui permet le passage entre ces deux associations et l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Helianthemum nummularium*. La colonisation et le développement des arbustes n'intervient quasiment jamais dans cette transition.

Les deux variantes identifiées correspondent à deux stades dynamiques. La variante à *Dactylis glomerata* correspond à un stade plus avancé de la dynamique, dans lequel des plantes mésophiles des ourlets (*Agrimonia eupatoria, Viola hirta, Origanum vulgare*) et des plantes méso-eutrophes (*Poa pratensis, Dactylis glomerata, Galium mollugo, Securigera varia*) font leur apparition. Les taxons xérophiles disparaissent (*Epipactis atrorubens*) ou régressent (*Helianthemum nummularium, Pulsatilla vulgaris*).

Le déterminisme de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966, du Jura est essentiellement d'ordre édaphologique, avec des sols assez profonds, bien drainés, neutres en général et assez bien pourvus en alimentation minérale (ROYER, 1987). Cette première sous-association s'installe sur des sols encore superficiels. Néanmoins sans l'action d'une gestion conservatoire par pâturage, il évolue rapidement vers les ourlets de la sous-association à *Origanum vulgare*, puis des ourlets des *Trifolio-Geranietea*, surtout la variante à *Dactylis glomerata*. La gestion conservatoire par fauche est quasiment exclue compte-tenu du sol très

caillouteux sur lequel il s'installe. Dans un premier temps, les espaces ouverts disparaissent par la colonisation du Brome ou du Brachypode, ce qui entraîne la disparition des derniers taxons xérophiles (*Helianthemum nummularium, Anacamptis pyramidalis, Linum tenuifolium, Epipactis atrorubens* et *Pulsatilla vulgaris*) et des annuelles héliophiles (*Trifolium campestre*). Puis les arbustes apparaissent, comme par exemple, *Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Viburnum lantana*, accompagnés quelquefois de *Cornus sanguinea, Rosa canina* et *Juniperus communis*. Cette dynamique est souvent très rapide, car l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Helianthemum nummularium* est un groupement de transition, résultant d'un arrêt de pratiques de gestion. C'est seulement lorsqu'il est installé en situation exposée que la dynamique de colonisation des graminées sociales est un peu plus lente.

En ce qui concerne la variante à *Genistella sagittalis*, elle apparaît, à partir du *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973, sous-association à *Luzula campestris*, par colonisation des graminées sociales (*Brachypodium pinnatum* entre autres) et d'autres espèces de pelouses calcicoles (*Ophrys fuciflora, Teucrium chamaedrys, Carex caryophyllea*). Ceci s'observe très nettement au Plateau de Malzéville et à Vouthon. La transition s'accompagne d'une fermeture quasi totale du milieu et de la disparition des espèces annuelles (*Cerastium brachypetalum, Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Trifolium campestre*, etc.). La disparition des dernières espèces xérophiles (*Helianthemum nummularium, Trifolium campestre, Linum tenuifolium, Pulsatilla vulgaris* et *Epipactis atrorubens*) et le développement de plantes mésophiles (*Dactylis glomerata, Galium mollugo, Origanum vulgare*, par exemple) aboutit à *l'Onobrychido-Brometum* sous-association typique variante à *Genistella sagittalis*. Certaines espèces acidophiles disparaissent également (*Sieglingia decumbens* et *Stachys officinalis*) ou régressent (*Agrostis capillaris* et *Genistella sagittalis*). Ce syntaxon est beaucoup plus stable et se maintient assez bien, malgré la colonisation, souvent importante, de *Brachypodium pinnatum*.

4.2. L'*Onobrychido-Brometum* sous-association typique ss-ass. nov.

4.2.1. Rattachement phytosociologique

Pour la comparaison phytosociologique de ce groupement avec d'autres décrits dans d'autres régions, on se référera aux tableaux synthétiques 52 et 53. Pour sa définition au sein de l'alliance du l'*Eu-Mesobromenion*, on se référera à l'A.F.C. partielle présentée sur la figure 7. Un certain nombre de sous-unités ont été distinguées au sein de ce groupement à large amplitude géographique et écologique. Nous avons pu distinguer trois variantes :

- la première, à *Viola hirta*, mésophile et eutrophe (tableau 4). Les espèces différentielles de ce groupement sont *Viola hirta* et *Leontodon hispidus* qui trouvent leur optimum dans cette variante. L'absence, ou la très faible représentation de *Teucrium chamaedrys, Gymnadenia conopsea, Thymus praecox et Seseli montanum* sont également de bons indices pour le distinguer.

- la seconde, à *Genistella sagittalis*, installée sur sols décarbonatés, est caractérisée par la présence d'espèces acidoclines et acidophiles du *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979. Ce sont *Agrostis capillaris* et *Genistella sagittalis*. ROYER (1987) différencie également dans l'*Onobrychido-Brometum* jurassien une variante pâturée (à *Cirsium acaule* abondant) et une variante fauchée (à *Cirsium acaule* plus rare) et par variante une sous variante acidocline à *Agrostis capillaris* et une sous variante type sans acidoclines. Nous n'avons pas pu distinguer les variantes que ROYER (1987) décrit mais en accord

avec cet auteur, on peut identifier des syntaxons particuliers sur sols décarbonatés.

- la troisième est la variante typique. Elle est dépourvue des espèces caractéristiques et différentielles des autres syntaxons.

4.2.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 86%, avec des valeurs comprises entre 65 et 100%. C'est le groupement de pelouse typique du *Mesobromion*. C'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 50%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 12,3%. La pente, sans être indispensable, favorise le développement de ce groupement. La variante typique (tableau 30) s'installe sur les pentes les plus fortes, presque toujours autour de 15%, avec une moyenne pour les 21 relevés de 13,73%, contre 8,8% pour la variante à *Viola hirta* et 6,6 pour la variante à *Genistella sagittalis*.

C'est un groupement assez fermé et très largement dominé par les graminées. Le pourcentage de recouvrement herbacé est important, avec des moyennes de 85% pour la variante typique (tableau 30), de 84% pour la variante à *Genistella sagittalis* (tableau 28) et de 92,4% pour la variante à *Viola hirta* (tableau 29), qui est bien sûr la plus fortement couverte par les graminées sociales.

Dans la variante à *Genistella sagittalis*, les espèces qui abondent sont *Bromus erectus, Hippocrepis comosa, Festuca lemanii, Agrostis capillaris* et *Genistella sagittalis*. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Centaurea scabiosa* et *Plantago media* au Mont Saint-Quentin et *Anthyllis vulneraria* à Montenach. C'est une pelouse dense et assez rase. Ce groupement présente un aspect saisonnier à la fin du mois de mai, par le développement et la floraison jaune en tapis denses de *Genistella sagittalis* et la floraison début juin d'*Agrostis capillaris*. Il s'installe uniquement au sud.

Les espèces qui abondent dans la variante à *Viola hirta* (tableau 29) sont *Festuca lemanii, Bromus erectus, Viola hirta* et *Brachypodium pinnatum*. Les espèces de graminées peuvent former des faciès dans lesquels *Brachypodium pinnatum* dépasse les 75% de recouvrement, accompagné de *Viola hirta*, qui couvre plus de 50% (à Othe). A Murvaux et à Allamps, un faciès à *Bromus erectus* couvrant plus de 50% a été identifié. C'est une pelouse relativement dense et dont le tapis herbacé est assez élevé. Ce groupement présente un aspect particulier au printemps, par le développement du Brome qui domine largement et la faible floraison des plantes typiques des pelouses calcicoles. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition, car il a été identifié uniquement en exposition sud.

Les espèces qui dominent dans la variante typique (tableau 30) sont *Bromus erectus, Sanguisorba minor, Seseli montanum, Carex flacca, Brachypodium pinnatum, Lotus corniculatus* et *Genista tinctoria*. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Orobanche rapum-genistae* à Neuville-en-Verdunis et à Nixéville où elle est accompagnée de *Polygala comosa, Thymus praecox* et *Polygala calcarea*. *Teucrium chamaedrys* et *Centaurea scabiosa* forment un faciès à Damvillers. A Salmagne, nous avons pu identifier un faciès à *Medicago lupulina* et *Prunella grandiflora*. C'est une pelouse assez dense et relativement élevée. Ce groupement présente un aspect pauciflore pendant la belle saison, par le développement des graminées sociales qui limite fortement les floraisons.

4.2.3. Composition floristique

Elle a été établie sur l'analyse de 66 relevés. Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 26,2 dans la variante typique, 20,6 dans la variante à *Viola hirta* et 27,2 dans la variante à *Genistella sagittalis*, ce qui est dans la moyenne de l'ensemble des groupements décrits. La dernière avec 7 espèces de plus en moyenne que les deux autres variantes, constitue l'un des groupements les plus riches que l'on ait rencontré. Cependant, on n'y retrouve pas d'espèces à grande valeur patrimoniale.

Les espèces différentielles par rapport aux sous-associations à *Origanum vulgare* et à *Arrhenatherum elatius*, sont *Briza media, Ophrys fuciflora, Anthyllis vulneraria, Thymus praecox, Cirsium acaule, Polygala calcarea, Festuca lemanii et Seseli montanum*. Cette sous-association partage ces plantes différentielles avec la sous-association à *Helianthemum nummularium*, dans laquelle elles sont beaucoup plus abondantes. Certaines espèces (*Ophrys fuciflora, Anthyllis vulneraria, Polygala calcarea* et *Seseli montanum*) disparaissent presque complètement dans les sous-associations mésophiles, ce qui en fait de très bonnes différentielles.

Les espèces à hautes fréquences sont *Festuca lemanii, Sanguisorba minor, Seseli montanum, Cirsium acaule, Potentilla neumanniana, Lotus corniculatus, Genista tinctoria, Hippocrepis comosa, Bromus erectus, Leontodon hispidus, Brachypodium pinnatum, Briza media, Euphorbia cyparissias, Securigera varia* et *Linum catharticum*. Ce sont presque toutes des espèces mésophiles, sauf quelques-unes qui dénotent une vague tendance xérophile (*Seseli montanum* et *Hippocrepis comosa*).

4.2.4. Synchorologie

C'est un groupement à très large répartition, que l'on retrouve dans presque toute la région. Il s'installe aussi bien sur les substrats calcaires que plus marneux, mais c'est sur le calcaire du Bajocien, de la vallée de la Moselle qu'il trouve son optimum. Il est presque totalement absent sur le calcaire du Rauracien de Meuse. Nous ne l'avons rencontré qu'à Mont-devant-Damvillers et à Murvaux. Il est bien représenté sur le calcaire marneux, notamment à Guebling, Basse Vigneulles, Nixéville, Montenach et Salmagne.

4.2.5. Evolution dynamique

Ces trois groupements sont très communs en Lorraine. Ils étaient autrefois fauchés ou pâturés et plus xérophiles dans la majeure partie des cas. C'est l'abandon des pratiques agricoles de pâturage et de fauche qui l'a conduit à être aussi commun aujourd'hui. La disparition assez rapide des espèces liées au pâturage (*Hieracium pilosella, Salvia pratensis, Trifolium campestre*) et celle des espèces xérophiles (*Linum tenuifolium, Epipactis atrorubens, Pulsatilla vulgaris*), la colonisation plus ou moins rapide du Brachypode et du Brome, dans certains cas, ont eu pour conséquence d'en faire le plus commun du nord de la région. Au sud de Nancy et de Saint-Mihiel, l'abandon des parcelles aboutit plus rapidement à des Brachypodaies de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 sous-association à *Origanum vulgare*. C'est donc sur les anciens parcours de pacages, dans des ambiances mésothermes, autour de Metz et de Verdun, que ces syntaxons ont pris leur développement maximum.

Leur productivité annuelle herbagère est supérieure à 2,5 tonnes/ha/an (PAUTZ, 1994), ce qui en fait un milieu dont l'intérêt agricole n'est pas négligeable. Le déterminisme de l'*Onobrychido-Brometum* du Jura est essentiellement d'ordre édaphologique, avec des sols assez profonds, bien drainés, neutres en général et assez bien pourvus en alimentation minérale (ROYER, 1987). Il en est de même en Lorraine. Cette sous-association s'installe sur des sols assez profonds, dont le groupement évolue plus ou moins rapidement selon le climat stationnel et le passé des parcelles vers des ourlets mésophiles dominés par le Brachypode mais les arbustes peuvent se développer directement sur ce type de milieu. Nous l'avons observé à Othe dans la variante mésophile.

La variante typique apparaît le plus souvent à partir des syntaxons de l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Helianthemum nummularium*. Nous l'avons observé, plus rarement, en bordure de pelouses du *Festuco lemanii Brometum* en phase d'ourléification (ourlet en nappe du Plateau de Malzéville, par exemple). S'il est pâturé ou fauché, il reste assez stable, mais un abandon des pratiques agricoles aboutit assez rapidement à la formation de l'*Onobrychido-Brometum* sous-association typique variante à *Viola hirta*. Dans ce groupement très fermé, intermédiaire entre la sous-association typique et la sous-association à *Origanum vulgare*, les dernières espèces thermophiles et xérophiles disparaissent (*Anacamptis pyramidalis, Linum tenuifolium, Thymus praecox, Seseli montanum, Gymnadenia conopsea, Teucrium chamaedrys*) ou régressent fortement (*Hieracium pilosella, Ophrys fuciflora, Anthyllis vulneraria, Carex caryophyllea*). Parallèlement à cela, les espèces mésophiles d'ourlets commencent à se développer (*Campanula glomerata, Trifolium pratense, Poa pratensis, Securigera varia* et *Viola hirta*). L'*Onobrychido-Brometum* sous-association typique, variante à *Viola hirta* est un groupement de transition, qui disparaît rapidement avec la colonisation du Brachypode.

L'*Onobrychido-Brometum* sous-association typique, variante à *Genistella sagittalis* est un groupement mésophile de plateau décarbonaté. Il apparaît par colonisation des espèces mésophiles, à partir de *l'Onobrychido-Brometum* sous-association typique variante à *Genistella sagittalis*. Deux espèces acidophiles disparaissent (*Sieglingia decumbens* et *Stachys officinalis*) et des espèces thermo-xérophiles également (*Helianthemum nummularium, Hieracium pilosella, Anacamptis pyramidalis, Linum tenuifolium, Pulsatilla vulgaris*, etc.). Dans le même temps, des plantes mésophiles apparaissent (*Trifolium pratense, Origanum vulgare, Dactylis glomerata, Galium mollugo*) ou se développent (*Achillea millefolium, Poa pratensis*).

Par fermeture quasi totale du milieu, et surtout par augmentation de l'acidité des horizons de surfaces, l'*Onobrychido-Brometum* sous-association typique variante à *Genistella sagittalis* évolue vers le *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Calluna vulgaris*. Ces deux groupements se trouvent d'ailleurs en mosaïque sur le Plateau de Malzéville, ainsi que sur la pelouse de Vouthon-bas. Cependant, compte tenu des conditions météorologiques de notre région, cette évolution ne s'observe que très rarement. Elle s'accompagne de l'apparition et du développement de deux espèces acidophiles caractéristiques (*Sarothamnus scoparius* et *Calluna vulgaris*). Dans les régions plus humides, le passage est plus fréquent. Dans notre région, l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 sous-association typique variante à *Genistella sagittalis* est à peu près stable. La colonisation du Brachypode n'entraîne pas sa disparition. Il n'en est pas de même de la colonisation arbustive dans laquelle *Agrostis capillaris* et *Genistella sagittalis* s'effacent au profit des ligneux.

4.3. L'*Onobrychido-Brometum*, sous-association à *Arrhenatherum elatius* ss-ass. nov.

4.3.1. Rattachement phytosociologique

a) Composition floristique du groupement lorrain

Sa composition floristique montre une richesse en espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea* (30%) (figure 20, 21 et 22). Sa pauvreté en espèces des *Brometalia* et du *Mesobromion* nous permet de nous interroger quant à son rattachement phytosociologique. Cependant, compte tenu des différentes A.F.C. qui ne font pas apparaître une disjonction nette entre les relevés des *Festuco-Brometea* et les relevés entrant dans ce syntaxon, il est préférable de ranger ce groupement dans les *Festuco-Brometea*. D'autre part, la présence d'espèces totalement absentes dans les *Agrostio-Arrhenatheretea*, comme *Festuca lemanii*, *Anacamptis pyramidalis*, *Brachypodium pinnatum* ou *Pimpinella saxifraga*, confirme son rattachement phytosociologique à cette classe.

Pour sa définition au sein de l'alliance du *Eu-Mesobromenion*, on peut se référer à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 7, qui l'individualise nettement. Mais c'est surtout l'analyse factorielle 2 (figure 3) qui nous a conduit à le rattacher à l'*Eu-Mesobromenion*.

Ce groupement est composé d'espèces typiques des *Festuco-Brometea*. On remarque cependant l'apparition d'un grand nombre d'espèces prairiales, des milieux mésotrophes et eutrophes (*Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Trisetum flavescens*, *Vicia sepium*). Il est très nettement imprégné d'espèces prairiales, dont l'abondance est souvent importante sur les différents relevés.

Cette sous-association correspond à des pelouses tendant vers des prairies. Elle est la plus méso-eutrophe que l'on ait rencontré. ELLENBERG (1963) indique que la fertilisation permet le passage des groupements des *Brometalia erecti* à ceux des *Arrhenatheretalia elatioris*.

Les espèces que DE FOUCAULT (1984) détermine comme caractéristiques de la classe des *Agrostio-Arrhenatheretea* (R. Tx 1937 em. 1970) de Fouc. 1984 sont *Plantago lanceolata*, *Bellis perennis*, *Rumex acetosa*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Ranunculus acris*, *Taraxacum officinale*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Cynosurus cristatus*, *Cerastium fontanum*, *Festuca pratensis*, *Prunella vulgaris*, *Phleum pratense* et *Trifolium dubium*. Le groupement lorrain est composé d'un grand nombre d'espèces qui trouvent leur optimum dans cette classe phytosociologique. Ce sont *Plantago lanceolata*, *Knautia arvensis*, *Achillea millefolium*, *Dactylis glomerata*, *Leucanthemum vulgare*, *Trifolium pratense*, *Poa pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Trisetum flavescens*, *Lotus corniculatus* et *Tragopogon pratensis*. Les espèces abondantes des syntaxons des *Festuco-Brometea* sont *Brachypodium pinnatum*, *Onobrychis viciifolia*, *Briza media*, *Bromus erectus*, *Carex flacca*, *Euphorbia cyparissias*, *Pimpinella saxifraga*, *Sanguisorba minor*, *Galium verum* et *Linum catharticum*. Nous pouvons constater que ce groupement mésophile eutrophe est composé pour moitié de plantes des deux classes phytosociologiques. Cependant, sur la base de l'A.F.C. 2 (figure 3), et de la présence de certaines des pelouses calcicoles (*Brachypodium pinnatum* entre autres), on le rattachera aux *Festuco-Brometea*. Lors de nos prospections, nous avons réalisé des relevés dans des milieux qui étaient plus mésophiles et dont les A.F.C. nous ont montré que leurs compositions floristiques étaient trop éloignées des pelouses calcicoles. Ils sont sans doute à rattacher à l'*Arrhenatherion*.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Nous avons retenu six groupements dont les caractéristiques floristiques et écologiques nous laissent supposer une parenté avec le syntaxon lorrain (tableau 55). Il s'agit du groupement à *Medicago falcata*, décrit par ROYER (1987), qui est une forme collinéenne semi-rurale du Jura, le groupement pionnier mésophile (WATTEZ, 1982 *in* GEHU 1982), de Picardie, les deux groupements des herbes hautes à *Bromus erectus* (WATTEZ, 1982 *in* GEHU 1982), de Picardie et de Picardie occidentale, le groupement de transition vers l'*Arrhenatherion* (GEHU, 1982), des craies du Boulonnais et de l'Artois et le *Dauco-Arrhenatheretum* (HENNEKENS *et al.*, 1984), du sud de Limbourg. Pour des raisons de commodités des comparaisons nous avons joint sur le tableau comparatif 55 les deux groupements méso-eutrophes de l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Origanum vulgare* (à *Avenula pratensis* et à *Medicago falcata*).

Les espèces des *Festuco-Brometea* y sont représentées par quelques espèces constantes, comme *Brachypodium pinnatum, Pimpinella saxifraga, Sanguisorba minor, Carex flacca, Centaurea scabiosa* et *Anthyllis vulneraria*. Un second groupe d'espèces est abondant en Lorraine et dans le groupement à *Medicago falcata* du Jura et dans les groupements à herbes hautes de Picardie et de Picardie occidentale. Il s'agit de *Asperula cynanchica, Briza media, Carlina vulgaris, Eryngium campestre, Galium verum, Potentilla neumanniana* et *Avenula pratensis*.

Les espèces des *Brometalia* sont représentées de manière très différente dans les différents syntaxons ; les trois unités lorraines ont globalement une richesse moyenne en taxons de cette unité. Il n'existe aucun groupe d'espèces commun à l'ensemble des groupements. Seuls les deux groupements des herbes hautes à *Bromus erectus* de Picardie sont riches en espèces des *Brometalia*.

Les espèces du *Mesobromion* sont assez bien représentées. Le groupement pionnier mésophile, le groupement de transition vers l'*Arrhenatherion* et le *Dauco-Arrhenatheretum* sont globalement plus pauvres que ceux que l'on trouve en Lorraine, tandis que le groupement à *Medicago falcata* du Jura est plus riche de ces mêmes espèces.

Les espèces prairiales des *Agrostio-Arrhenatheretea* sont très bien représentées dans l'ensemble des syntaxons. *Dactylis glomerata, Arrhenatherum elatius, Knautia arvensis, Leucanthemum vulgare, Plantago lanceolata, Trisetum flavescens, Achillea millefolium, Leontodon hispidus, Lotus corniculatus* et *Daucus carota* y sont quasiment constantes.

Les espèces des ourlets des *Trifolio-Geranietea*, des *Origanetalia* et du *Geranion sanguinei* sont globalement mieux représentées en Lorraine que dans les autres régions, surtout en ce qui concerne la sous-association à *Avenula pratensis*. C'est le cas par exemple d'espèces comme *Fragaria viridis, Stachys recta, Trifolium rubens, Vincetoxicum hirundinaria, Aster amellus, Astragalus glycyphyllos, Galium mollugo* et *Securigera varia*.

L'ensemble des comparaisons floristiques est valable pour les trois unités méso-eutrophes décrites en Lorraine. En ce qui concerne plus particulièrement la sous-association à *Arrhenatherum elatius*, elle a pour espèces différentielles *Holcus lanatus, Trifolium pratense, Rhinanthus alectorolophus, Cynosurus cristatus, Calystegia sepium, Lathyrus aphaca, Trifolium repens* et *Veronica arvensis*. Elle est sensiblement différente du groupement à *Medicago falcata*, par sa pauvreté en espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea*, du *Molinion* (*Blackstonia perfoliata,*

Inula salicina et *Trifolium ochroleucon*) des *Festuco-Brometea* et du *Mesobromion*, mais également des espèces du *Xerobromion* (*Dichantium ischaenum, Festuca hervierii*) qui en sont, bien entendu, totalement exclues.

Quant au groupement pionnier mésophile de WATTEZ *in* GEHU (1982), c'est le plus éloigné de l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Arrhenatherum elatius*. La présence de plantes comme *Eupatorium cannabinum, Agrostis stolonifera, Clematis vitalba, Lactuca perennis, Reseda lutea, Iberis amara, Teucrium scorodonia* et *Hieracium maculatum*, ne laisse aucun doute sur son éloignement synsystématique par rapport aux différents syntaxons de l'*Onobrychido-Brometum* lorrain.

Les deux groupements des hautes herbes de Picardie et de Picardie occidentale de WATTEZ *in* GEHU (1982), sont plus riches en espèces prairiales (*Ononis repens, Poa pratensis, Prunella vulgaris*), des *Festuco-Brometea* (*Centaurea scabiosa, Anthyllis vulneraria, Asperula cynanchica* et *Eryngium campestre*) des *Brometalia* (*Hippocrepis comosa, Koeleria pyramidata, Seseli montanum*) de la sous-association à *Arrhenatherum elatius*. On y trouve également des arbustes (*Crataegus monogyna, Juniperus communis*). Le syntaxon lorrain ne peut être rattaché aux deux unités picardes, compte tenu des différences floristiques constatées et ceci, bien que, d'un point de vue global, leur écologie soit assez proche.

Le groupement de transition vers l'*Arrhenatherion*, décrit par GEHU (1982) a une composition floristique originale. On y rencontre des plantes comme *Potentilla reptans, Rumex acetosa, Rubus caesius, Senecio jacobaea, Festuca arundinacea, Lathyrus pratensis* qui sont des espèces méso-eutrophes. On y trouve aussi des plantes comme *Helianthemum nummularium, Blackstonia perfolitae* et *Silene vulgaris* subssp *bosniaca*. Ces deux groupes d'espèces ont une écologie totalement différente en Lorraine. Il n'est pas équivalent à l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Arrhenatherum elatius*, ni même aux deux autres groupements lorrains décrits dans le tableau comparatif 55.

Le *Dauco-Arrhenetheretum* est pauvre en espèces des *Festuco-Brometea*, des *Brometalia* et du *Mesobromion*. En revanche, il est très riche en espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea*. On y retrouve des espèces quasiment absentes des autres unités décrites dans le tableau comparatif 55, comme *Festuca rubra, Festuca pratensis, Heracleum sphondylium, Ranunculus repens, Taraxacum officinale, Melilotus officinalis, Clematis vitalba*, etc. Il est très nettement différent de l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Arrhenatherum elatius*. Il est plus mésophile, eutrophe et plus rudéralisé. Il est également très différent des deux variantes de l'*Onobrychido-Brometum*, sous-association à *Origanum vulgare*, car ses deux unités sont encore moins mésophiles et encore moins eutrophes que l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Arrhenatherum elatius*. C'est pourquoi le *Dauco-Arrhenatheretum* est rattaché à la classe des *Agrostio-Arrhenatheretea*.

4.3.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 98,3%, avec des valeurs comprises entre 95 et 100% (tableau 24). C'est une pelouse très dense et très élevée, qui dépasse souvent un mètre de haut. Elle s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 5%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 1,6%.

Les espèces qui dominent sont *Arrhenatherum elatius, Bromus erectus* et *Poa pratensis*.

Ce sont les espèces eutrophes qui imposent leur physionomie (*Arrhenatherum elatius, Trisetum flavescens, Dactylis glomerata* et *Astragalus glycyphyllos* dans certains cas). Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Lotus corniculatus* à Ménaucourt et *Brachypodium pinnatum* à Jeandelaincourt. Le groupement présente un aspect très particulier pendant presque toute la saison de végétation, par le développement très important des Graminées et la rareté des floraisons.

Ce groupement a souvent pour origine une fertilisation, réalisée afin d'augmenter la productivité de la parcelle, dans le but de pouvoir faucher. Ce sont donc souvent sur des pelouses de plateau, ou de faible pente, dans des secteurs de surface importante, régulier, dépourvus d'arbustes et sans rochers dépassant la surface du sol. Ainsi, certaines parcelles du Plateau de Malzéville, de Lorry-Mardigny, de Pont-Saint-Vincent sont fauchées chaque année.

4.3.3. Composition floristique

Elle a été établie sur l'analyse de 6 relevés. Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 24,3, ce qui est assez important quand on sait sa très forte dominance des graminées. Les espèces dominantes sont *Trisetum flavescens, Lathyrus aphaca, Cynosurus cristatus, Leucanthemum vulgare* et *Arrhenatherum elatius*. Les espèces à haute fréquence sont *Brachypodium pinnatum, Carex flacca, Euphorbia cyparissias, Hypericum perforatum, Lotus corniculatus, Onobrychis viciifolia, Achillea millefolium, Dactylis glomerata, Galium verum, Holcus lanatus, Knautia arvensis, Poa pratensis* et *Vicia tenuifolia*.

De plus, *Cynosurus cristatus, Trisetum flavescens, Poa pratensis* sont souvent liés au pacage. *Holcus lanatus* et *Cynosurus cristatus* ont été notés sur certains de ces relevés, leur faible abondance les classant dans les espèces accidentelles, mais la présence de ces espèces traduit un sol enrichi en nitrates.

4.3.4. Synchorologie

Sa répartition géographique est très liée aux pratiques de gestions. Ce groupement apparaît, en effet, avec les déjections animales ou les fumures azotées. Ces pratiques peuvent expliquer la présence de *Dactylis glomerata, Poa pratensis, Daucus carota, Trisetum flavescens, Vicia sepium, Arrhenatherum elatius, Calystegia sepium, Holcus lanatus, Ononis spinosa,* car ce sont des espèces aimant les sols enrichis en nitrates. C'est donc la teneur en nitrates, liée le plus souvent à un passé cultural, qui est le facteur déterminant à son installation. Ce groupement, de par son déterminisme anthropogène est potentiel sur l'ensemble des pelouses de la région en fonction des interventions agricoles qui y sont pratiquées.

4.3.5. Evolution dynamique

Ce groupement est caractérisé par une très forte densité du tapis herbacé et par une hauteur du tapis herbacé qui dépasse souvent 40 centimètres. La biomasse importante de l'arrhénathéraie est sans doute le reflet d'un amendement ancien. Dans le Jura, le déterminisme de l'*Onobrychido-Brometum*, est essentiellement d'ordre édaphologique, avec des sols assez profonds, bien drainés, neutres en général et assez bien pourvus en alimentation minérale (ROYER, 1987). Il en est de même en Lorraine. Il s'installe sur des sols profonds. Un apport

d'engrais fait augmenter, en effet, très sensiblement la biomasse épigée en plus d'induire des transformations floristiques importantes. D'après WILLEMS (1980), on passe d'une biomasse épigée de 150-350 g/m^2, dans les mésobromaies à une biomasse comprise entre 350 et 900 g/m^2 dans les arrhénathéraies néoformées, correspondant à la sous-association à *Arrhenatherum elatius*. Les mesures effectuées au Plateau de Malzéville en 1995 donnent des mesures allant de 250 à 530 g/m^2 (PAUTZ, 1996). Si l'action humaine s'intensifie (apport régulier d'engrais organiques ou chimiques, traitement en fauche), ce groupement évolue rapidement vers l'*Arrhenatherion*, puis vers le *Cynosurion* (ROYER, 1987). Ces constatations faites dans le Jura français viennent confirmer nos observations en Lorraine.

L'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Arrhenatherum elatius* peut se former à partir de plusieurs groupements que l'on peut rattacher, semble-t-il, à l'*Onobrychido-Brometum*. Les biotopes où se développent le *Genisto-Seslerietum* et le *Festuco lemanii-Brometum* ne semblent pas propice au développement de ce syntaxon.

Ce groupement, d'origine anthropique, est installé sur des sols relativement profonds, qui ont été amendés par du fumier (Plateau de Malzéville, pelouse de Lorry-Mardigny). Le Brachypode y est présent, mais sa domination est limitée par les graminées prairiales comme *Arrhenatherum elatius, Trisetum flavescens, Dactylis glomerata*. Un arrêt de la fertilisation aboutirait au développement progressif des espèces d'ourlets (*Calamintha clinopodium, Cornus sanguinea, Agrimonia eupatoria, Securigera varia, Viola hirta* et *Origanum vulgare*) et à la disparition des graminées et vivaces prairiales (*Arrhenatherum elatius, Cynosurus cristatus, Trisetum flavescens*).

4.4. L'*Onobrychido-Brometum*, sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare* ss-ass. nov., variante à *Colchicum autumnale*

4.4.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique avec les groupements homologues, on se référera au tableau synthétique 51. Les groupements ourliéfiés du *Mesobromion* entrent dans le *Coronillo-Brachypodietum*. Dans notre étude, nous n'avons pas voulu faire des quatre syntaxons ourliéfiés, une association indépendante, ni le rattacher au *Coronillo-Brachypodietum*, car l'analyse factorielle et la composition floristique quasi identique à celles de l'*Onobrychido-Brometum*, nous obligent à en faire une sous-association de l'*Onobrychido-Brometum*.

Pour la définition de la variante à *Colchicum autumnale* au sein de l'alliance du l'*Eu-Mesobromenion*, on peut se référer à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 7 et au tableau phytosociologique 4.

Elle correspond à des pelouses fermées ourléifiées en nappe sur sols carbonatés, dominées par le brachypode. Elle est rangée dans la classe phytosociologique des *Festuco-Brometea*, avec une tendance marquée vers la classe des *Trifolio-Geranietea*, dans l'ordre des *Origanetalia vulgaris*, qui rassemblent les ourlets préforestiers neutrophiles à calcicoles d'origine sarmatique et steppique.

Les auteurs belges ont décrit une variante à *Aquilegia vulgaris* du groupement à *Securigera varia* et *Bromus erectus*, en pentes nord inclinées, dans la partie supérieure de la côte, sur substrat du Lusithanien et du Bajocien (observée à Romagne sous les Côtes (Meuse), Lion devant Dun (Meuse), Brouennes (Meuse), Murvaux (Meuse), Gibeaumeix (Meurthe et Moselle),

Géronville sous les côtes (Meuse) et Watronville (Meuse). La forme la plus sèche de cette variante a été observée à Watronville et Gibeaumeix, accompagnée de *Genista pilosa* et *Pulsatilla vulgaris*. (DURIN *et al.*, 1957). Il semble assez proche de celui dont parlent ces auteurs belges, mais nous ne disposons pas de leurs tableaux de relevés et les comparaisons floristiques sont donc impossibles.

La variante à *Colchicum autumnale* est relativement proche du *Centaureo nemoralis-Origanetum vulgaris* DE FOUC., FRILEUX et WATTEZ, groupement d'ourlet subatlantique, dans lequel *Origanum vulgare* a également une fréquence élevée. On distingue les groupements des pelouses lorraines par l'absence de *Centaurea nemoralis* et l'abondance en Lorraine de *Genista tinctoria*, *Colchicum autumnale*.

Deux relevés réalisés à Aingeray et à Griscourt recèlent *Helianthemum nummularium*. Un ourlet à *Helianthemum nummularium* a été décrit en Picardie. Les relevés d'ourlets lorrains sont riches en espèces mésophiles (*Medicago falcata*, *Galium verum*), tandis que les espèces mésoxérophiles y sont rares. Des différences floristiques assez importantes existent entre les deux relevés. Aussi, l'homogénéité floristique des ourlets à *Helianthemum nummularium* du groupement de Picardie occidentale, ne semble pas être le cas en Lorraine. Aussi, il est délicat de rapprocher nos deux relevés de ceux décrits par ces auteurs seulement sur la base de la présence d'*Helianthemum nummularium*, comme cela est le cas pour la Picardie. Ceci d'autant, que l'homogénéité floristique du groupement picard ne nous apparaît pas évidente !!!

4.4.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée (tableau 23) est en moyenne de 96,1%, avec des valeurs comprises entre 85 et 100%. Ce sont les hémicryptophytes qui dominent. On rencontre également quelques chaméphytes ligneux, quelques rares géophytes. Les thérophytes sont quasiment absentes. Ce groupement s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 25%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 10,1%. Il trouve son optimum de croissance durant l'été, comme d'ailleurs beaucoup de groupements des *Origanetalia*.

Les espèces qui abondent sont *Bromus erectus* et surtout *Brachypodium pinnatum*, qui impose très nettement sa physionomie. Seule une espèce réussit à former un faciès : il s'agit de *Inula salicina* à Murvaux. Le pouvoir colonisateur du Brachypode empêche le développement important d'autres espèces et limite donc la formation de faciès particulier. C'est une pelouse extrêmement dense, mais beaucoup moins élevée que les autres variantes de la sous-association à *Origanum vulgare*. Il présente un aspect très particulier pendant la belle saison, comme d'ailleurs beaucoup de groupements des *Origanetalia* par la couleur vert tendre très caractéristique du Brachypode et le développement et la floraison autumnale rose de *Colchicum autumnale*. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition, qui reste très liée aux expositions méridionales.

4.4.3. Composition floristique

Elle a été établie sur la base de l'analyse de 15 relevés (tableau 23). Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 23. Les espèces caractéristiques de ce syntaxon sont *Achillea millefolium*, *Colchicum autumnale*, *Origanum vulgare* et *Genista tinctoria*.

Les espèces abondantes des *Festuco-Brometea* et des *Brometalia* sont *Brachypodium pinnatum, Sanguisorba minor, Euphorbia cyparissias, Briza media, Galium verum, Carex flacca* et *Bromus erectus*. Les espèces abondantes de l'*Arrhenatherion* sont *Knautia arvensis, Achillea millefolium, Poa pratensis* et *Lotus corniculatus*. Les espèces abondantes des *Origanetalia* sont *Galium mollugo, Securigera varia, Origanum vulgare, Calamintha clinopodium* et *Viola hirta*. Ce syntaxon montre dans sa composition floristique des tendances vers l'*Arrhenatherion*, mais bien plus encore vers la classe des *Trifolio-Geranietea*, dans l'ordre des *Origanetalia*. Dans l'alliance du *Trifolion medii* Th. MÜLLER 1961, la sous-alliance de l'*Agrimonio-Trifolienion medii* KNAPP 1976, rassemble des groupements proches de celui dont nous parlons. Néanmoins, l'essentiel du cortège floristique appartient aux différents syntaxons des *Festuco-Brometea*.

4.4.4. Synchorologie

L'abandon de la pelouse entraîne un phénomène d'ourléification. Ainsi, nous l'avons surtout rencontré dans le nord de la région, mais son déterminisme est d'ordre écologique puisqu'il correspond à des milieux fermés par colonisation des graminées sociales. Il trouve également son origine dans les pratiques agricoles. On peut donc le rencontrer sur presque tout le territoire régional. L'ensemble de ces relevés donne cependant une idée de toute l'étendue que peut prendre ce groupement. Par exemple, de petites pelouses abandonnées et en phase de fermeture complète peuvent l'abriter. Son aire potentielle de répartition est identique à celle des autres variantes de la sous-association à *Origanum vulgare*.

4.4.5. Evolution dynamique

Elle correspond à des pelouses abandonnées, dans lesquelles le Brachypode est très largement dominant et où les arbustes pionniers commencent à se développer. Elle se développe presque exclusivement à partir des pelouses de l'*Onobrychido-Brometum*, le plus souvent dans la sous-association typique et plus rarement dans la sous-association à *Helianthemum nummularium*. Les substrats marneux mésophiles, sur lesquels s'installe le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 sous-association mésophile à *Galium verum*, entre autres, évoluent par arrêt des pratiques de gestion assez rapidement vers ce groupement. Les espèces marnicoles (*Carex tomentosa, Senecio erucifolius, Listera ovata, Inula salicina*) disparaissent complètement. Les distinctions floristiques que nous pouvons identifier dans les syntaxons xérophiles s'estompent avec la colonisation du Brachypode pour aboutir à une certaine homogénéité floristique au niveau des ourlets à *Colchicum autumnale*.

Sur substrats calcaires, ce sont les biotopes où s'installe l'*Onobrychido-Brometum* qui semblent les plus favorables au développement de ce syntaxon. Un passage direct d'un syntaxon du *Genisto-Seslerietum* à l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Origanum* variante à *Colchicum vulgare* est très rare. Nous l'avons observé uniquement à Mécrin et à la Côte sous-la-Praye. Plus généralement, c'est à partir du *Festuco lemanii-Brometum* ROYER *(73)* 1978 et plus encore du l'*Onobrychido-Brometum* qu'il se développe. Dans les pelouses du *Festuco lemanii-Brometum*, le développement de l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Origanum* variante à *Colchicum vulgare* correspond aux ourlets en nappe, que l'on distingue facilement par la densité du couvert végétal et par la couleur jaune tendre de la végétation. Dans les transitions, les espèces xérophiles (*Globularia bisnagarica, Pulsatilla vulgaris, Linum tenuifolium*, etc...) disparaissent brutalement.

Dans les pelouses plus mésophiles, que l'on rattache à l'*Onobrychido-Brometum*, la disparition des espèces xérophiles et le développement des plantes mésophiles est plus progressif. Les espèces méso-xérophiles de l'*Onobrychido-Brometum* sous-association typique variante typique et variante à *Viola hirta* disparaissent (*Hieracium pilosella, Anacamptis pyramidalis, Ophrys fuciflora, Anthyllis vulneraria,* etc...) ou ont fortement régressé (*Teucrium chamaedrys, Carex flacca, Briza media*, par exemple).

Cet ourlet à *Colchicum autumnale* est dynamiquement suivi d'un manteau préforestier du *Ligustro-Prunetum* Tx 1952, dans lequel des arbustes comme *Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Rosa canina, Cornus sanguinea* sont souvent très abondants.

4.5. L'*Onobrychido*-Brometum, sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare* ss-ass. nov., variante à *Vicia tenuifolia*

4.5.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique, on se référera au tableau synthétique 51. Les groupements ourliéfiés du *Mesobromion* entrent bien souvent dans le *Coronillo-Brachypodietum* ROYER, 1973 (ROYER, 1987). Dans notre étude, nous n'avons pas voulu faire des quatre groupements ourliéfiés une association indépendante ni les rattacher au *Coronillo-Brachypodietum*, car l'analyse factorielle et la composition floristique quasi identique à celles de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966, nous obligent à en faire une sous-association de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966.

Pour son rattachement au sein de l'alliance du l'*Eu-Mesobromenion*, on peut se référer à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 7 et aux tableaux phytosociologiques 4 et 22. Cette variante à *Vicia tenuifolia* ne s'individualise pas sur l'A.F.C. partielle, ce qui s'explique par le fait qu'une seule espèce, *Vicia tenuifolia*, la différencie. On aurait pu faire de ces relevés des faciès à *Vicia tenuifolia*, mais les particularités écologiques de ces ourlets en nappe, leurs transitions vers le *Coronillo-Vicietum tenuifoliae* RAMEAU et ROYER 79, décrit en Bourgogne, nous ont incités à en faire une variante particulière.

4.5.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 98,5%, avec des valeurs comprises entre 95 et 100%. C'est donc une pelouse très dense et relativement élevée. C'est un groupement mésophile qui s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 20%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 9,4%. C'est un groupement qui trouve son optimum de croissance durant l'été, comme d'ailleurs beaucoup de groupements des *Origanetalia.*

Les espèces qui abondent sont *Vicia tenuifolia, Brachypodium pinnatum* et dans une moindre mesure *Bromus erectus* et *Sanguisorba minor.* Il correspond à des ourlets très fermés dominés physionomiquement à la fois par le Brachypode et *Vicia tenuifolia.* Sa physionomie très caractéristique et la floraison rose à la fin du printemps et au début de l'été de *Vicia tenuifolia* en font un syntaxon aisément reconnaissable. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Poa pratensis* à Jaulny et *Carex flacca* à Sarreinsming. RAMEAU et ROYER (1971) indiquent que ce groupement se trouve toujours à la périphérie de certains massifs forestiers. Ceci n'est pas le cas en Lorraine, où il n'est pas rare qu'il forme des ourlets en nappe. *Vicia tenuifolia* est une

espèce constante, elle forme d'ailleurs des tapis herbacés parfois monospécifiques, à tel point qu'il est souvent aisé de reconnaître ce groupement.

4.5.3. Composition floristique

C'est un groupement riche en espèces de pelouses (*Sanguisorba minor, Bromus erectus, Carex flacca, Lotus corniculatus*). Les espèces de haute fréquence sont: *Achillea millefolium, Agrimonia eupatoria, Calamintha clinopodium, Securigera varia, Crataegus monogyna, Dactylis glomerata, Galium mollugo, Knautia arvensis, Vicia tenuifolia, Origanum vulgare, Poa pratensis, Primula officinalis.*

On y rencontre un nombre important d'espèces d'ourlets (*Viola hirta, Origanum vulgare, Calamintha clinopodium, Securigera varia*). Le caractère mésophile est bien illustré par la présence de *Dactylis glomerata, Poa pratensis, Knautia arvensis, Securigera varia.* La plupart des espèces d'ourlets ont une floraison plus tardive que les espèces de milieux ouverts, ce qui explique que le groupement s'individualise physionomiquement à partir de la fin juin. La floraison de *Vicia tenuifolia*, qui forme des tapis roses, en est le meilleur exemple. Ces plantes herbacées sont volubiles (*Vicia tenuifolia, Galium pumilum*), elles sont avantagées dans les milieux très fermés, car elles peuvent prendre appui sur les autres espèces. Les ourlets thermophiles vivaces sont souvent liés au calcaire (*Geranietalia sanguinei*). Ces ourlets sont souvent très riches en *Leguminosae*, qui vont fortement enrichir le sol (GEHU, 1979).

4.5.4. Synchorologie

Nous l'avons rencontré essentiellement dans le nord de la région, mais son déterminisme est d'ordre écologique puisqu'il correspond à des milieux fermés par colonisation des graminées sociales. Il trouve également son origine dans les pratiques agricoles (amendements, anciennes cultures). On peut donc le rencontrer sur presque tout le territoire régional. L'ensemble de ces relevés donne cependant une idée de toute l'étendue que peut prendre ce groupement. Par exemple, de petites pelouses abandonnées et en phase de fermeture complète peuvent l'abriter. Son aire potentielle de répartition est identique à celle des autres variantes de la sous-association à *Origanum vulgare.*

4.5.5. Evolution dynamique

L'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 sous-association à *Origanum vulgare* variante à *Vicia tenuifolia* est assez proche écologiquement de la variante à *Colchicum autumnale* et de la variante à *Avenula pratensis.* Les stades de transition, les changements floristiques, disparition des espèces méso-xérophiles et développement des espèces mésophiles des *Agrostio-Arrhenathereteа* et des *Trifolio-Geranietea* sont sensiblement identiques entre les différentes variantes. On pourra se reporter à la description de ces phénomènes dans le paragraphe concernant la variante à *Colchicum autumnale.* Les quelques nuances portent sur la développement très important de Vicia tenuifolia, plante herbacée et lianescente, comme *Galium pumilum*, ce qui constitue un avantage. Elles peuvent prendre appui sur les autres espèces pour croître au dessus du tapis dense formé par le Brachypode. Ces pelouses calcaires évoluent vers les unités du *Ligustro-Prunetum* dans le domaine du Carpinion ou du Fagion thermophiles dans l'est de la France.

4.6. L'*Onobrychido-Brometum*, sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare* ss-ass. nov., variante à *Avenula pratensis*

4.6.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique, on se référera au tableau synthétique 55. On se référera à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 7 et aux tableaux phytosociologiques 4 et 21 pour son rattachement au sein de l'alliance du l'*Eu-Mesobromenion.*

a) Composition floristique du groupement lorrain

Les espèces des *Festuco-Brometea* et des *Brometalia* abondantes sont *Brachypodium pinnatum, Hippocrepis comosa, Bromus erectus, Carex flacca, Euphorbia cyparissias, Sanguisorba minor* et *Galium verum.* Les espèces abondantes de l'*Arrhenatherion* sont *Achillea millefolium, Knautia arvensis, Dactylis glomerata, Poa pratensis* et *Lotus corniculatus.* Les espèces abondantes des *Origanetalia* sont *Galium mollugo, Securigera varia, Origanum vulgare, Calamintha clinopodium* et *Viola hirta.* Le groupement montre dans sa composition floristique des tendances vers l'*Arrhenatherion*, mais bien plus encore vers la classe des *Trifolio-Geranietea.* Néanmoins, l'essentiel du cortège floristique appartient aux différents syntaxons des *Festuco-Brometea.* Ce groupement correspond à des pelouses fermées ourléifiées en nappe sur sols carbonatés, correspondant le plus souvent à des brachypodaies denses. Il est rangé dans la classe phytosociologique des *Festuco-Brometea*, avec une tendance marquée vers la classe des *Trifolio-Geranietea*, dans l'ordre des *Origanetalia vulgaris*, qui rassemble les ourlets préforestiers neutrophiles à calcicoles d'origine sarmatique et steppique.

Il appartient au *Mesobromion*, dans sa variante sur sols profonds et eutrophes, l'*Eu-Mesobromion. Dactylis glomerata* montre un coefficient d'abondance très important. Il est riche en espèces des *Arrhenatheretalia.*

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

La littérature indique six groupements dont les caractéristiques floristiques et écologiques nous laissent supposer une parenté avec le syntaxon lorrain (tableau 55). Il sont cités dans le même chapitre que le syntaxon précédent.

La variante à *Avenula pratensis* de l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 sous-association à *Origanum vulgare* est la plus riche des syntaxons décrits en taxons du *Geranion sanguinei* (*Bupleurum falcatum, Vicia tenuifolia*). Elle est également très riche en espèces des *Origanetalia*, au même titre que le groupement à *Medicago falcata* et le groupement de transition vers l'*Arrhenatherion*, dont on sait par ailleurs qu'il assez nettement différent de l'*Onobrychido-Brometum* de Lorraine. Le groupement à *Medicago falcata* du Jura (ROYER, 1987) est mésophile (*Festuca rubra*) et xérophile (*Festuca hervierii, Dicanthium ischaenum*), eutrophe (*Dactylis glomerata, Rumex acetosa, Vicia sativa*) et légèrement marnicole (*Blackstonia perfoliata, Inula salicina* et *Trifolium ochroleucon*). Ce groupement est relativement proche sur le plan écologique de celui que nous avons identifié en Lorraine. Cependant, la composition floristique est différente sur un certain nombre de taxons et nous ne pouvons pas dire que ces unités soient floristiquement équivalentes.

Au niveau d'une éventuelle proximité floristique avec les deux syntaxons picards (WATTEZ, 1982), on constate qu'ils sont plus riches en espèces *Agrostio-Arrhenatheretea*, plus pauvres en espèces des ourlets des *Origanetalia* et des *Trifolio-Geranietea*. Hormis ces différences, ils sont écologiquement assez proches, avec une xérophilie plus importante pour les groupements picards. Les différences floristiques existant entre ces unités le traduisent. Par exemple, les espèces différentielles picardes sont *Prunella vulgaris, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Polygala vulgaris, Seseli montanum, Galium mollugo erectum, Pimpinella saxifraga, Anthyllis vulneraria, Asperula cynanchica, Campanula rotundifolia,* etc.. et les différentielles lorraines sont *Gymnadenia conopsea, Festuca pratensis, Taraxacum officinale, Tragopogon pratensis, Carex caryophyllea, Cytisus decumbens, Melilotus officinalis, Galium mollugo, Calamintha clinopodium, Securigera varia, Prunus spinosa, Helleborus foetidus, Stachys recta, Seseli libanotis,* etc... Bien qu'écologiquement assez proches, les différences floristiques mises en évidence entre les groupements des hautes herbes à *Bromus erectus* et l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Origanum vulgare*, variante à *Avenula pratensis* nous obligent à les distinguer.

La richesse du syntaxon lorrain et sa caractérisation par l'abondance d'*Avenula pratensis* rappelle l'*Avenulo pratensis-Festucetum lemanii* (BOULLET, 1980) BOULLET et GEHU 1984 de l'ouest de la France. Elle constitue, par sa large distribution, l'association de pelouse fondamentale du nord-ouest de la France (BOULLET, 1986). Cinq sous-associations ont été décrites. Le groupement lorrain est proche de la sous-association *brometosum erecti* (BOULLET & GEHU, 1984), syntaxon le plus mésophile de l'association. Le taux d'espèces eurosibériennes et d'eurasiatiques y est particulièrement élevé (BOULLET, 1986). Dans les groupements décrits par BOULLET, *Knautia arvensis, Bromus erectus, Centaurea scabiosa* et *Eryngium campestre* y sont très bien représentés. *Bromus erectus, Knautia arvensis* y sont effectivement très abondants. Ces groupements sont, dans les deux cas, des bromaies mésophiles. Par contre, *Eryngium campestre*, bien que présent, n'est pas spécialement abondant. Le groupement lorrain a quelques affinités avec l'*Avenulo pratensis-Festucetum lemanii* de l'ouest de la France, par l'abondance de *Viola hirta* et l'absence d'*Eryngium campestre*. Cependant, l'*Avenulo pratensis-Festucetum lemanii* est xérophile à mésoxérophile, ce qui n'est absolument pas le cas de celui que nous décrivons ici. Le groupement lorrain constitue un syntaxon distinct de l'*Avenulo pratensis-Festucetum lemanii* ; il a une légère affinité phytosociologique avec ce dernier.

4.6.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 96,8%, avec des valeurs comprises entre 90 et 100% (tableau 21). Ce sont les hémicryptophytes qui dominent. On rencontre également quelques chaméphytes ligneux, quelques rares géophytes. Les thérophytes sont quasiment absents. Il s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 25%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 8,5%.

Les espèces qui abondent sont *Brachypodium pinnatum* et dans une moindre mesure *Bromus erectus* et *Sanguisorba minor*. *Avenula pratensis* n'est jamais très abondant. Aucune espèce ne forme de faciès, ce qui s'explique facilement par l'extrême dominance du Brachypode qui empêche le développement d'autres plantes. C'est une pelouse extrêmement dense et élevée lorsque *Avenula pratensis* est en fleur. Elle présente un aspect particulier pendant la belle saison, car le Brachypode forme des groupements très denses de couleur vert tendre. Elle s'installe sur des sols eutrophes.

4.6.3. Composition floristique

Les espèces différentielles sont *Helleborus foetidus, Viola hirta, Cornus sanguinea* et *Avenula pratensis*. Les espèces à haute fréquence sont *Brachypodium pinnatum, Bromus erectus, Euphorbia cyparissias, Lotus corniculatus, Sanguisorba minor, Agrimonia eupatoria, Dactylis glomerata* et *Poa pratensis*. *Helleborus foetidus* est une caractéristique du *Quercion pubescenti-petreae*.

4.6.4. Synchorologie

Nous l'avons rencontré essentiellement dans le nord de la région, mais son déterminisme est d'ordre écologique puisqu'il correspond à des milieux fermés par colonisation des espaces ouverts par les graminées sociales (Brachypode et Brome). Il trouve également son origine dans les pratiques agricoles (fauches et amendements). On peut donc le rencontrer sur presque tout le territoire régional. L'ensemble de ces relevés donne cependant une idée de toute l'étendue que peut prendre ce groupement. Par exemple, de petites pelouses abandonnées et en phase de fermeture complète peuvent l'abriter.

4.6.5. Evolution dynamique

Ce groupement correspond à des milieux fermés par colonisation des graminées sociales sur des pelouses de *l'Onobrychido-Brometum* dans sa sous-association typique. Il trouve également son origine dans les pratiques agricoles, notamment d'anciens parcours de pâture.

L'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Origanum vulgare* variante à *Avenula pratensis* est assez proche écologiquement de la variante à *Colchicum autumnale* et de la variante à *Vicia tenuifolia* et encore plus de la variante à *Medicago falcata*. Toutefois, les espèces prairiales sont plus abondantes dans la variante à *Medicago falcata* et dans la variante à *Avenula pratensis*. Les stades de transition, les changements floristiques, disparition des espèces méso-xérophiles et développement des espèces mésophiles des *Agrostio-Arrhenatheretea* et des *Trifolio-Geranietea* sont sensiblement identiques entre ces différentes variantes. On pourra se reporter à la description de ces phénomènes dans le chapitre concernant la variante à *Colchicum autumnale*. Ces pelouses calcaires évoluent vers les groupements du *Ligustro-Prunetum* dans le domaine du *Carpinion* ou du *Fagion* thermophiles dans l'est de la France et du *Quercion-pubescenti-petraea*. dans l'ouest de la France.

4.7. L'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966, sous-association ourléifiée à *Origanum vulgare* ss-ass. nov., variante à *Medicago falcata*

4.7.1. Rattachement phytosociologique

a) Composition floristique du groupement lorrain

Pour sa définition au sein de l'alliance du l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957, on se référera à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 7 et au

tableau phytosociologique 20 et pour la comparaison phytosociologique, on se référera au tableau synthétique 55.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

La comparaison de l'*Onobrychido-Brometum* lorrain avec le groupement pionnier mésophile, le groupement de transition vers l'*Arrhenatherion* et le *Dauco-Arrhenetheretum* a été faite dans le chapitre concernant l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Arrhenatherum elatius*. Elle indique que les trois unités sont assez éloignées de l'*Onobrychido-Brometum*. Les ressemblances et les dissemblances y sont étudiées.

Les deux groupements des herbes hautes à *Bromus erectus* WATTEZ, 1982, *in* GEHU (1982), décrites en Picardie ont une parenté avec l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 sous-association à *Origanum vulgare*, variante à *Medicago falcata*. Ils sont tous les trois riches en espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea* (*Dactylis glomerata, Knautia arvensis, Achillea millefolium*, etc...) et du *Mesobromion* (*Festuca lemanii, Cirsium acaule, Plantago media, Ranunculus bulbosus*). Ils sont tous les trois pauvres en espèces des *Trifolio-Geranietea* et du *Geranion sanguinei*. Les espèces des *Brometalia* et des *Festuco-Brometea* sont beaucoup mieux représentées dans les syntaxons picards (*Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Polygala vulgaris, Bromus erectus, Himantoglossum hircinum, Brachypodium pinnatum, Pimpinella saxifraga, Sanguisorba minor, Asperula cynanchica, Anthyllis vulneraria, Carlina vulgaris*,) tandis que celui de Lorraine est plus riche en espèces des *Origanetalia* (*Calamintha clinopodium, Medicago falcata, Securigera varia*).

Les autres espèces différentielles lorraines sont *Senecio jacobaea, Poa trivialis, Colchicum autumnale, Ononis spinosa, Tragopogon pratensis, Prunella laciniata, Euphorbia cyparissias, Stachys recta, Trifolium rubens*, et *Trifolium montanum*. Les différentielles picardes sont *Ononis repens, Hieracium pilosella, Crataegus monogyna, Juniperus communis, Inula conyza* et *Medicago lupulina*. Le groupement lorrain est plus évolué dans la dynamique successionnelle, mais ces unités phytosociologiques sont globalement assez proches. Cependant, les différences floristiques que nous avons identifiées nous obligent à distinguer ces syntaxons.

ROYER (1987) a décrit un syntaxon qu'il nomme groupement mésophile à *Medicago falcata*. Il est proche de l'*Onobrychido-Brometum origanetosum* variante à *Medicago falcata* par sa richesse en espèces prairiales des *Agrostio-Arrhenatheretea* (*Dactylis glomerata, Arrhenatherum elatius, Achillea millefolium*, etc.), des *Origanetalia* (*Origanum vulgare, Viola hirta, Galium mollugo*, etc.), des *Festuco-Brometea* (*Sanguisorba minor, Carex flacca, Galium verum, Eryngium campestre*, etc.) et du *Mesobromion* (*Festuca lemanii, Plantago media, Ranunculus bulbosus, Onobrychis viciifolia*) mais également par sa pauvreté en espèces des *Brometalia*, du *Molinion*, des *Prunetalia* et des *Trifolio-Geranietea*. Ces deux unités sont écologiquement et floristiquement proches. Des différences floristiques mineures sont à noter. Il s'agit de quelques espèces différentielles du Jura (*Anthoxanthum odoratum, Festuca rubra, Vicia sativa, Trifolium ochroleucon, Trifolium rubens, Sedum reflexum*, et de quelques espèces différentielles de Lorraine (*Senecio jacobaea, Cornus sanguinea, Trifolium pratense, Potentilla neumanniana, Euphorbia cyparissias, Anacamptis pyramidalis*). *Poa pratensis angustifolia* remplace *Poa pratensis* dans le Jura et *Centaurea pannonica* remplace *Centaurea scabiosa*. Quelques espèces xérophiles sont présentes ou mieux représentées dans le Jura. Il s'agit de *Festuca hervierii, Dichantium ischaenum* et *Teucrium montanum*. On peut penser que ces deux unités constituent des vicariants géographiques d'un même syntaxon compte tenu de leurs très légères différences floristiques, complétées par une écologie très proche.

4.7.2. Physionomie et écologie du groupement

Il présente un aspect particulier à partir de début juin, lorsque *Medicago falcata* commence à fleurir, dans des ourlets à *Brachypodium pinnatum. Medicago falcata* n'est jamais très abondant dans ce groupement. C'est un groupement qui s'installe de préférence à l'est, ce qui constitue une exception par rapport à l'ensemble des syntaxons décrits, qui sont tous assez strictement liés au sud. La présence de *Medicago falcata* est liée, en Lorraine, à des sols plus eutrophes que ceux des autres variantes de la sous-association à *Origanum vulgare.*

Il est mésophile, très dense, fermé, dominé par *Brachypodium pinnatum, Origanum vulgare, Bromus erectus* et *Sanguisorba minor.* Ceci n'est pas le cas en Lorraine, où il n'est pas rare qu'il forme des ourlets en nappe. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Poa pratensis* et *Ranunculus bulbosus* à Salmagne. Un autre faciès à *Arrhenatherum elatius* et *Trifolium rubens* a été identifié à Arnaville et à Grossbliederstroff.

4.7.3. Composition floristique

Il est riche en espèces de pelouses (*Sanguisorba minor, Bromus erectus, Carex flacca, Lotus corniculatus*). On y rencontre un nombre important d'espèces d'ourlets (*Viola hirta, Origanum vulgare, Calamintha clinopodium, Securigera varia*). Le caractère mésophile est bien illustré par la présence de *Dactylis glomerata, Poa pratensis, Knautia arvensis, Securigera varia.* Les espèces de haute fréquence sont *Achillea millefolium, Agrimonia eupatoria, Calamintha clinopodium, Securigera varia, Crataegus monogyna, Dactylis glomerata, Galium mollugo, Knautia arvensis, Origanum vulgare, Poa pratensis, Primula officinalis.*

4.7.4. Synchorologie

Nous l'avons rencontré essentiellement dans le nord de la région, mais son déterminisme est d'ordre écologique plus que biogéographique, puisqu'il correspond à des milieux fermés par colonisation des graminées sociales. Il trouve également son origine dans les pratiques agricoles. On peut donc le rencontrer sur presque toute le territoire régional. L'ensemble des relevés donne cependant une idée de toute l'étendue que peut prendre ce groupement. Par exemple, de petites pelouses abandonnées et en phase de fermeture complète peuvent l'abriter.

4.7.5. Evolution dynamique

L'*Onobrychido-Brometum origanetosum* variante à *Medicago falcata* correspond à des milieux fermés par colonisation des graminées sociales sur des pelouses de *l'Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 dans sa sous-association typique. Les stades de transition, les changements floristiques, disparition des espèces méso-xérophiles et développement des espèces mésophiles des *Agrostio-Arrhenatheretea* et des *Trifolio-Geranietea* sont sensiblement identiques entre ces différentes variantes. Seul *Ophrys fuciflora* disparaît, alors que *Hieracium pilosella, Briza media, Anthyllis vulneraria, Cirsium acaule* et *Festuca lemanii* apparaissent. Les espèces qui se développent sont *Avenula pubescens, Leucanthemum vulgare, Trifolium pratense, Cornus sanguinea, Poa pratensis, Dactylis glomerata, Knautia arvensis, Securigera varia, Origanum vulgare* et *Calamintha clinopodium.* Les espèces qui apparaissent sont *Avenula pratensis, Helleborus foetidus* et bien sûr *Medicago falcata.* Il trouve également son origine dans les

pratiques agricoles, notamment d'anciens parcours de pâture et de parcelles amendées et fauchées.

L'*Onobrychido-Brometum origanetosum* variante à *Medicago falcata* est assez proche écologiquement de la sous-association à *Arrhenatherum elatius*. Des plantes typiques de la sous-association à *Arrhenatherum elatius*, comme *Trisetum flavescens*, *Arrhenatherum elatius*, et dans une moindre mesure *Poa pratensis* et *Dactylis glomerata*, nous permettent de le penser. Elle évolue vers les groupements du *Ligustro-Prunetum* dans le domaine du *Carpinion*, avec le développement d'arbustes comme *Rosa canina*, *Viburnum lantana*, *Crataegus monogyna* ou *Prunus spinosa*.

Chapitre 10 : Les pelouses marneuses, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973

La délimitation des relevés qui se rattachent à la sous-alliance marneuse du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987, a été effectuée lors de l'interprétation des deux premières analyses factorielles (figures 2 et 3). L'ensemble des relevés de cette sous-alliance se rattache au *Chloro perfoliatae-Brometum erecti*, dont ils constituent un pôle appauvri. Quelques espèces de l'*Eu-Mesobromenion* OBERD. 1957 (*Dactylis glomerata, Leucanthemum vulgare* et *Onobrychis viciifolia*), des *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 (*Teucrium chamaedrys, Pulsatilla vulgaris* et *Globularia bisnagarica*) et du *Genisto-Seslerietum* (*Sesleria caerulea*) transgressent, en effet, dans le groupement à *Peucedanum cervaria*.

Les espèces caractéristiques et différentielles de l'association sont *Peucedanum cervaria, Orobanche alsatica, Blackstonia perfoliatae, Genista tinctoria* et *Gymnadenia conopsea* var *densiflora*. C'est une association typique des craies marneuses turoniennes de Champagne (BOULLET, 1986). Plus au nord, au-delà de Vouziers, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 s'appauvrit considérablement (BOULLLET, 1986). On peut encore y voir *Blackstonia perfoliata, Carex tomentosa, Ornithogalum pyrenaricum, Orchis militaris* et *Gymnadenia conopsea* (DUVIGNEAUD, 1984b). Ceci correspond tout à fait à ce que l'on observe en Lorraine. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 est un syntaxon dans lequel les espèces à tendance marnicole représentatives du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 sont bien représentées, comme *Blackstonia perfoliata, Tetragonolobus maritimus, Ononis spinosa, Senecio erucifolius, Centaurium erythraea, Inula salicina*, ainsi que des espèces mésohygrophiles du *Molinion* comme *Molinia caerulea, Cirsium tuberosum*. De même, en Lorraine comme dans le Jura (ROYER, 1987), *Peucedanum cervaria, Carex flacca, Genista tinctoria* présentent une fréquence et une abondance-dominance particulièrement élevées.

Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* du Jura est lié à un substratum géologique particulier de type marneux, essentiellement de l'étage Oxfordien, (et notamment du faciès Argovien), et plus rarement des étages Kimmeridgien ou Toarcien (ROYER, 1987). Il est répandu dans toute la Champagne méridionale (ROYEK, 1973, 1978, 1982). Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* est également largement répandu en Haute-Bourgogne, principalement sur marnes Argoviennes, et çà et là sur la côte marneuse kimméridgienne, la côte marneuse cénomanienne et sur quelques marnes de l'Oxfordien supérieur (ROYER, 1973, 1981). Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* se localise aussi au niveau du Jura méridional (ROYER, 1987). Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* du Jura contient en plus *Cytisus decumbens* et *Eryngium campestre* en propre (ROYER, 1987).

En Bourgogne et en Champagne, une sous-association à *Molinia caerulea* du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* a été décrite. L'Analyse Factorielle partielle des groupements du *Tetragonolobo-Mesobromenion* permet également de l'individualiser (figure 8). RAMEAU (1971) en a donné une première description.

ROYER (1987) décrit une association marnicole montagnarde et médioeuropéenne, le *Plantagini serpentinae-Tetragonolobetum*, association se différenciant du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* par l'abondance de certaines espèces déalpines (*Trifolium montanum, Carex*

montana) et surtout par l'abondance des méso-hygrophiles, comme *Molinia c. littoralis, Tetragonolobus maritimus, Succisa pratensis, Parnassia palustris, Potentilla erecta* et *Carex panicea.* Inversement *Blackstonia perfoliata, Peucedanum cervaria* et les espèces xérophiles se raréfient sensiblement. Au sein des différents syntaxons que nous avons décrits, c'est la sous-association à *Molinia caerulea* qui tend le plus vers le *Plantagini serpentinae-Tetragonolobetum,* mais les espèces différentielles de cette association sont, soit totalement absentes, soit très faiblement représentées, si bien que nous ne pouvons pas rattacher notre sous-association à cette association.

Au sein des différentes associations du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 est une association qui fait la transition avec le *Teucrio-Mesobromenion.* C'est très nettement le cas, en Lorraine, pour la sous-association à *Tetragonolobus maritimus* et, dans une moindre mesure, pour les autres unités.

Cette sous-alliance se développe sur les sols bruns des roches marneuses. Elle fait la transition avec les pelouses méso-hygrophiles du *Molinion.* Le *Tetragonolobo-Mesobromenion* s'installe sur sols plus ou moins profonds, en général peu acidifiés, sur substratum marneux à éléments fins prépondérants (ROYER, 1987).

1. L'Analyse Factorielle des Correspondances partielle des relevés du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987

L'analyse a porté sur 78 relevés rassemblant 174 espèces. Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1 et 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 8,2% et 8,1% (figure 8).

La signification de l'axe 1 (pôle positif) est donnée par *Teucrium montanum, Carex humilis, Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Genista pilosa, Blackstonia perfoliata.* Ces espèces sont de très bonnes indicatrices des pelouses xéro-thermophiles lorraines. Quant au pôle négatif, sa signification écologique est donnée par *Calamintha clinopodium, Astragalus glycyphyllos, Orobanche gracilis, Vicia sativa* et *Inula conyza,* qui sont des espèces mésophiles bien représentées dans les ourlets. Cet axe correspond donc à l'ouverture du milieu, qui traduit la xérocité et la thermophilie du milieu. Les pelouses xérophiles marneuses du sud de la Lorraine, dans lesquelles des espèces xérophiles de pelouses sur substrats calcicoles (*Teucrium montanum, Carex humilis*) se trouvent presque exclusivement dans la vallée de la Meuse. Elles sont toutes dans la partie positive de l'axe 1 (*Chloro-Brometum* sous-association à *Tetragonolobus siliquosus*). Les relevés à *Molinia caerulea,* très mésophiles, se situent au contraire, dans la partie négative. Les autres relevés s'échelonnent le long de cet axe de xéricité.

La signification de l'axe 2 est donnée par *Echium vulgare, Rumex acetosa, Arabis hirsuta, Orobanche teucrii, Allium sphaerocephalon, Peucedanum cervaria, Aster amellus, Thalspi perfoliata, Koeleria cristata* sur le côté négatif de l'axe. Le pôle positif de l'axe 2 est bien corrélé *avec Allium vineale, Stachys officinalis, Campanula rotundifolia, Serratula tinctoria, Molinia caerulea, Tragopogon pratensis, Festuca rubra.* Les espèces liées au pôle positif de cet axe sont des mésophiles-oligotrophes bien représentées dans l'alliance du *Molinion,* surtout *Molinia caerulea, Stachys officinalis, Allium vineale* et *Serratula tinctoria.* Les espèces du pôle négatif de l'axe sont presque toujours liées à des milieux ouverts (*Allium sphaerocephalon, Orobanche teucrii*) et/ou perturbés par des pratiques agricoles anciennes (*Echium vulgare, Rumex acetosa, Arabis hirsuta, Thlaspi perfoliata*) comme un labour ou

éventuellement une fauche rase. Ce ne sont pas des espèces méso-hygrophiles, comme celles de la sous-association à *Molinia caerulea*. Il est fort probable, compte tenu de leur passé cultural, que ces pelouses soient beaucoup plus eutrophes que celles que l'on trouve dans le positif de l'axe. L'axe 2 des pelouses du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 est lié au niveau trophique induit on peut le penser par des pratiques agricoles.

2. Caractérisation phytosociologique des groupements et structuration du synsystème

L'A.F.C. partielle (figure 12A et 12B) des groupements du *Tetragonolobo-Mesobromenion* mésophiles *et de l'Eu-Mesobromenion* mésophiles montre deux groupes de relevés selon l'axe 1. L'A.F.C. Ces deux analyses permettent de distinguer les relevés appartenant aux deux sous-associations. Sur la figure 12A, les relevés du Tetragonolobo-Mesobromenion apparaissent dans la partie négative de l'axe 1, et sur le figure 12B, ils apparaissent dans la partie positive de ce même axe. Dans les deux cas, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 sous-association à *Peucedanum cervaria* est sensiblement distinct des autres syntaxons.

La composition floristique du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* sous-association à *Peucedanum cervaria* est sensiblement différente de celle des autres unités. On trouvera sur le tableau 41, la liste des taxons caractéristiques et différentiels de ces deux unités. Les unités xérophiles et mésophiles du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ont pour espèces différentielles, par ordre d'abondance décroissante, *Leontodon hispidus, Trifolium montanum, Trifolium medium, Orchis purpurea, Avenula pubescens, Plantanthera bifolia, Blackstonia perfoliata, Gentiana germanica, Ophrys apifera, Coeloglossum viride, Orchis morio, Linum tenuifolium, Tetragonolobus maritimus, Ononis spinosa, Cirsium acaule* et *Inula salicina*. Le nombre d'espèces spécifiques des trois sous-associations est important du *Chloro-Brometum* (celle à *Peucedanum cervaria* exclue), c'est essentiellement le fait de ses nombreuses variations floristiques, mais aussi le fait qu'il est représenté par 61 relevés contre seulement 18 pour la sous-association à *Peucedanum cervaria*.

La liste des taxons spécifiques des trois sous-associations indique le caractère ouvert et méso-xérophile de l'association alors que la sous-association à *Peucedanum cervaria* a pour espèces différentielles *Aster amellus, Helleborus foetidus, Melampyrum pratense, Avenula pratensis, Medicago falcata, Onobrychis viciifolia, Origanum vulgare, Trifolium rubens, Peucedanum cervaria* et *Dactylis glomerata*, qui sont des espèces mésophiles bien représentées dans les ourlets des *Trifolio-Geranietea*, dans l'ordre des *Origanetalia. Peucedanum cervaria, Trifolium rubens* et *Aster amellus* sont les trois espèces qui sont à la fois abondantes et très spécifiques de l'association à *Peucedanum cervaria*. Elles servent de différentielles du syntaxon à *Pecedanum cervaria*. Les sous-associations sont très liées dynamiquement. Les ourlets à *Peucedanum cervaria* dérivent des pelouses de la sous-association mésophile, elle-même dérive de la sous-association xérophile à *Tetragonolobus maritimus*. Les AFC, présentées sur les figures 12A et 12B, ne font que confirmer l'homogénéité floristique de ce syntaxon. On remarque aussi sur ces deux analyses qu'il se distingue nettement des relevés mésophiles de l'*Eu-Mesobromenion*.

Le pôle positif de l'axe 1 de l'AFC (figure 8) regroupe l'ensemble des relevés du *Tetragonolobo-Mesobromenion* sous-association à *Tetragonolobus siliquosus* variante à *Polygala calcarea*. Il recèle des relevés xérophiles, essentiellement meusiens, (*Carex humilis, Teucrium montanum*) dans lesquels *Tetragonolobus maritimus* est presque toujours présent.

Ainsi, les caractéristiques floristiques de cet ensemble dénoteront le côté marnicole du groupement (*Tetragonolobus maritimus, Carex tomentosa*) et le côté xérophile du milieu (*Globularia bisnagarica, Pulsatilla vulgaris, Teucrium chamaedrys, Linum tenuifolium, Seseli montanum* et *Hieracium pilosella*). Quatre espèces mésophiles, qui serviront de différentielles, sont quasiment absentes du groupement à *Tetragonolobus maritimus* (*Plantago lanceolata, Colchicum autumnale, Tragopogon pratensis* et *Galium verum*).

L'A.F.C. partielle nous permet également de dégager deux variantes dans la sous-association à *Tetragonolobus maritimus*. La première, à *Polygala calcarea*, est pauvre en taxons mésophiles et riche en taxons xérophiles ce qui la distingue très nettement, dans la partie extrême du pôle positif de l'axe 1. On la considérera comme la variante xérophile différenciée par *Polygala calcarea, Festuca lemanii, Blackstonia perfoliata, Gymnadenia conopsea, Prunella vulgaris, Thymus praecox, Hippocrepis comosa* et *Asperula cynanchica*. On aurait pu éventuellement distinguer un faciès à *Blackstonia perfoliata*, très xérophile et localisé uniquement dans la partie la plus occidentale de la région. Ce syntaxon est le plus proche du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 décrit en Bourgogne. La seconde variante, à *Viola hirta*, considérée comme méso-xérophile, apparaît beaucoup moins nette sur l'A.F.C.. Cependant, sa composition floristique homogène et sa position sur l'analyse (regroupée au centre des axes) permet de l'identifer. Cette localisation est le fait du développement de taxons mésophiles de la sous-association mésophile à *Galium verum*: ce sont *Listera ovata, Knautia arvensis, Poa pratensis, Agrimonia eupatoria, Viola hirta* et *Hypericum perforatum*. Ceci est corrélé à la raréfaction des espèces différentielles de la sous-association xérophile. Le cortège floristique intermédiaire explique la superposition des relevés de cette variante avec ceux de la variante typique de la sous-association mésophile à *Galium verum*.

La seconde sous-association, à *Molinia caerulea*, apparaît clairement sur l'A.F.C. dans la partie négative de l'axe 1 et positive de l'axe 2. Une scission assez nette existe entre ces relevés et ceux de la variante typique de la sous-association mésophile, qui a conduit à élever ce groupement au rang de sous-association. Sa composition floristique particulière (tableau 5) le confirme. Elle est constituée de relevés méso-hygrophiles. La quasi totalité de ces relevés provient du calcaire du Muschelkalk. Les espèces différentielles de cette unité sont *Orchis mascula, Serratula tinctoria* et *Molinia caerulea*. Les espèces mésophiles y sont bien représentées (*Listera ovata, Knautia arvensis, Poa pratensis, Agrimonia eupatoria, Viola hirta* et *Hypericum perforatum*). Quelques très rares taxons xérophiles (*Seseli montanum*) et méso-xérophiles (*Festuca lemanii, Gymnadenia conopsea, Thymus praecox, Hippocrepis comosa*) peuvent s'y maintenir.

La troisième sous-association, à *Galium verum*, a pour centre de gravité la partie centrale de l'analyse. Elle est constituée de relevés mésophiles qui font la transition entre les groupements de la sous-association à *Galium verum* et la sous-association à *Peucedanum cervaria*. Les espèces différentielles de cette sous-association sont *Plantago lanceolata, Colchicum autumnale, Tragopogon pratensis* et *Galium verum*. Deux variantes ont pu être distinguées, la première, à *Scabiosa columbaria*, plus xérophile, intermédiaire entre la sous-association à *Tetragonolobus maritimus* et la sous-association mésophile à *Galium verum*. Les espèces différentielles sont *Carex caryophyllea, Plathantera bifolia* et *Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria*. C'est la variante la plus riche en espèces xérophiles (*Linum tenuifolium*) et méso-xérophiles (*Hieracium pilosella, Seseli montanum et Teucrium chamaedrys*) de la sous-association à *Galium verum*. La seconde variante, mésophile, à *Vicia tenuifolia*, a pour taxons différentiels des espèces des ourlets ou du manteau. Ce sont *Vicia tenuifolia, Fragaria viridis, Himantoglossum hircinum, Trifolium rubens* et *Prunus spinosa*). Cette variante apparaît à

l'extrémité de la partie négative de l'axe 1.

Deux faciès y ont été distingués. Le premier, à *Inula salicina* est dominé physionomiquement par *Inula salicina*. Le second, typique, en est dépourvu. Le faciès typique a pour espèces différentielles *Dianthus carthusianorum*, *Ranunculus bulbosus* et *Centaurea scabiosa*. Pour le second faciès, ce sont *Inula salicina*, *Linum catharticum*, *Senecio jacobae*, *Melanpyrum pratense* et *Origanum vulgare*. L'A.F.C. nous permet de constater que le faciès à *Inula salicina* est plus proche des ourlets à *Peucedanum cervaria* que le faciès typique à *Dianthus carthusianorum*.

3. Analyse des spectres biologiques des groupements du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987

Comme pour les autres sous-alliances, ce sont les chaméphytes qui dominent très largement, avec des abondances relatives comprises entre 71%, pour la variante xérophile de la sous-association xérophile à *Tetragonolobus maritimus* et 80% pour le faciès ourléifié à *Inula salicina* et *Origanum vulgare*. Une fois de plus, on constate que les milieux xérophiles sont plus riches en hémicryptophytes que les biotopes mésophiles. Cependant, les différences sont beaucoup moins nettes que dans les autres sous-alliances. D'autant plus que cette augmentation des hémicryptophytes se fait au profit, semble t-il, des chaméphytes mais nous devons être très prudents car seule la variante xérophile de la sous-association à *Tetragonolobus maritimus* réagit nettement. On constate plus du double de chaméphytes dans ce groupement, alors que les différences que l'on observe pour les autres types biologiques ne sont pas nettes. Par exemple, l'amplitude de variation des thérophytes, compris entre 8 et 12%, n'est que de 50% entre les deux extrêmes, ce qui est faible. Pour les géophytes, il en est de même, avec un minimum à 6% pour le faciès à *Inula salicina* et *Origanum vulgare* a un maximum de 9% pour les deux variantes de la sous-association à *Tetragonolobus maritimus*. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* du Jura est dominé par les hémicryptophytes (*Bromus erectus*, *Brachypodium pinnatum*, *Peucedanum cervaria*) et les géophytes graminoïdes (*Carex flacca*, *Carex caryophyllea*) (ROYER, 1987).

Quant aux phanérophytes, ils montrent des différences importantes d'un groupement à l'autre, avec un minimum dans la sous-association à *Molinia caerulea* (moins de 0,5%) à un maximum d'environ 3% dans la variante mésophile de la sous-association à *Tetragonolobus maritimus* et dans la variante typique à *Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria* de la sous-association mésophile à *Galium verum*. On est amené à s'interroger sur la dynamique successionnelle de colonisation des ligneux des groupements de pelouses marnicoles qui, semble t-il, réagissent différemment à d'autres pelouses installées sur substrats calcaires. Les pelouses ourléifiées sont très souvent les plus riches en phanérophytes, ce qui n'est pas le cas ici. On rappellera à ce propos, que dans les pelouses ourléifiées, installées sur substrats calcaires, les pourcentages de ligneux sont cinq à six fois supérieurs à ceux que l'on observe sur les pelouses xérophiles ou méso-xérophiles, ce qui n'est absolument pas le cas dans les pelouses marneuses.

Le développement des arbustes en pelouses calcicoles est sous la dépendance, hors action humaine, de deux facteurs principaux. Il faut premièrement que les diaspores puissent trouver un espace pour germer (s'il s'agit de graines, ce qui est presque toujours le cas dans la colonisation par nucléation). Nous observons que les pelouses xérophiles permettent la germination de ces plantes, ainsi que les pelouses mésophiles, dans une moindre mesure. Ainsi, la première condition au démarrage d'une dynamique successionnelle arbustive est plutôt en faveur des

milieux ouverts. Cependant, nous constatons presque toujours que les fourrés arbustifs ne se forment presque jamais à partir de pelouses xérophiles mais à partir de milieux mésophiles et fermés, avec quelques espaces ouverts.

Ainsi, le second facteur écologique indispensable au développement d'une strate arbustive est l'environnement de la jeune plante. En milieu xérophile, sur des sols très secs durant tout l'été, non entourés d'une végétation herbacée tempérant les forts écarts de températures et d'humidité, les jeunes plantes ont beaucoup de mal à se développer. D'autre part, dans le cas des pelouses entretenues par des pratiques agro-pastorales, exposées directement aux herbivores, la plupart des arbustes germant sur les pelouses ouvertes meurent, quelquefois broutés, plus souvent piétinés.

Les contraintes écologiques inhérentes au développement des arbustes en pelouses marnicoles (surtout le comportement hydrique du sol), sont sensiblement différentes dans une pelouse marneuse et dans une pelouse installée sur substrats calcaires. Le comportement germinatif est identique, mais les conditions de développement des plantules dans ces milieux ouverts y sont différentes. La xéricité estivale est beaucoup plus accentuée dans les pelouses marneuses, donc le développement des arbustes peut se faire dans de meilleures conditions. Ceci entraîne un rééquilibrage des ligneux entre les pelouses marneuses xérophiles où les plantes germent facilement et les pelouses calcicoles mésophiles où elles trouvent de meilleures conditions de développement.

Enfin, comme nous l'avions montré dans l'étude sur la composition synfloristique des ourlets calcicoles de la sous-association à *Origanum vulgare* de l'*Onobrychido-Brometum* et les ourlets marnicoles à *Peucedanum cervaria* ou à *Inula salicina*, la dynamique successionnelle arbustive des espèces ligneuses des *Prunetalia* et des *Querco-Fagetea* est différente sur substrats calcaires et sur substrats marneux. Les ligneux colonisent beaucoup plus rapidement les pelouses marneuses que les pelouses calcicoles, ce que beaucoup de naturalistes peuvent constater.

Les pelouses du Keuper du Luxembourg font presque toutes partie du *Gentiano-Koelerietum*, sous-association entrant dans le *Mesobromion*. Les pelouses du Keuper sont assez diversifiées, puisqu'on y trouve des biotopes allant des surfaces d'érosion à sols squelettiques exemptes de végétation aux petites dépressions caractérisées par un excès d'eau et colonisées par beaucoup d'espèces des prairies humides du *Molinion*. Les groupements du Keuper sont beaucoup plus mésophiles et surtout hygrophiles que ceux que nous décrivons sur les marnes du Muschelkalk et sur les marnes des Côtes du Barrois. Nous ne pouvons donc pas ranger les unités lorraines, même le groupement à *Molinia caerulea*, dans le *Gentiano-Koelerietum* (voir tableau comparatif 57,58 et 59)

4. Description des sous-associations du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973

4.1. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973, sous-association à *Peucedanum cervaria* ss-ass. nov.

4.1.1. Rattachement phytosociologique

a) Composition floristique du groupement lorrain

Pour sa définition au sein de l'alliance du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987, on se référera à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur les figures 8A et 8B et sur les tableaux phytosociologiques 37 et 59. Nous le rattacherons au *Tetragonolobo-Mesobromenion*. Quelques espèces de l'*Eu-Mesobromenion* (*Dactylis glomerata, Leucanthemum vulgare* et *Onobrychis viciifolia*), des *Teucrio-Mesobromenion* ROYER 1987 (*Teucrium chamaedrys, Pulsatilla vulgaris* et *Globularia bisnagarica*) et du *Genisto-Seslerietum* (*Sesleria caerulea*) transgressent, en effet, dans le groupement à *Peucedanum cervaria*. La quasi exclusivité de *Peucedanum cervaria* pour ce groupement marnicole et les données bibliographiques qui le concerne nous ont conduit à rattacher le groupement à la sous-alliance marnicole. En effet, des plantes différentielles du *Tetragonolobo-Mesobromenion, Carex tomentosa, Senecio erucifolius* et *Peucedanum cervaria* y sont présentes et parfois abondantes. De plus, c'est surtout sur les milieux marneux qu'il trouve son optimum écologique.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973, qui correspond aux pelouses marneuses xérophiles, évolue vers des stades d'ourlets, dans lesquels *Peucedanum cervaria* et *Brachypodium pinnatum* deviennent dominants, alors que s'implantent *Origanum vulgare, Trifolium rubens, Clinopodium vulgare, Agrimonia eupatoria* et *Trifolium medium* (ROYER, 1987). ROYER (1973) nomme, ce groupement *Coronillo-Brachypodietum peucedanetosum*. Cependant, il indique qu'il n'a pas réalisé une étude détaillée des formes de passage entre les *Brometalia* et les *Origanetalia*. ROYER (1987) considère ce groupement comme un stade évolutif du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 plutôt que comme une association indépendante. Le syntaxon lorrain à *Peucedanum cervaria* est très proche de l'association du *Geranio-Peucedanetum cervariae* (Kühn 37) Th. MULER 1961. Cette association correspond aux ourlets des forêts calcicoles ou neutrophiles. ROYER (1977) décrit ce groupement de la vallée de la Moselle comme une forme submontagnarde, dépourvue de *Thesium bavarum, Seseli libanotis* et *Coronilla coronata*, taxons qui caractérisent cette association. Ces plantes ne sont pas présentes ou abondantes en Lorraine et nous ne le rattacherons pas à cette association.

Le groupement à *Peucedanum cervaria* de Lorraine a des affinités avec deux groupements décrits par ROYER (1973) en Bourgogne (voir tableau 59): le *Bromo-Chloretum perfoliatae* et le *Coronillo Brachypodietum meliletosum*. Ils sont riches en espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea*, des *Brometalia*, des *Festuco-Brometea*, comme c'est le cas pour le groupement lorrain. Quelques espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea* sont des différentielles du groupement lorrain (*Arrhenatherum elatius, Campanula patula, Rumex acetosa, Trisetum flavescens* et *Leucanthemum vulgare*). Les syntaxons bourgignons sont plus pauvres en taxon du *Mesobromion* et surtout des *Trifolio-Geranietae* (*Aster amellus, Melampyrum pratense* et *Astragalus glycyphyllos*), des *Origanetalia* (*Securigera varia, Viola hirta* et *Medicago falcata*) et du *Geranion sanguinei* (*Trifolium rubens, Stachys recta* et *Thymus praecox*). Le groupement lorrain est donc beaucoup plus mésophile et ourliéfié que le *Bromo-Chloretum* et le *Coronillo-Brachypodietum meliletosum*. Nous les distinguerons donc du syntaxon lorrain.

Dans le sud du Jura français, ROYER (1987) a décrit un groupement ourléifié à *Peucedanum cervaria*, le *Chloro perfoliatae Brometum* (voir tableau 59). Ce groupement est plus pauvre en espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea* (*Knautia arvensis, Dactylis glomerata, Achillea millefolium, Senecio jacobaea, Poa pratensis*, par exemple), des *Origanetalia* (*Securigera varia, Viola hirta, Galium mollugo* et *Medicago falcata*). Les espèces des *Festuco-*

Brometea, du *Geranion sanguinei* sont bien représentées dans les deux unités. Par contre, *Agrostis stolonifera* et beaucoup d'espèces du *Molinion* sont mieux représentées dans le Jura ; c'est le cas, dans le *Molinion*, de *Inula salicina, Blackstonia perfoliata, Molinia caerulea, Senecio erucifolius, Succisa pratensis* et *Orchis mascula*. Le groupement à *Peucedanum cervaria* lorrain est plus mésophile et plus eutrophe que le *Chloro perfoliatae Brometum* jurassien, qui est plus hygrophile. Nous ne pourrons donc rattacher ces deux groupements dans cette association, dans son pôle typique, mais plutôt dans le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973.

Le groupement lorrain a également des affinités avec le *Geranio-Peucedanum cervaria coronilletosum emeri* du Jura (voir tableau 59), qui entre dans les *Trifolio-Geranietea*. Les espèces caractéristiques et différentielles de cette classe phytosociologique sont très bien représentées dans ce syntaxon mais, dans une moindre mesure, dans le syntaxon lorrain. On pourra citer, par exemple, *Bupleurum falcatum, Peucedanum cervaria, Trifolium rubens, Stachys recta, Vincetoxicum hirundinaria, Stachys recta, Seseli libanotis, Vicia tenuifolia, Origanum vulgare, Teucrium chamaedrys, Calamintha clinopodium, Securigera varia*. Le groupement lorrain est aussi riche en espèces des *Festuco-Brometea*, des *Brometalia*, et un peu plus riche en espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea (Lotus corniculatus, Knautia arvensis, Dactylis glomerata, Achillea millefolium*, etc.) et du *Mesobromion* (*Aceras anthropophorum, Orchis militaris, Onobrychis viciifolia*, par exemple). Sur l'ensemble du cortège floristique, ces différences obligent à distinguer les deux unités. L'analyse phytosociologique permet de classer le groupement lorrain dans les *Festuco-Brometea*, avec lesquels il est très lié.

Toujours dans le Jura français, le *Geranio-Peucedanum cervaria rosetum pimpinellifoliae* est un groupement assez proche du *Geranio-Peucedanum cervaria coronilletosum emeri* (voir tableau 59). La comparaison floristique indique à nouveau que le groupement lorrain et le *Geranio-Peucedanum cervaria* sont deux groupements assez proches, avec quasiment les mêmes différences floristiques que dans le groupement précédent. Le *Peucedanum cervaria Rosetum pimpinellifoliae* montre une tendance plus forestière que le *Geranio-Peucedanum cervaria coronilletosum emeri.*

Quant à la comparaison avec le *Coronillo-Viicetum tenuifoliae peucedanetosum cervariae*, décrit par ROYER et RAMEAU (1971) (voir tableau 59), en Bourgogne et Champagne Méridionale, on constate qu'il est également riche en espèces des *Agrostio-Arrhenathéretea*, mais représenté par des espèces différentes. *Genista tinctoria, Daucus carota, Lathyrus pratensis, Senecio jacobaea, Ranunculus nemorosus* et *Taraxacum officinale* sont plus abondants en Bourgogne et en Champagne méridionale, tandis que *Lotus corniculatus, Poa pratensis, Plantago lanceolata, Campanula patula, Leucanthemum vulgare, Trisetum flavescens*, etc.. sont strictement présents ou seulement plus abondants en Lorraine. Au niveau des différents syntaxons des *Festuco-Brometea*, on constate que le groupement lorrain est beaucoup plus riche en espèces des *Brometalia (Bromus erectus, Koeleria pyramidata, Hippocrepis comosa*, par exemple) et du *Mesobromion* (*Aceras anthropophorum, Anacamptis pyramidalis, Orchis militaris, Onobrychis viciifolia* et *Primula veris*). Quant aux espèces des différents syntaxons des *Trifolio-Geranietea*, leurs abondances sont sensiblement identiques avec toutefois des différences floristiques importantes. Par exemple, *Trifolium medium, Inula conyza, Calamintha clinopodium, Viola hirta* sont des différentielles du groupement de Bourgogne et de Champagne Méridionale. A l'inverse, *Thymus praecox, Campanula rapunculus, Fragaria viridis, Galium mollugo, Medicago falcata* et *Aster amellus* sont des espèces différentielles du syntaxon lorrain. On peut conclure que ces deux groupements sont distincts, mais cette analyse floristique indique à nouveau que la représentation des espèces des *Trifolio-Geraniatea* en rapport avec les espèces des *Festuco-Brometea* nous oblige à classer le groupement lorrain dans les *Festuco-Brometea*.

On pourra noter que, ni MAUBERT (1978), ni BOULLET (1986), ni NOIRFALISE et DETHIOUX (1985) ne décrivent de groupement, plus ou moins ourliéfié, à *Peucedanum cervaria* (voir tableau 59). Seul ROYER (1981), dans la région d'Auxerre décrit le *Festuco lemanii-Brometum* sous-association *cytisetosum gallici.*, dans laquelle *Peucedanum cervaria* est abondant. Ce type de groupement semble donc trouver un développement important dans l'est du pays. Néanmoins, les groupements à *Peucedanum cervaria* décrits par ROYER et RAMEAU (1971), contiennent souvent des espèces du *Xerobromion* (*Carex hallerana, Fumana procumbens*), avec des fréquences parfois importantes (*Coronilla minima*) et les fréquences de beaucoup d'autres espèces font que ces groupements sont fort distincts de ce que nous avons identifié dans les pelouses de Lorraine.

4.1.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 87%, avec des valeurs comprises entre 50 et 100% (tableau 37). C'est une pelouse très dense, de physionomie variable, presque toujours très fermée et relativement élevée, parfois un peu plus ouverte. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* du Jura est également une association assez recouvrante (80 à 100%) (ROYER, 1987). En Lorraine, c'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 40%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 14,2%. Il forme parfois des ourlets en nappe qui peuvent recouvrir d'importantes surfaces, comme c'est le cas à Montenach, par exemple, où presque un hectare est recouvert d'un tapis dense de *Peucedanum cervaria.*

Les espèces qui abondent sont *Peucedanum cervaria, Bromus erectus, Brachypodium pinnatum* et *Sanguisorba minor.* L'aspect général du groupement est imposé par *Peucedanum cervaria*, qui peut aussi dépasser les 50% de recouvrement (Rosselange, Montenach et Jaulny) et le Brachypode qui peut dépasser les 50% de recouvrement (Aingeray, JUL, Rossellange, Inor et Ecrouves). Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Aster amellus* au Mont Saint-Quentin et à Montenach, *Primula veris* sur le sommet de la Côte Barine et *Sesleria caerulea* à la Côte Barine et au plateau d'Ecrouves.

Il présente un aspect caractéristique. Dans un premier temps, par le développement du feuillage de *Peucedanum cervaria*, puis par sa floraison durant l'été. Ce groupement s'installe presque exclusivement au sud, en exposition ensoleillée, relativement thermophile, sauf à Jaulny, où nous l'avons rencontré à l'est.

4.1.3. Composition floristique

Elle a été établie sur l'analyse de 18 relevés (tableau 37). Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 27,7. Les espèces des *Trifolio-Geranietea* abondent, comme *Agrimonia eupatoria, Origanum vulgare, Aster amellus, Trifolium rubens.* Les espèces des *Festuco-Brometea* et des *Brometalia,* abondantes dans ce groupement, sont *Brachypodium pinnatum, Hippocrepis comosa, Bromus erectus, Carex flacca, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Euphorbia cyparissias, Sanguisorba minor, Galium verum.* Nous pouvons constater que sa composition floristique est intermédiaire entre les deux unités phytosociologiques citées ci-dessus. Néanmoins, c'est le cortège floristique des *Festuco-Brometea* qui est le plus complet. La fermeture du milieu, la densité de la strate herbacée le conduit à abriter quelques espèces de l'*Arrhenatherion (Achillea millefolium, Dactylis glomerata, Poa pratensis* et *Lotus corniculatus).*

4.1.4. Synchorologie et synécologie

Il trouve son développement optimal sur les substrats marneux, mais il peut s'installer sur des milieux calcaires, au niveau de lits marneux (Bajocien). Ceci explique que nous l'ayons identifié sur l'ensemble de la zone d'étude. Sur substrat calcaire du Bajocien, il s'est développé à Jaulny, à Griscourt, à Inor, à Jézainville, à Rosselange et au Mont Saint Quentin. Sur le calcaire du Rauracien meusien, nous l'avons identifié à Mouilly, à Ecrouves, sur la Côte Barine, ainsi qu'à Koeur-la-petite. Sur substrats marneux, on l'a aussi observé sur le Muschelkalk, à Montenach et Guebling. Il a donc une très grande répartition.

Le déterminisme écologique semble être lié à la présence de marnes mais on peut l'observer sur d'autres substrats. Cependant, c'est sur les milieux marneux que *Peucedanum cervaria* trouve son optimum et forme des peuplements où elle arrive parfois à faire disparaître la plupart des graminées sociales.

Compte tenu du fait que les substrats marneux alternent avec les substrats calcaires, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* forme des mosaïques avec l'*Onobrychido-Brometum* Th. MÜLLER 1966 ou le *Festuco lemanii-Brometum*.

4.1.5. Evolution dynamique

Sur substrats marneux, ce syntaxon à *Peucedanum cervaria* peut apparaitre par abandon des pratiques agricoles des pelouses du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973. Les taxons xérophiles de cette association disparaissent assez rapidement (*Tetragonolobus maritimus, Carex humilis, Hieracium pilosella*, etc.), puis les espèces méso-xérophiles de la sous-association mésophile à *Galium verum* (*Polygala calcarea, Gymnadenia conopsea, Asperula cynanchica, Carex caryophyllea, Potentilla neumanniana*, par exemple). La sous-association à *Peucedanum cervaria* correspond au stade dynamique qui suit les deux faciès de la variante mésophile à *Vicia tenuifolia*. Ces deux groupements, sont, en effet, également riches en espèces des ourlets (*Trifolium rubens, Himantoglossum hiscinum, Vicia tenuifolia, Fragaria viridis, Prunus spinosa*).

Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* du Jura peut évoluer vers un stade à *Coronilla varia* et *Trifolium rubens* (ROYER, 1987). Ce groupement est souvent en liaison dynamique avec les fruticées du *Coronillo-Prunetum mahaleb*, qui sont également en situations thermophiles. *Prunus spinosa* et surtout *Cornus sanguinea* sont souvent abondants dans les fruticées qui dérivent des ourlets à *Peucedanum cervaria*. Ces deux arbustes semblent mieux prospérer dans les sols marneux. Les espèces différentielles (*Peucedanum cervaria, Aster amellus* et *Trifolium rubens*) disparaissent avec le développement des arbustes aboutissant à des fruticées pauciflores dans lesquelles il est difficile de savoir à partir de quels groupements elles se sont formées. Comme sur les substrats calcaires, la dynamique successionnelle de la végétation aboutit à une certaine homogénéité floristique au niveau des fruticées.

4.2. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 sous-association à *Molinia caerulae* Rameau 1971.

4.2.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique, on se référera au tableau synthétique 58 et pour son regroupement au sein de l'alliance du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987, on se référera à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 8 et le tableau phytosociologique 33. Ce groupement se rattache à une sous-association à *Molinia caerulea* du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973.

Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* sous-association à *Molinia caerulea* est proche de cinq groupements que nous présentons sur le tableau comparatif 58. RAMEAU (1971) a également identifié, en Bourgogne et en Champagne, une sous-association à *Molinia caerulea* du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* (tableau 58). ROYER (1987) définit une sous-assocation *molinietosum littoralis* (tableau 58), antérieurement nommée *trifolietosum montani* avec des taxons mésohygrophiles, *Molinia caerulea, Agrostis stolonifera, Tetragonolobus maritimus, Succisa pratensis, Cirsium tuberosum* passant au *Plantagini serp.-Tetragonolobetum.*

Une association à Molinie du *Tetragonolobo-Mesobromenion* a été décrite dans le Jura, le *Calamagrostio-Molinietum littoralis* (Scherrer 25) ROYER, 1987 (tableau 58). Cette association méso-hygrophile très ouverte, est installée sur pentes fortes, marquées par le ravinement. Notre groupement lorrain est au contraire très fermé. Mais surtout, la composition floristique très originale du *Calamagrostio-Molinietum*, dans lequel on retrouve des plantes du *Seslerio-Mesobromenion* (*Sesleria caerulea*), du *Seslerion* (*Calamagrostis varia, Leucanthemum adustum, Coronilla vaginalis*), du *Teucrio-Mesobromenion* (*Teucrium montanum, Globularia bisnagarica, Teucrium chamaedrys*), du *Tetragonolobo-Mesobromenion* (*Tetragonolobus maritimus*) et du *Molinion* (*Epipactis palustris, Tofieldia calyculata, Sussica pratensis*), exclut complètement le rattachement possible de ce groupement lorrain à cette association. La sous-association à *Molinia caerulea* a donc une très lointaine parenté avec le *Calamagrostio-Molinietum* ROYER 1987.

En ce qui concerne le *Koelerio-Seslerietum molinietosum*, décrit par ROYER (1987) (tableau 58) dans le Jura français, on y relève des espèces d'influence montagnarde (*Gentiana lutea, Calamagrostis varia, Amelanchier ovalis, Aster bellidiastrum, Carduus defloratus, Hieracium bifidum* et *Hiercium caesium*) totalement absentes du groupement lorrain. Quant aux espèces du *Molinion*, elles y sont très faiblement représentées (*Linum catharticum, Molinia caerulea*). Surtout, c'est la présence simultanée d'espèces xérophiles comme *Carex ornithopoda, Thesium alpinum, Euphrasia salisburgiensis, Carex humilis*, etc... et de ligneux des *Prunetalia* comme *Juniperus communis, Amelanchier ovalis* qui nous fait conclure qu'il est le plus éloigné, parmi ceux présentés sur le tableau 58, du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* sous-association à *Molinia caerulea* de Lorraine. ROYER (1987) n'y rattache que 2 relevés.

Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti*, décrit par ROYER (1987) dans le sud du Jura (tableau 58), à été établi sur la base de 30 relevés. Il est plus riche en espèces des *Festuco-Brometea (Asperula cynanchica, Euphorbia cyparissias, Euphorbia verrucosa*, par exemple), des *Brometalia (Genista pilosa, Globularia bisnagarica, Polygala vulgaris*, par exemple) et du *Mesobromion* (*Prunella grandiflora, Anacamptis pyramidalis, Gentianella germanica*, par exemple) que le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* sous-association à *Molinia caerulea* de Lorraine. Certaines espèces du *Molinion* sont communes aux deux syntaxons (*Linum catharticum, Molinia caerulea, Inula salicina, Senecio erucifolius* et *Orchis mascula*) tandis que d'autres sont spécifiques au Jura (*Blackstonia perfoliata, Cirsium tuberosum*) et d'autres de Lorraine (*Ophioglossum vulgatum, Serratula tinctoria, Orchis morio*, par exemple). L'ensemble

des différences floristiques nous obligent à distinguer assez nettement le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti*, décrit par ROYER (1987), du sud du Jura et le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* sous-association à *Molinia caerulea* de Lorraine.

Le *Plantagini serpentinae-Tetragonolobetum*, décrit par ROYER (1987) (tableau 58) dans le Jura occidental a été établi sur la base de 29 relevés. Les espèces des différents syntaxons des *Festuco-Brometea* sont aussi abondantes que dans le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* sous-association à *Molinia caerulea* de Lorraine, mais avec certains taxons particuliers dans chaque unité. Par exemple, le groupement lorrain a pour espèces différentielles *Ononis natrix, Polygala vulgaris, Anthyllis vulneraria, Centaurea scabiosa, Avenula pratensis* et *Polygala calcarea*. Le syntaxon du Jura a pour taxons différentiels *Genista pilosa, Asperula cynanchica, Euphorbia verrucosa, Polygala amarella, Carex humilis, Prunella grandiflora, Anacamptis pyramidalis, Euphrasia stricta, Ophrys sphegodes* et *Polygala comosa*. Les différences floristiques nous laissent penser que le groupement jurassien est un peu plus xérophile que le groupement lorrain. Parallèlement à cela, *Molinia caerulea, Linum catharticum, Inula salicina, Senecio erucifolius* et *Orchis mascula*, rattachés au *Molinion*, sont communes aux deux groupements, tandis que *Blackstonia perfoliata, Cirsium tuberosum, Succisa pratensis, Parnassia palustris, Tetragonolobus maritimus, Equisetum arvense* sont spécifiques du groupement jurassien et *Carex tomentosa, Plantago serpentina, Serratula tinctoria, Orchis morio, Ophioglossum vulgatum, Stachys officinalis* et *Dactylorhiza incarnata* le sont du groupement lorrain. Compte tenu de nos connaissances sur l'autoécologie des taxons de pelouses lorrains, la combinaison floristique présente dans le groupement jurassien est très particulière. Des taxons comme *Euphorbia verrucosa, Polygala amarella, Carex humilis, Ononis natrix*, etc. se rencontrent, en effet, en Lorraine dans des unités phytosociologiques totalement différentes, ce qui laisse penser que la Lorraine est un milieu très appauvri floristiquement au niveau des pelouses marneuses méso-hygrophiles.

Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* sous-association à *Molinia caerulea* de Lorraine a des affinités avec le *Bromo-Chloretum perfoliatae* décrit par ROYER (1973) en Bourgogne (tableau 58). Ils sont aussi riches en espèces des *Festuco-Brometea*, des *Brometalia* et un peu plus pauvres en espèces du *Mesobromion*, notamment *Festuca lemanii, Ononis spinosa, Orchis militaris, Trifolium montanum, Onobrychis viciifolia, Ranunculus bulbosus, Campanula glomerata* et *Primula veris*. On constate au niveau des espèces du *Molinion* que le groupement lorrain est moins thermophile (absence de *Blackstonia perfoliata*) et plus hygrophile (abondance de *Molinia caerulea, Senecio erucifolius* et présence d'*Orchis mascula*, de *Carex tomentosa, Serrutala tinctoria* et *Stachys officinalis*). Ils sont sensiblement aussi riches en espèces des différents syntaxons des *Trifolio-Geranietea*.

L'ensemble de ces remarques nous amène à penser que ces deux unités phytosociologiques sont assez proches. Nous ferons donc du groupement lorrain une sous-association à *Molinia* du *Chloro perfoliatae-Brometum erecti*.

Enfin, les pelouses marneuses s'enrichissent en espèces du *Molinion* et tendent vers le *Gentiano-Koelerietum*, grâce à la présence de *Gentianella ciliata, G. germanica, G. crutiata* ou encore *Ophioglossum vulgatum*. Les pelouses du Keuper du Luxembourg font presque toutes partie du *Gentiano-Koelerietum*, association entrant dans le *Mesobromion*. Les pelouses du Keuper sont colonisées par beaucoup d'espèces des prairies humides du *Molinion*. Les groupements du Keuper sont beaucoup plus mésophiles et surtout hygrophiles que ceux que nous décrivons sur les marnes du Muschelkaclk et sur les marnes Argoviennes. Nous ne pouvons donc pas ranger les unités lorraines, même le groupement à *Molinia caerulea*, dans le *Gentiano-*

Koelerietum. Pourtant, GEHU *et al.* (1982) signale les multiples affinités floristiques de l'*Avenulo pratensis-Festucetum lemanii* BOULLET *et* GEHU 1984 *lemanii* avec les groupements vicariants du *Mesobromion*, notamment la race occidentale à *Bromus erectus* du *Gentiano-Koelerietum* du Palatinat allemand (OBERDORFER, 1990). Mais ce n'est pas le cas pour les unités lorraines.

On constate l'originalité floristique du groupement lorrain par sa grande richesse en taxons des *Agrostio-Arrhenatheretea (Achillea millefolium, Arrhenatherum elatius, Knautia arvensis, Poa pratensis* ou *Colchicum autumnale*, par exemple) et par quelques espèces du *Molinion*, comme *Carex tomentosa, Dactylorhiza incarnata, Ophioglossum vulgatum, Orchis morio, Serratula tinctoria* et *Stachys officinalis*. Il est fort possible que l'ensemble de ces pelouses aient été pâturées par des bovins, où amendées, ou fauchées, ce qui a eu pour conséquence de l'enrichir fortement en espèces prairiales. Ces analogies floristiques nous obligent à classer le syntaxon lorrain dans le même groupement que celui définit par RAMEAU (1971).

4.2.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 89,1%, avec des valeurs comprises entre 80% à Vittoncourt et Sarreinsming et 100% à Obergaibach et Ippling (tableau 33). Il est très fermé, souvent dominé par des touffes de molinie, qui le caractérisent physionomiquement. Les espèces qui abondent en Lorraine sont *Bromus erectus, Carex flacca* et *Lotus corniculatus*. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Brachypodium pinnatum* à Guebling, à Sarreinsming et à Valmunster, *Poa pratensis* à Vittoncourt et à Obergaibach, et *Securigera varia* à Obergaibach.

C'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 4% à Obergaibach et 15% à Valmunster, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 9,4%. Le déterminisme écologique de ce groupement n'est pas la pente puisqu'on le retrouve dans des conditions écologiques très variées mais plutôt le taux d'humidité du sol qui, s'il est important, permet l'apparition de la Molinie. On le trouve presque toujours au sud, sauf à Valmunster où nous l'avons identifié à l'est.

4.2.3. Composition floristique

Les espèces caractéristiques de ce syntaxon sont *Orchis mascula, Serratula tinctoria* et *Molinia caerulea*. Les espèces des *Festuco-Brometea* et des *Brometalia* dominent largement. Ce sont par exemple *Bromus erectus, Carex flacca, Sanguisorba minor, Galium verum, Briza media, Brachypodium pinnatum*. La plupart des espèces du *Mesobromion* sont également abondantes, comme par exemple *Centaurea scabiosa, Ononis spinosa, Ranunculus bulbosus, Orchis militaris, Cirsium acaule, Primula officinalis* et *Linum catharticum*. Certaines espèces des *Agrostio-Arrhenatheretea* sont également abondantes. C'est le cas de *Lotus corniculatus, Knautia arvensis, Achillea millefolium, Genista tinctoria* et *Poa pratensis*.

Il est donc très largement dominé par des espèces mésophiles strictes ou des plantes à large amplitude écologique (*Lotus corniculatus* ou *Achillea millefolium*, par exemple). Les espèces xérophiles y sont totalement absentes.

4.2.4. Synchorologie

La figure 32 indique très clairement que cette sous-association est bien représentée sur le Muschelkalk. C'est d'ailleurs dans ces seuls milieux que nous l'avons identifiée. Cependant, DUVIGNEAUD *et al.* (1970) proposent une variante à Molinie dans le *Seslerio-Mesobromenion* du Rauracien de Meuse. Malheureusement aucun tableau phytosociologique n'est fourni donc aucune comparaison floristique n'est possible. Il n'est pas exclu qu'il puisse se développer sur des pelouses autres que celles du Muschelkalk.

4.2.5. Evolution dynamique

Les pelouses marneuses sont très liées dynamiquement et écologiquement aux prairies du *Molinion*. DURIN (1957) indique également les liens entre la prairie humide à *Molinia* et *Carex tomentosa*, des pelouses humides à *Molinia caerulea* et *Tetragonolobus maritimus* et les pelouses sèches à Seslérie. C'est, en effet, cette sous-association à *Molinia caerulea* qui est la plus proche du *Molinion*. Des plantes comme *Molinia caerulea, Ononis spinosa, Orchis mascula* ou *Serratula tinctoria* en sont de bons exemples. ROYER (1987) indique également que dans le Jura, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* est souvent colonisé par *Cornus sanguinea*. C'est aussi le cas en Lorraine.

4.3. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973, sous-association à *Tetragonolobus maritimus* ss-ass. nov.

4.3.1. Rattachement phytosociologique

a) Composition floristique du groupement lorrain

Pour sa définition au sein de la sous-alliance du *Tetragonolobo-Mesobromenion*, on se référera à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 8. Son rattachement phytosociologique à cette sous-alliance est assez clair. Les taxons caractéristiques du *Tetragonolobo-Mesobromenion*, *Tetragonolobus maritimus, Blackstonia perfoliata, Peucedanum cervaria, Molinia caerulea, Senecio erucifolius* et *Carex tomentosa* sont présents dans ce groupement, avec des abondances différentes selon les différentes sous-associations.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Pour les comparaisons phytosociologiques, on se référera au tableau synthétique 56. Les espèces des *Festuco-Brometea* y sont bien représentées. *Asperula cynanchica, Brachypodium pinnatum, Carlina vulgaris, Sanguisorba minor, Briza media, Carex flacca* et *Centaurea scabiosa* sont des taxons presque tous méso-xérophiles, quasi constants de ces unités phytosociologiques. *Pimpinella saxifraga, Eryngium campestre, Euphorbia verrucosa*, abondantes dans les autres régions sont absentes de notre groupement de Lorraine. Quant à *Salvia pratensis*, cette espèce peut servir de différentielle des deux syntaxons lorrains. Les espèces des *Brometalia* sont également abondantes, avec des fréquences souvent importantes. C'est le cas d'*Hippocrepis comosa, Koeleria pyramidata, Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria, Bromus erectus* et *Globularia bisnagarica*, par exemple. Il en est de même pour les espèces du *Mesobromion* (*Gentianella germanica, Cirsium acaule, Festuca lemanii, Plantago*

media, Ranunculus bulbosus, par exemple). Ce qui confirme que les deux syntaxons lorrains entrent bien dans le *Mesobromion*.

Certaines espèces prairiales des *Agrostio-Arrhenatheretea* sont plus abondantes en Lorraine que dans les autres régions. Ce sont *Senecio jacobaea, Dactylis glomerata, Knautia arvensis, Prunella vulgaris, Poa pratensis, Anthoxanthum odoratum, Festuca rubra, Lathyrus pratensis, Taraxacum officinale, Cynosurus cristatus* et *Colchicum autumnale*. Cette très grande représentation des espèces prairiales en Lorraine se vérifie également dans la plupart des autres syntaxons décrits en Lorraine.

Les espèces des ourlets sont faiblement représentées (*Trifolio-Geranietea, Origanetalia* et *Trifolion medii*). Seuls *Thymus praecox, Bupleurum falcatum, Origanum vulgare* sont présents dans la plupart des groupements. Il est tout à fait normal que ces groupements xérophiles soient pauvres en espèces mésophiles des ourlets.

Les espèces xérophiles du *Xerobromion* sont absentes des deux syntaxons lorrains, ce qui n'est pas le cas dans le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* du Jura sud (*Festuca hervierii* et *Dicantium ischaenum*) et dans le *Festuco-Linetum leonii* de Bourgogne (*Festuca hervierii* et *Linum leonii*).

Des différences importantes existent au niveau des espèces du *Molinion*. Les deux unités jurassiennes (*Chloro perfoliatae-Brometum erecti* et le *Plantagini serpentinae-Tetragonolobetum*) sont très riches en espèces de cette unité (*Inula salicina, Molinia caerulea, Orchis mascula, Cirsium tuberosum, Succisa pratensis, Carex panicea, Equisetum arvense* et *Parnassia palustris*). Ces deux unités phytosociologiques sont beaucoup plus hygrophiles que toutes autres.

Le *Plantagini serpentinae-Tetragonolobetum* est beaucoup plus riche en espèces du *Molinion* et des espèces différentielles du groupement du Jura comme *Plantago serpentina, Potentilla erecta, Rhinanthus minor* et *Scabiosa lucida* nous obligent à le distinguer des deux que nous avons étudiés en Lorraine.

Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* est plus riche en espèces du *Molinion* que les deux syntaxons lorrains et contient aussi des espèces différentielles des deux syntaxons du Jura comme *Centaurea pannonica, Ophrys insectifera, Orobanche gracilis, Plantanthera bifolia*. De plus, deux espèces du *Xerobromion* (*Festuca hervierii* et *Dicantium ischaenum*) nous confirment que le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* est assez éloigné des deux syntaxons lorrains. Cependant, le groupement à *Tetragonolobus maritimus* montre une légère tendance vers le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti*. DUVIGNEAUD (1984b), indique, en effet, qu'au nord de Vouziers, l'association s'appauvrit considérablement. On y retrouve encore *Blackstonia perfoliata, Carex tomentosa, Ornithogalum pyrenaicum, Orchis militaris* et *Gymnadenia conopsea*. Pour DUVIGNEAUD (1984), ce groupement est à rattacher à la sous-association *blakstonietosum perfoliatae* du *Mesobrometum* J. DUVIGNEAUD 1984. Aucun tableau phytosociologique ne vient étayer cette affirmation, ceci d'autant qu'il est fort probable que notre groupement soit différent floristiquement de celui dont parle DUVIGNEAUD (1984).

Les deux syntaxons picards (WATTEZ 1982, *in* GEHU (1982)), le groupement à *Teucrium chamaedrys* et le groupement à *Festuco lemanii* et *Hippocrepis comosa*, dans lesquels on trouve *Blackstonia perfoliata* et quelques espèces marnicoles, sont assez différents des deux groupements lorrains. Les groupements picards sont plus pauvres en espèces prairiales des

Agrostio-Arrhhenateretea et en espèces du *Mesobromion* et des plantes comme *Pulsatilla vulgaris, Campanula rotundifolia, Epipactis atrorubens, Galium mollugo erectum* et *Picris hieracoides* permettent de distinguer les deux ensembles de groupements.

Le *Festuco-Linetum leonii*, dans lequel *Blackstonia perfoliatae* est présent est plus thermophile que le groupement lorrain. Des espèces du *Xerobromion* (*Festuca hervieri* et *Linum leonii*), *Thesium humifusum, Linum tenuifolium, Polygala amarella*, qui sont des espèces méso-xérophiles et la quasi absence des espèces du *Molinion* font qu'il est sensiblement différent de ceux que nous avons décrits en Lorraine.

L'*Avenulo pratensis-Festucetum* sous-association à *Blackstonia perfoliatae* est plus riche en espèces prairiales et beaucoup plus pauvre en espèces du *Molinion*. De plus, l'absence de *Tetragonolobus maritimus* nous permet de conclure qu'il est proche sans être identique au syntaxon lorrain.

Le *Bromo-Chloretum perfoliatae* de Bourgogne (ROYER, 1973) est l'association que nous avons identifiée en Lorraine. Il est un peu plus pauvre en espèces prairiales, et un peu plus riche en espèces thermophiles (*Coronilla minima, Cytisus decumbens* et *Euphorbia verrucosa*). En Bourgogne, *Tetragonolobus maritimus* est absent, tandis que *Blackstonia perfoliata* et *Peucedanum cervaria* y ont une fréquence de V. On peut rattacher les deux syntaxons lorrains à cette association, un peu moins thermophile et plus riche en espèces prairiales.

4.3.2.Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 94% pour la variante mésophile à *Viola hirta* et de 81% pour la variante xérophile à *Polygala calcarea*. La variante xérophile s'installe sur des milieux plus ouverts, assez ras, avec des valeurs de recouvrement comprises entre un maximum de 100% dans la variante mésophile à Chattancourt, Nixeville et Courcelles-sur-Aire et un minimum de 70% à Sivry-la-Perche, dans la pelouse où est installée *Blackstonia perfoliata*. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973 du Jura est une association assez recouvrante (80 à 100%) (ROYER, 1987). L'ouverture du biotope, en lien avec la dynamique successionnelle a donc des conséquences floristiques importantes dans ce type de milieu. Il présente un aspect particulier pendant la belle saison, par le développement et la floraison de *Tetragonolobus maritimus*.

Il s'installe sur des pentes dont la valeur moyenne est de 9,2% dans la variante xérophile et de 7,6% dans la variante mésophile. Les pelouses de pentes sont, bien entendu, plus xérophiles que les pelouses de plateau, mais, les différences observées ne sont pas significatives. En revanche, on sait que son maintien est conditionné par une relative ouverture du tapis herbacé.

Les espèces qui dominent dans la variante xérophile à *Polygala calcarea* sont *Tetragonolobus maritimus, Hippocrepis comosa, Festuca lemanii, Bromus erectus* et *Carex flacca*. Des plantes comme *Seseli montanum, Polygala calcarea, Sanguisorba minor, Brachypodium pinnatum* peuvent parfois être abondantes. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Carex tomentosa* à Marville, *Plantago media* et *Genista tinctoria* à Bovée-sur-Barboure et *Inula salicina* à Nicey-Sur-Aire. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition.

Dans la variante mésophile à *Viola hirta*, les espèces qui dominent sont *Brachypodium pinnatum*, accompagnées souvent de quelques *Sanguisorba minor*. *Bromus erectus* est souvent abondant, sauf à Issoncourt, Courcelles-sur-aire et Bonzée-en-Wöevre, où il est absent. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Seseli montanum* et *Lotus corniculatus* à Rupt en Woevre, *Briza media* à Courcelles-sur-Aire, *Carex flacca* à Rupt-en-Woevre et Bonzée-en-Woevre. C'est une pelouse assez dense et moyennement élevée. On l'a identifiée presque toujours en exposition sud et quelquefois en exposition est (Sivry-la-Perche).

4.3.3. Composition floristique

Quelques taxons xérophiles subsistent dans la variante xérophile à *Polygala calcarea*, mais la quasi totalité des espèces sont méso-xérophiles et surtout mésophiles. Les espèces des *Festuco-Brometea* et des *Brometalia* dominent. Ce sont par exemple *Carex tomentosa*, *Tetragonolobus maritimus*, *Seseli montanum*, *Hippocrepis comosa*, *Thymus praecox*, *Polygala calcarea*, *Cirsium acaule*, *Bromus erectus*, *Carex caryophyllea*, *Carex flacca*, *Potentilla neumanniana*, *Briza media*, *Sanguisorba minor*, *Brachypodium pinnatum*, *Gymnadenia conopsea*, *Genista tinctoria*, *Lotus corniculatus* et *Linum catharticum* pour la variante xérophile. Dans la variante mésophile, on peut ajouter des plantes comme *Listera ovata*, *Agrimonia eupatoria*, *Bupleurum falcatum* ou encore *Senecio jacobaea*.

Les espèces caractéristiques sont *Tetragonolobus maritimus*, *Carex humilis*, *Globularia bisnagarica*, *Pulsatilla vulgaris*, *Teucrium chamaedrys*, *Linum tenuifolium*, *Seseli montanum* et *Asperula cynanchica*, qui sont toutes des plantes xérophiles ou méso-xérophiles, plus abondantes voire beaucoup plus abondantes dans la variante xérophile.

4.3.4. Synchorologie

Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* est lié aux substratum marneux. Dans le Jura, il est lié notamment à l'Argovien (Oxfordien), plus rarement au Kimmeridgien et au Toarcien (ROYER, 1987). En Lorraine, on retrouve cette sous-association presque exclusivement sur les pelouses marneuses du Kimmeridgien de l'ouest de la vallée de la Meuse (figure 32).

4.3.5. Evolution dynamique

Compte tenu que les substrats marneux alternent avec les substrats calcaires, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* peut être lié à l'*Onobrychido-Brometum* ou au *Festuco lemanii-Brometum*. Le *Bromo-Chloretum*, par fermeture du milieu, évolue vers le *Coronillo-Brachypodietum* (BEGUINOT, NECTOUX & LAROCHE, 1997). *Blackstonia perfoliata* disparaît très rapidement lors de la fermeture du milieu, ce que nous avons également constaté en Lorraine. DURIN (1957) indique des liens entre la prairie humide à *Molinia* et *Carex tomentosa*, des pelouses humides à *Molinia caerulea* et *Tetragonolobus maritimus* et les pelouses sèches à Seslérie. Nous n'avons pas observée ce type de liaison dynamique. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* se développe sur des sols apparentés en mosaïque avec des rendzines, sur substrats riches en argile, ce qui démontre à nouveau la similitude des observations avec notre région. Le groupement à *Festuco lemanii-Brometum cytisetosum gallici* se développe sur des sols très proches. Ces deux groupements sont en effet floristiquement assez proches. ROYER (1987) indique également que dans le Jura, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* est souvent colonisé par *Cornus sanguinea*, ce qui est également le cas en Lorraine.

4.4. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* ROYER 1973, sous-association à *Galium verum* ss-ass. nov.

4.4.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique, on se référera au tableau synthétique 57 et pour son rattachement au sein de l'alliance du *Tetragonolobo-Mesobromenion*, on se référera à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 8 et le tableau synthétique 5. Les relevés de ces syntaxons sont visibles sur le tableau 34 pour la variante typique à *Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria*, sur le tableau 35 pour le faciès à *Inula salicina* de la variante typique et sur le tableau 36 pour la variante à *Vicia tenuifolia*.

4.4.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 90,3% dans la variante à *Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria*, de 95,1% dans la variante à *Dianthus carthusianorum* et *Centaurea scabiosa* et 90% dans le faciès à *Inula salicina*. Ce biotope correspond à des milieux très fermés. Le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* du Jura est une association assez recouvrante (80 à 100%) (ROYER, 1987). C'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 15%, avec une moyenne de 9,3% pour la variante à *Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria*, de 7,9% pour le faciès à *Dianthus carthusianorum* et de 8,8% pour le faciès à *Inula salicina*. La pente ne constitue donc pas un facteur important dans le déterminisme écologique de ces trois unités, car une même unité peut s'installer sur des pentes très différentes.

Dans la variante mésophile à *Vicia tenuifolia*, faciès à *Dianthus carthusianorum* et *Centaurea scabiosa*, c'est *Brachypodium pinnatum* qui domine très nettement, accompagné de quelques *Sanguisorba minor*, *Poa pratensis* et *Agrimonia eupatoria*. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Fragaria viridis* à Sauvoy et à Montenach, *Bromus erectus* à Obergaibach et Saulny. C'est une pelouse très dense et élevée, qui ne constitue pas de physionomie particulière. Ce groupement s'installe presque uniquement au sud.

Les espèces qui dominent dans la variante mésophile à *Vicia tenuifolia*, faciès à *Inula salicina* sont, bien sûr *Inula salicina*, mais aussi *Bromus erectus* (sauf à Sarreinsming où cette espèce est absente) et *Brachypodium pinnatum*. *Sanguisorba minor*, sans être très abondante, est présente dans tous les relevés. C'est une pelouse très dense et assez élevée. Il présente un aspect très particulier pendant la belle saison par la floraison de *Inula salicina* dans le groupement dominé par le Brachypode. On observera néanmoins l'ensemble du cortège floristique pour la détermination du syntaxon, car *Inula salicina* peut également devenir abondante dans d'autres syntaxons. Il s'installe surtout au sud, mais nous l'avons identifié aussi en exposition à l'est à Grossbliederstroff.

Dans la variante typique à *Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria*, les espèces qui abondent sont *Bromus erectus* et *Brachypodium pinnatum* (sauf à Sarreinsming et Obergaibach, où le Brachypode peut être absent). *Lotus corniculatus* et *Senecio erucifolius*, sans être abondants sont présents sur presque tous les relevés. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Carex flacca* à Waville et Nicey-sur-Aire, *Inula salicina* à Montenach et *Carex tomentosa* à Nicey-sur-Aire. C'est une pelouse assez dense. Il ne présente pas un aspect particulier, si ce n'est

sa relative pauvreté en floraison. On ne constate pas de distinction floristique selon l'exposition, pour un groupement assez nettement inféodé aux expositions méridionales (sauf à Pierre-la-Treiche).

4.4.3. Composition floristique

Elle a été établie sur l'analyse de relevés. Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 28,9 dans la variante typique à *Scabiosa columbaria* subsp. *columbaria*, à 25,6 dans la variante typique, et 26,8 dans la variante à *Vicia tenuifolia*, faciès à *Inula salicina*. La richesse taxonomique est donc sensiblement la même entre ces différents taxons. Les espèces des *Festuco-Brometea* et des *Brometalia* dominent. Ce sont par exemple *Hippocrepis comosa, Briza media, Festuca lemanii, Bromus erectus, Carex flacca, Euphorbia cyparissias, Sanguisorba minor* et *Galium verum*. La plupart des espèces du *Mesobromion* sont également abondantes, par exemple *Centaurea jacea, Ranunculus bulbosus, Ononis spinosa et Orchis militaris*. Quelques espèces de l'*Arrhenatherion* sont bien représentées: ce sont *Dactylis glomerata, Avenula pubescens, Leucanthemum vulgare, Poa pratensis* et *Lotus corniculatus*. Quelques espèces du *Trifolio-Geranietea* sont abondantes *(Agrimonia eupatoria, Galium mollugo, Securigera varia, Trifolium rubens* et *Viola hirta)*.

4.4.4. Synchorologie

C'est un groupement à large répartition géographique, ce qui s'explique par sa faible originalité floristique et le fait que seule la présence d'un substrat marneux suffit à son développement. On le retrouve donc en Meuse, ainsi que sur les pelouses orientales de Moselle.

4.4.5. Evolution dynamique

Ce groupement est fortement relié au groupement à *Bromus erectus* et *Hippocrepis comosa* par un continuum édaphologique entre des groupements sur sols fortement carbonatés et sur sols marneux moyennement carbonatés. Les marnes alternent souvent avec des calcaires durs, ce qui entraîne le développement de mosaïque entre les groupements marneux du *Tetragonolobo-Mesobromenion* ROYER 1987 et trois types de pelouses, le *Teucrio-Mesobromenion*, le *Seslerio-Mesobromenion* et plus couramment les pelouses mésophiles de l'*Eu-Mesobromenion*. La caractérisation phytosociologique et l'individualisation des groupements de milieux marneux en mosaïque sont délicates, car ces derniers sont très appauvris par la fermeture du milieu et par leur localisation phytogéographique. ROYER (1987) indique également que dans le Jura, le *Chloro perfoliatae-Brometum erecti* est souvent colonisé par *Cornus sanguinea*, ce qui est aussi le cas en Lorraine.

Chapitre 11 : Les pelouses acidoclines, le *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973

La délimitation des relevés qui se rattachent à la sous-alliance acidocline du *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979, a été déterminée dans l'interprétation des deux premières analyses factorielles (figures 2 et 3). Le *Chamaespartio-Agrostidenion* s'installe sur des sols plus ou moins profonds, plus ou moins riches en éléments grossiers, appauvris en éléments nutritifs, généralement nettement acidifiés, sur substratum calcaire ou marneux (ROYER, 1987)

Le *Sieglingio-Brachypodietum* était autrefois considéré comme une sous-association acidophile d'une association du *Mesobromion*, par exemple le *Gentiano-Koelerietum* (OBERDORFER, 1990). Ce n'est plus le cas aujourd'hui.

Dans le Jura, le *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 est une association largement répandue sur tout le pourtour de la chaîne jusqu'à une altitude de 800 mètres (ROYER, 1987). Les espèces différentielles du *Sieglingio-Brachypodietum* du Jura sont issues du *Violion caninae* (et du *Genistion*): *Festuca capillata, Viola canina, Genistella sagittalis, Stachys officinalis, Agrostis capillaris, Anthoxanthum odoratum, Sieglingia decumbens* (ROYER, 1987). Des groupements floristiquement équivalents au *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 sont connus en Belgique (LEBRUN *et al.*, 1949) et aux Pays-Bas (WILLEMS & BLANCKENBORG, 1975).

Le syntaxon lorrain est le plus proche du *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association *trisetetosum flavescentis* MAYOT 77, du Jura (ROYER, 1987), appauvri en espèces acidophiles et acidoclines (perte de *Calluna vulgaris, Festuca capillata, Viola canina* et rareté de *Sieglingia decumbens* et de *Potentilla erecta*) et souvent plus riche en éléments mésophiles du *Mesobromion* et de l'*Arrhenatherion*.

1. Analyse Factorielle des Correspondances partielle du *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973

L'analyse a porté sur 10 relevés rassemblant 88 espèces (figure 9). Nous avons travaillé uniquement sur les axes 1 et 2 qui avaient respectivement des valeurs propres de 28,8% et 14,1%. Le graphique par relevés est présenté dans la figure 9.

La signification de l'axe 1 est donnée par *Cerastium brachypetalum, Filipendula vulgaris, Linum tenuifolium, Eryngium campestre, Calluna vulgaris, Viola canina, Agrimonia eupatoria, Plantago media, Veronica prostrata, Rosa canina, Erophila verna, Poa bulbosa* qui caractérisent le pôle positif de cet axe. Le pôle négatif est quant à lui bien identifié par *Cirsium acaule, Anthoxanthum odoratum, Prunella vulgaris, Trisetum flavescens, Polygala calcarea, Pulsatilla vulgaris, Pimpinella saxifraga, Onobrychis viciifolia, Asperula cynanchica, Bupleurum falcatum, Galium pumilum, Silene nutans, Platanthera bifolia* et *Vicia sepium*.

Concernant l'axe 2, *Aquilegia vulgaris, Pulmonaria offcinalis, Polygala vulgaris, Centaurea jacea, Crataegus monogyna, Centaurea scabiosa, Primula veris*, sont très bien corrélés et bien représentés sur le pôle positif de l'axe. Quant au pôle négatif, il est représenté par *Polygala calcarea, Pulsatilla vulgaris, Pimpinella saxifraga, Onobrychis viciifolia, Sieglingia decumbens, Odontites lutea, Anacamptis pyramidalis, Thesium pyrenaicum, Orobanche teucrii* et *Bunium bulbocastanum.*

L'analyse des groupements du *Sieglingio-Brachypodietum* nous a permis de distinguer deux syntaxons. Ces deux unités se distinguent très nettement sur cette analyse. La première sous-association à *Calluna vulgaris* est, en effet, identique à celle décrite par ROYER (1987) pour le Jura. La seconde sous-association, bien différente de la première, a une composition floristique et une écologie originales.

Un tableau comparatif (tableau 57) donne les caractéristiques des deux unités. L'A.F.C. 1 (figure 2), l'A.F.C. partielle et le tableau comparatif 57 des espèces montrent les différences floristiques importantes qui séparent ces deux ensembles de relevés. L'originalité floristique du groupement à *Calluna vulgaris* est la plus importante au sein des groupements que nous avons décrits. Ce groupement n'est d'ailleurs représenté en Lorraine que par trois relevés. Le second, caractérisé par *Luzula campestris* a également une composition floristique originale. On y retrouve des espèces des *Sedo-Scleranthetea*, des *Festuco-Brometea*, ce qui explique sa position intermédiaire sur l'analyse factorielle 1 (figure 2).

2. Description des sous-associations du *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973

2.1. *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 sous-association à *Calluna vulgaris* ss.-ass. nov.

2.1.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa définition au sein de l'alliance du *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979, on se réfère à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 9. Pour sa comparaison phytosociologique, on se réfère au tableau synthétique 60.

a) Composition floristique du groupement lorrain

Il renferme de nombreuses espèces des *Festuco-Brometea* (*Euphorbia cyparrisias, Sanguisorba minor*), des *Brometalia* (*Bromus erectus*) et du *Mesobromion* (*Primula officinalis, Centaurea jacea*). Néanmoins, des taxons des *Koelerio-Phleion* (*Luzula campestris, Thymus pulegioides*), ainsi que du *Nardetea* (*Agrostis capillaris, Viola canina, Calluna vulgaris* et *Sieglingia decumbens*) sont abondantes. Aussi, nous pouvons rattacher ce groupement du *Mesobromion*, à la sous-alliance du *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979, sous-alliance faisant la transition avec le *Violon caninae* et le *Calluno-Genistion.* Les espèces acidoclines et acidophiles du *Koelerio-Phelion* sont également de bonnes indicatrices de la tendance acidophile.

On aurait pu être tenté d'en faire une variante ou une sous-association de l'*Onobrychido-Brometum.* Cependant, ROYER (1987) individualise très nettement ce groupement pour en faire une association à part entière. En Lorraine, l'A.F.C. 1 (figure 2) individualise très nettement ce syntaxon, d'où la confirmation des observations de ROYER.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Nous le rattacherons à l'association à *Sieglingia decumbens* et *Brachypodium pinnatum*, le *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973. Nous avons utilisé la description floristique que donne ROYER (1987), dans le Jura, pour rattacher ce groupement à cette association (voir tableau comparatif 60). Cette association est caractérisée par un fort contingent d'espèces acidoclines, parfois acidophiles, différentielles de la sous-alliance du *Chamaspartio-Agrostidenion*: *Genista germanica, Agrostis capillaris, Stachys officinalis, Anthoxanthum odoratum, Genistella sagittalis, Potentilla erecta, Sieglingia decumbens, Polygala vulgaris, Carlina vulgaris, Festuca capillata* et rarement *Dactylorhiza sambucina, Dactylorhiza maculata* et *Pteridium aquilinum.* Ces espèces viennent pour la plupart du *Violion caninae* (ROYER, 1987). Hormis *Genista germanica, Potentilla erecta* et *Festuca capillata*, le cortège floristique du *Sieglingio-Brachypodietum* lorrain est complet. Cependant, les espèces strictement acidophiles comme *Pteridium aquilinum, Potentilla erecta* et des plantes d'influence montagnarde, comme *Dactylorhiza sambucina* y sont absentes. On pourra donc considérer le *Sieglingio-Brachypodietum* lorrain comme une race géographique appauvrie, moins acidophile et moins montagnarde. En Lorraine comme dans le Jura, *Thymus pulegioides* remplace *Thymus praecox.*

ROYER (1973) dans sa thèse sur la Bourgogne, décrit le *Coronillo-Brachypodietum callunetosum.* Les espèces des *Nardo-Callunetea* y sont plus abondantes qu'en Lorraine (*Sieglingia decumbens, Genista germanica*), tandis que les espèces du *Koelerio-Phleion* y sont moins abondantes (*Luzula campestris, Phleum phleoides* et *Thymus pulegioides*). Au niveau des espèces des différents syntaxons des *Festuco-Brometea*, des différences floristiques existent. *Filipendula vulgaris*, est, en Lorraine, très liée à ce groupement mais n'est pas présente dans le *Coronillo-Brachypodietum callunetosum* de Bourgogne.

Dans le *Mesobromion* décrit par MAUBERT (1978), on note avec une fréquence de I : *Calluna vulgaris, Luzula campestris, Genistella sagittalis, Agrostis capillaris, Polygala vulgaris, Filipendula vulgaris* et avec une fréquence de II : *Phleum phleoides.* Ces espèces sont indicatrices des groupements décarbonatés lorrains. Cependant, le groupement décrit par MAUBERT (1978) indique beaucoup d'autres espèces caractéristiques d'autres unités phytosociologiques. Il est donc impossible de conclure si le groupement décrit par MAUBERT a un lien de parenté proche ou non avec le *Sieglingio-Brachypodietum* de Lorraine, d'autant que le *Sieglingio-Brachypodietum* appartient au *Mesobromion* et que MAUBERT (1978) indique simplement *Mesobromion* sur le groupement qu'il décrit.

Nous avons rencontré un problème à peu près semblable lors de la comparaison entre le *Mesobromion* stade de décarbonatation décrit par NOIRFALISE et DETHIOUX (1985) en Belgique, et le *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 de Lorraine. Les deux auteurs belges classent plus de 100 relevés dans ce syntaxon, qui abrite des espèces que nous rattachons en Lorraine à des syntaxons différents. Les espèces acidoclines et acidophiles (*Calluna vulgaris, Agrostis capillaris, Genistella sagittalis, Phleum phleoides*, par exemple) de Lorraine sont présentes également en Belgique dans ce groupement décarbonaté. Nous pourrons conclure que ces deux groupements ont les mêmes espèces acidoclines et acidophiles, mais qu'une comparaison floristique globale est impossible compte tenu du nombre très varié de relevés dans chacun des deux groupements.

2.1.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 88%, avec des valeurs comprises entre 80% et 95%. C'est un groupement fermé, dominé par le Brachypode et le Brome. En Lorraine, il s'installe uniquement sur des pelouses de plateau. ROYER (1987) indique que les stations occupées par le *Sieglingio-Brachypodietum* sont le plus souvent horizontales ou en pente très faible. Le *Sieglingio-Brachypodietum* s'installe sur des sols de type brun calcique profonds sur calcaire dur, à brun évolué sur limon d'apport (LIBOIS *et al.*, 1969, *in* ROYER, 1987). Dans de nombreuses stations du Jura, il est confiné aux dépressions qui parsèment le plateau karstique, là où s'est déposé un sol plus épais (ROYER, 1987).

C'est un groupement dont la physionomie est très variable. A Vouthon, *Brachypodium pinnatum* et *Achillea millefolium* dominent très nettement, tandis qu'au Plateau de Malzéville, c'est *Bromus erectus* et *Potentilla neumanniana* qui dépassent les 25% de recouvrement. A Tramont-Lassus, c'est le Brome qui impose la physionomie du groupement. C'est une pelouse parfois très dense (Vouthon et Malzéville) et parfois ouverte, comme c'est le cas à Tramont-Lassus. Ce groupement présente un aspect particulier à la fin de l'été, par la floraison de *Calluna vulgaris*.

Au niveau géologique, le ravinement montre tantôt les calcaires à polypiers du Bajocien moyen, tantôt de minces placages de limon de décalcification un peu atypiques car ils sont injectés de très nombreux grains de silice alluviaux quasi microscopiques; les pluies arrivent à concentrer par place des enrichissements de ces grains.

DURIN (1957) signale qu'une pluviosité abondante peut provoquer une décarbonatation superficielle, avec apparition dans la pelouse de plantes acidiphiles comme *Calluna vulgaris* ou *Anthenaria dioica* ce qui n'est, selon DURIN, qu'exceptionnellement constaté en Lorraine mosane. Son déterminisme est essentiellement d'ordre pédologique.

Sur les sols plus profonds et faiblement inclinés, comme c'est le cas sur le Plateau de Malzéville, les rendzines peuvent se transformer en plusieurs étapes (climoséquences) en sols podzoliques. Ces changements pédologiques se manifestent alors physionomiquement par la transformation des pelouses sèches à Brome en landes à callunes et ajoncs (SHIMWELL, 1971), mais cette évolution est limitée aux régions de l'extrême Ouest européen soumises à des précipitations abondantes. On peut donc émettre l'idée que la présence de *Calluna vulgaris* pourrait être le résultat d'une évolution des rendzines vers les sols bruns légèrement podzolisés.

Mais également, la forte sécheresse de l'air empêche le développement de la Callune, sans toutefois l'empêcher de végéter. C'est ainsi que les quelques individus qui peuplent le Plateau de Malzéville ne se trouvent qu'à l'ombre d'arbustes plus grands que sont les aubépines ou les prunelliers.

2.1.3. Composition floristique

Elle a été établie à partir de 3 relevés. Le nombre moyen d'espèces s'élève à 37 (tableau 38). Les espèces caractéristiques sont *Viola canina, Filipendula vulgaris, Calluna vulgaris, Agrostis capillaris, Genistella sagittalis, Sieglingia decumbens, Anthoxanthum odoratum, Stachys officinalis, Polygala vulgaris, Luzula campestris* et *Pulmonaria longifolia.*

Au niveau floristique, la présence de la Callune et du genêt à balais, ainsi que *Filipendula vulgaris, Agrostis capillaris, Genistella sagittalis* sont également de bons indicateurs de la présence de sols décarbonatés. Ils réclament, en effet, un sol assez profond et relativement fertile, et une température élevée. En qualité de plante calcifuge, le genêt à balais ne se trouve pas sur les collines calcaires. Il a son optimum dans les montagnes inférieures siliceuses. Au sein de l'association, seuls *Genistella sagittalis, Agrostis capillaris* et *Calluna vulgaris* sont présents.

La décarbonatation des pelouses est plus active dans les régions où la pluviosité est importante. ROYER (1987) a montré que certaines espèces acidoclines, comme *Stachys officinalis, Anthoxanthum odoratum, Agrostis capillaris*, étaient plus abondantes dans les mésobromaies du Collinéen qu'en plaine, par augmentation des précipitations. En Lorraine, les groupements décarbonatés sont presque exclusivement installés sur des pelouses de plateau.

Ces phénomènes s'observent aussi dans les pelouses du Boulonnais et de Normandie, où des espèces comme *Parnassia palustris* et *Calluna vulgaris* colonisent parfois les ourlets calcaires (GEHU *et al.*,1984). Ceci est encore plus marqué dans les Iles Britanniques, où des espèces telles que *Sieglingia decumbens, Anthoxanthum odoratum, Agrostis capillaris, Stachys officinalis*, etc. sont largement répandues dans les pelouses du *Mesobromion* (SHIMWELL, 1971).

Calluna vulgaris peut s'installer sur les roches ensoleillées, les terrains sableux, et jusqu'aux tourbières à eaux stagnantes, supportant donc de grandes variations d'humidité et de température. Sa présence sur le Plateau de Malzéville est hétérotypique compte tenu de son refus de s'installer sur des sols calcarifères. ISSLER, en 1926, décrit également sur deux sites de la plaine haut-rhinoise deux stations hétérotypiques de *Calluna vulgaris* sur sols calcaires.

2.1.4. Synchorologie

Le *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 est une association d'Europe occidentale, notamment en Allemagne du Sud et en France orientale. Cette association a également été décrite en Belgique et au Pays-Bas, par WILLEMS et BLANCKENBORD (1975). LEBRUN *et al.* (1949) ont décrit au niveau du Bénélux un groupement semblable, qu'ils ont nommé *Mesobrometum genistetosum.* ROYER (1973, 1978) a décrit une sous-association *callunetosum* du *Coronillo-Brachypodietum*, qui entre dans le *Sieglingio-Brachypodietum*, comme l'indique ROYER (1987).

En Lorraine, *Calluna vulgaris* s'observe également sur les marnes Oxfordiennes dans le pays de Montmédy et sa présence n'est donc pas toujours une indication de placages d'alluvions vosgiens anciens. Plusieurs espèces réputées calcifuges se rencontrent en présence d'espèces calcicoles, le plus souvent sur les chailles Oxfordiennes. La présence de *Calluna vulgaris* sur le Plateau de Malzéville ne serait donc pas forcément le résultat de la présence de concentration de grains de silice alluviaux, mais plutôt d'une évolution pédologique.

2.1.5. Evolution dynamique

Il est très souvent lié à la variante du *Genistella sagittalis* de l'*Onobrychido-Brometum.* Dans la dynamique successionnelle, le groupement pionnier, ouvert et xérophile, correspond au *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 sous-association à *Luzula campestris.* Puis apparaît l'*Onobrychido-Brometum* sous-association typique variante à *Genistella sagittalis* suivi

assez rapidement de l'*Onobrychido-Brometum* sous-association mésophile variante à *Genistella sagittalis*. Ce groupement, assez fréquent sur les pelouses calcicoles de plateau peut évoluer d'une autre manière. Très rarement, il fait place au *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Calluna vulgaris*. Cette transition s'observe beaucoup fréquemment dans le Jura, par exemple, où les précipitations sont plus importantes et accélèrent d'autant le processus de décarbonatation.

Les différents stades correspondent dans un premier temps à la fermeture du milieu, puis au développement d'un horizon A décarbonaté et d'un début de brunification, avec formation d'un horizon B. Au niveau physionomique, le passage des groupements décarbonatés de l'*Onobrychido-Brometum* au *Sieglingio-Brachypodietum* se traduit par la colonisation des arbustes. Prunelliers et aubépines sont les plus abondants. Enfin, au niveau floristique, on passe d'espèces acidoclines (*Agrostis capillaris, Genistella sagittalis*, etc.) à des espèces acidiphiles, comme *Calluna vulgaris* ou *Sarothamnus scoparius*.

Sur les pelouses où le *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Calluna vulgaris* est présent, il est toujours en mosaïque avec le *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Luzula campestris* et avec les deux variantes acidoclines de l'*Onobrychido-Brometum*. Au Plateau de Malzéville et à Vouthon, les mosaïques de groupements sont très nettes.

2.2 *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 sous-association à *Luzula campestris* ss.-ass. nov.

2.2.1. Rattachement phytosociologique

Pour sa comparaison phytosociologique, on se référera au tableau synthétique 61. Et pour sa définition au sein de l'alliance du *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979, on se référera à l'Analyse Factorielle des Correspondances partielle présentée sur la figure 9.

Les espèces différentielles sont *Genistella sagittalis* et *Sieglingia decumbens*. Ces taxons, auxquels on peut ajouter *Agrostis capillaris* et *Stachys officinalis*, sont des taxons du *Violion caninae* et/ou des *Koelerio-Phleion*. Les taxons de ces deux alliances acidoclines à acidiphiles sont très abondants dans ce groupement et dans le *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973. Les espèces des *Festuco-Brometea* et du *Brometalia* sont nombreuses et à très haute fréquence. Son rattachement aux *Brometalia* est évident. Les espèces du *Mesobromion* sont peu nombreuses et hormis *Festuca lemanii*, les fréquences observées ne dépassent pas 40% (*Ranunculus bulbosus*).

Ce groupement est pauvre en espèces de l'*Eu-Mesobromenion* (*Salvia pratensis, Avenula pubescens* et *Onobrychis viciifolia*). Il est un peu plus riche en taxons du *Teucrio-Mesobromenion, Linum tenuifolium, Pulsatilla vulgaris* et surtout *Teucrium chamaedrys*. De plus, il est riche en plantes des *Sedo-Scleranthetea*, telles que *Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Petrorhagia prolifera, Trifolium campestre, Taraxacum rubicundum, Cerastium brachypetalum* et *Thlaspi perfoliata*. Ce groupement xérophile, pauvre en taxons des différentes sous-alliances du *Mesobromion*, montre une tendance vers le *Koelerio-Phleion* et les *Sedo-Scleranthetea*. Les espèces différentielles du *Chamaespartio-Agrostidenion* VIGO 1979 sont présentes *Sieglingia decumbens, Agrostis capillaris, Stachys officinalis* et *Genistella sagittalis*. Hormis *Antennaria dioica, Genista germanica* et *Calluna vulgaris*, caractéristiques de cette sous-alliance et absentes de ce groupement, les autres espèces ont des fréquences élevées.

Antenaria dioica était connue de certaines pelouses, mais cette espèce a aujourd'hui disparu. *Genista germanica* n'existe pas sur les pelouses calcicoles de Lorraine. Elle existe dans les landes acides de la région de Bitche, ainsi qu'en Argonne.

Le groupement à *Genistella sagittalis* et *Sieglingia decumbens* est un groupement appauvri du *Mesobromion*, dont la composition floristique dénote des tendances vers le *Koelerio-Phleion* et les *Sedo-Scleranthetea*. Nous le rattacherons au *Chamaespartio-Agrostidenion*.

2.2.2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 80,6%, avec des valeurs comprises entre 60 et 90% (tableau 39). C'est une pelouse peu dense et assez rase. C'est un groupement qui s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 5%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 2,5%. La non déclivité de la pelouse est un facteur important pour la différenciation de groupements.

Les espèces qui abondent sont *Genistella sagittalis, Festuca lemanii, Bromus erectus* et *Thymus pulegioides*. Les espèces qui peuvent former des faciès sont *Luzula campestris* à Sexey-aux-Forges, *Brachypodium pinnatum* à Montenach et *Koeleria cristata* à Algrange et Villey-le-Sec. Il présente un aspect très particulier à la fin du mois de mai, avec la floraison de *Genistella sagittalis*, mais également début mai lorsque *Luzula campestris* est en fleur.

2.2.3. Composition floristique

Elle a été établie sur l'analyse de 8 relevés. Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 28,2. Les espèces différentielles du groupement sont *Stachys officinalis, Anthoxanthum odoratum, Genistella sagitallis, Luzula campestris, Sieglingia decumbens* et *Agrostis capillaris*. *Festuca heteropachys* a été observé en 1996 dans les groupements décarbonatés du Plateau de Malzéville. Il est probable qu'il se trouve également sur d'autres pelouses de Lorraine. Il a été trouvé à plusieurs reprises en Picardie (GEHU *et al.*, 1982). Toutefois, cette espèce est méconnue et difficile à observer sur le terrain, car on la confond souvent avec *Festuca lemanii*. Les espèces à haute fréquence sont *Briza media, Bromus erectus, Carex flacca, Festuca lemanii, Hippocrepis comosa, Potentilla neumanniana, Carex caryophyllea, Teucrium chamaedrys*.

2.2.4. Synchorologie

On le retrouve presque exclusivement sur les dalles calcaires du Bajocien, en situation plane. Ce genre de biotope est relativement rare, ce qui explique qu'il soit très peu représenté dans notre région. D'autre part, il semble se développer avec plus de facilité dans la vallée de la Moselle.

2.2.5. Evolution dynamique

Le *Sieglingio-Brachypodietum* ZIELONKOWSKI 1973 sous-association à *Luzula campestris* est un groupement décarbonaté installé sur des sols très superficels. Il est relativement stable sur la plupart des pelouses où nous l'avons observé. On constate, en effet, un pâturage important des différentes graminées par les lapins, ce qui a pour conséquence de limiter fortement la colonisation par *Bromus erectus* et *Festuca lemanii*. Si la pression des lapins est faible, le groupement évolue assez rapidement vers des pelouses de l'*Onobrychido-Brometum*

Th. MÜLLER 1966, dans ces deux variantes à *Genistella sagittalis*. Un passage direct du *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Luzula campestris* au *Sieglingio-Brachypodietum* sous-association à *Calluna vulgaris* est possible, nous l'avons observé dans le cadre de notre étude à Malzéville et à Vouthon.

Chapitre 12 : Les pelouses thérophytiques des *Sedo-Scleranthetea*, le *Cerastietum pumili* OBERD. & Th. MULLER 1957

1. Rattachement phytosociologique

a) Composition floristique du groupement lorrain

On sait que les espèces provenant des *Sedo-Scleranthetea* et des *Koelerio-Corynephoretea* pénètrent essentiellement les groupements les plus xérophiles des *Festuco-Brometea*, aux conditions particulièrement favorables aux thérophytes et aux espèces crassulescentes. La composition floristique du *Cerastietum pumili* est très nettement intermédiaire entre la classe des *Festuco-Brometea* et des *Sedo-Scleranthetea* (tableau 43). Les espèces des *Sedo-Scleranthetea* à haute fréquence comme *Petrorhagia prolifera, Saxifraga tridactylites, Veronica prostrata* subsp. *scheurreri, Sedum acre, Centaurium erythraea, Cerastium brachypetalum, Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados* et *Prunella grandiflora* le montrent bien. Les espèces des *Festuco-Brometea*, des *Brometalia* et du *Mesobromion*, à haute fréquence, sont *Bromus erectus, Seseli montanum, Thymus praecox, Potentilla neumanniana, Sanguisorba minor, Anthyllis vulneraria* et *Festuca lemanii*.

Etant donné que l'abondance des espèces des *Sedo-Scleranthetea* est plus importante que celle des *Festuco-Brometea*, il est obligatoire de le rattacher aux *Sedo-Scleranthetea*, dans l'alliance qui s'installe sur milieu calcaire, l'*Alysso-Sedion*.

b) Comparaison avec des groupements homologues d'autres régions

Pour la comparaison phytosociologique de ce groupement avec ceux décrits dans d'autres régions, on se référera au tableau synthétique 62.

MAUBERT (1978) pense que *l'Alysso-Sedion* devrait être rattaché aux *Festuco-Brometea*. D'autres phytosociologues estiment que sa place est au sein des *Sedo-Scleranthetea*. Les liaisons dynamiques et floristiques entre les deux groupements sont importantes. C'est le cas pour les milieux calcicoles du Quercy, étudiées par VERRIER (1982), dans lesquels il décrit les pelouses à thérophytes comme correspondant à l'intrication de deux individus d'associations bien distinctes. Il en est de même du syntaxon que nous avons identifié. Cependant, il est aujourd'hui clair que les groupements relevant de l'*Alysso-Sedion* s'intègrent dans la classe des *Sedo-scleranthetea*.

L'*Alysso-Sedion* a une très grande aire de répartition en Europe occidentale. Les groupements de l'*Alysso-Sedion* sont propres aux terrains calcaires, sauf pour le *Scillo-Sedetum albi*. Parmi les plantes compagnes, beaucoup appartiennent à la classe phytosociologique des *Festuco-Brometea* et à ses unités inférieures. Les espèces caractéristiques des *Sedo-Scleranthetea* et des *Sedo-Scleranthetalia* y sont bien représentées.

Ce groupement est à ranger dans l'association du *Cerastietum pumili* OBERD. & Th. MULLER 1957, qui a été décrit par de nombreux auteurs (MULLER, 1961 ; OBERDORFER, 1990). Il est assez stable floristiquement d'une région à l'autre.

Le *Cerastietum pumili* est caractérisé par de nombreuses thérophytes, comme *Minuartia hybrida, Cerastium brachypetalum, Minuartia rubra, Cerastium pumilum* et *Trifolium scabrum* (ROYER, 1972). Le *Cerastietum pumili*, dans sa composition floristique typique, ne semble se trouver, dans le sud du Bassin Parisien, que sur dalle calcaire aquitanien de Beauce. Ceci peut être dû à la relative rareté des affleurements rocheux horizontaux dans la vallée du Cher (MAUBERT, 1978).

En Bourgogne, on peut constater, dans les groupements décrits par ROYER (1973), un net enrichissement en espèces laté-méditerranéennes comme par exemple, *Bombycilaena erectus, Trifolium scabrum*. ROYER (1973) avait d'ailleurs nommé ce groupement *Sedo-Trifolietum scabri*. En Lorraine, *Trifolium scabrum* n'est connu que de quelques rares stations : Pagny-la-Blanche-Côte, Villeroy-sur-Meholle, Arnaville (PARENT, 1979). Nous n'avons pas rencontré cette espèce au cours de nos prospections, mais il est presque certain que *Trifolium scabrum* vit dans les mêmes biotopes en Lorraine. Quant à *Bombycilaena erecta*, il existait autrefois à Liverdun, Rosière-en Haye, Waville, Thiaucourt et Metz. Il a aujourd'hui complètement disparu (PARENT, 1979).

Ainsi, il est préférable de rattacher le groupement sur dalles de Lorraine au *Cerastietum pimilii*, plutôt qu'au *Sedo-Trifolietum scabri* qui est plus thermophile et dont certaines espèces différentielles importantes ne sont pas, ou très faiblement, représentées en Lorraine.

Dans le Bassin Parisien, le groupement sur dalle décrit par MAUBERT (1978), est plus pauvre en espèces de pelouses des *Festuco-Brometea*. Il est également riche en espèces thermo-xérophiles, comme par exemple *Bombycilaena erecta, Helianthemum apenninum, Bupleurum baldense, Scilla autumnalis* et *Coronilla minima*. Il est également plus riche en espèces des *Sedo-Scleranthetea*, comme par exemple, *Sedum album, Acinos arvensis, Poa bulbosa, Trifolium campestre, Aira caryophyllea, Sedum rupestre* et *Trifolium striatum*. Ces différences floristiques majeures nous permettent de conclure que le groupement décrit par MAUBERT (1978) correspond à un stade pionnier moins évolué et plus thermo-xérophile que celui décrit en Lorraine.

En Belgique, NOIRFALISE et DETHIOUX (1985) ont décrit deux groupements qu'ils classent dans le *Xerobromion*. Ils contiennent beaucoup d'espèces des *Sedo-Scleranthetea* et du *Cerastietum pumili* lorrain (*Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Erophila verna, Saxifraga tridactylites, Sedum acre, Thlaspi perfoliata* et *Thlaspi montanum*). Au contraire de la plupart des autres groupements sur dalles décrits, les deux unités belges sont riches en espèces des *Festuco-Brometea (Anthyllis vulneraria, Centaurea scabiosa, Carex flacca* et *Dianthus carthusianorum*, par exemple), des *Brometalia* (*Hippocrepis comosa, Scabiosa columbaria* subsp. *Columbaria* et *Carex caryophyllea*, par exemple) et même des *Agrostio-Arrhenatheretea*, au moins pour le stade de décarbonatation du *Xerobromion* (*Avenula pubescens, Plantago lanceolata* et *Achillea millefolium*, par exemple). Les principales différences qui existent entre ces groupements belges et le groupement lorrain, se situent au niveau des espèces du *Xerobromion* (*Helianthemum apenninum, Melica ciliata, Orobanche teucrii*, etc.) et des *Prunetalia (Buxus sempervirens, Clematis vitalba, Cornus sanguinea, Prunus spinosa*, etc.) qui sont quasi-absentes de Lorraine. Bien que la parenté entre ces groupements soit évidente, il faut les distinguer car leurs compositions floristiques sont différentes.

2. Physionomie et écologie du groupement

Le recouvrement de la strate herbacée est en moyenne de 38,6%, avec des valeurs comprises entre 10 et 55% (tableau 43). C'est un groupement qui s'installe sur des milieux très ouverts, dans lesquels la roche calcaire affleure, comme c'est le cas aux abords des pointements rocheux, des bunkers et des carrières, où sous l'action du pâturage, du vent et des nombreuses perturbations qui ont entraîné le développement de ce type de biotope. Sur les dalles, le transport éolien empêche, bien souvent, l'installation d'un horizon pédologique continu et épais, ce qui ralentit d'autant le développement des espèces de la pelouse.

Il s'installe sur des pentes comprises entre 0 et 15%, avec une moyenne pour l'ensemble des relevés de 4,71%. Le *Cerastietum pumili* lorrain, comme celui de Bourgogne, s'installe sur des surfaces tabulaires planes, telles que les dalles horizontales ou faiblement inclinées. On ne le rencontre que sur du calcaire dur affleurant, ou faiblement recouvert d'un lithosol peu épais, très organique.

Les espèces qui abondent sont *Cerastium brachypetalum, Festuca lemanii, Thymus praecox* et *Potentilla neumanniana. Bromus erectus* est parfois absent (Lorry-Mardigny et Pont-Saint-Vincent) ou parfois, au contraire, il devient dominant (Malzéville et Butte de Sion). Les espèces pouvant former des faciès sont *Plantago media* à la Butte de Sion et *Seseli montanum* à Lorry-Mardigny. Ce groupement présente un aspect très particulier par son ouverture, le développement et la floraison précoce de plantes comme *Cerastium brachypetalum, Erophila verna, Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados* et *Veronica prostrata* subsp. *Scheereri*, pour ne citer que quelques exemples communs.

Des touffes de mousses et surtout des lichens s'observent assez fréquemment. Ces plantes colonisent les pelouses et modifient le fonctionnement hydrique du biotope. Par leur recouvrement, elles diminuent l'approvisionnement en eau du sol, mais dans le même temps, elles maintiennent une certaine humidité favorable à la germination et à la croissance végétale. Pendant les beaux jours, le sol s'échauffe très rapidement au soleil, ce qui explique que durant l'été la quasi totalité des plantes qui composent ce milieu sèchent, souvent car elles ont fini leur cycle annuel de développement. La plupart d'entre elles fleurissent au début du printemps (à partir de la mi-avril).

3. Composition floristique

Elle a été établie sur la base de 7 relevés (tableau 43). Le nombre moyen d'espèces par relevé s'élève à 33,3 ce qui en fait l'un des syntaxons les plus riches parmi ceux qui ont été identifiés en Lorraine. Il est essentiellement composé de thérophytes à faible développement (figures 20, 21 et 22) et de plantes crassulescentes (*Sedum pl. sp*, par exemple). Les espèces qui le caractérisent sont *Petrorhagia prolifera, Saxifraga tridactylites, Sedum acre* et *Alyssum alyssoides*. Un autre groupe d'espèces est également typique, mais il transgresse parfois dans d'autres groupements de pelouses xérophiles. Ce sont *Centaurium erythraea, Prunella grandiflora, Thlaspi montanum, Thlaspi perfoliatum, Poa bulbosa, Trifolium campestre, Acinos arvensis, Taraxacum rubicundum, Sedum mite, Koeleria cristata, Veronica prostrata* subsp. *Scheereri, Erophila verna, Cerastium brachypetalum* et *Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados*.

Quelques espèces des pelouses ouvertes des *Festuco-Brometea* ont une fréquence relativement importante. Ce sont *Bromus erectus, Festuca lemanii, Potentilla neumanniana, Sanguisorba minor, thymus serpyllum, Anthyllis vulneraria, Galium verum, Seseli montanum, Teucrium chamaedrys. Trifolium repens.* Ces taxons des milieux pelousaires ouverts et xériques sont les pionnières des plantes des *Festuco-Brometea.* Elles ne peuvent caractériser cette unité phytosociologique.

4. Synchorologie

Les groupements de l'*Alysso-Sedion* sont rares en Lorraine pour des raisons essentiellement édaphiques. Celui que nous avons décrit est assez répandu dans la région jurassique où les dalles rocheuses calcaires sont assez fréquentes (ROYER, 1972). Il est, en effet, presque strictement inféodé aux dalles rocheuses massives du Bajocien (figure 34). Le calcaire du Rauracien de la vallée de la Meuse se délite facilement à l'affleurement, en fragment de petite taille. Le substrat n'est pas favorable à la formation de groupements sur dalle du type de celui que nous avons décrit. Deux syntaxons du *Genisto-Seslerietum* le remplacent.

C'est un groupement qui existe sur bien d'autres habitats que ceux que nous avons décrits (carrières, par exemple). Le carte de répartition n'est pas du tout exhaustive, mais donne seulement une idée de l'étendue de sa répartition sur des pelouses calcaires et de sa composition floristique.

5. Evolution dynamique

Le *Cerastietum pimili* est un groupement à évolution très lente. Des variations microstationnelles importantes existent sur de tous petits espaces, favorisant souvent l'apparition de taxons des *Sedo-Scleranthetea.* Il est intermédiaire entre des pelouses des *Festuco-Brometea* et les dalles calcaires des *Sedo-Scleranthetea* et doit être compris comme un élément d'une mosaïque fine, fortement imbriquée, dans laquelle ces deux syntaxons doivent être distingués lors du relevé.

Le *Cerastietum pumili* évolue vers une pelouse du *Mesobromion*, dans la sous-alliance du *Teucrio-Mesobromenion* dans le sud de la région et évolue dans le nord vers l'*Onobrychido-Brometum* sous-association à *Helianthemum nummularium.* Ces changements sont dus à l'accumulation progressive d'éléments sur l'horizon A. La matière organique produite chaque année est incorporée au sol. Plus souvent, elle est l'objet de prélèvements importants par les herbivores (lapins, moutons), ou d'une exportation, en exposition défavorable (vent, ruissellement), qui va entraîner la perte d'une grande partie de la matière produite. La couverture lichénique et bryologique limite la germination des thérophytes et ralentit la dynamique successionnelle.

Eryngium campestre, Cerastium brachypetalum, Hypericum perforatum, Euphorbia cyparissias sont refusés par les animaux, donc indirectement favorisés par le pâturage. L 'abondance de ces espèces peut caractériser un faciès de dégradation, sous l'action d'un surpâturage. Cette variante reste néanmoins riche en *Orchidées*, mais la présence et souvent l'abondance de *Trifolium campestre, Thlaspi perfoliatum, Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Erophila verna, Veronica arvensis, Taraxacum rubicundum, Medicago minima, Poa bulbosa, Cerastium brachypetalum* traduisent un impact très fort du troupeau. Hormis le fait que

les ovins ne consomment pas ces plantes, le broutage a tendance à ouvrir le milieu, donc à favoriser le développement des thérophytes, tels que *Erophila verna, Thlaspi perfoliata, Cerastium brachypetalum, Poa bulbosa.*

Enfin, le *Cerastietum pumili* est très fréquenté par les lapins, qui ont surtout une action sur les secteurs de lisières, de replats, de corniches, et de bordure de sentiers (BOULLET, 1988). Les tonsures liées aux lapins seraient, dans la mesure où les actions redeviennent rentables, d'une grande importance pour sauver la plus grande partie des richesses floristiques et phytosociologiques que recèlent ces milieux.

QUATRIEME PARTIE : Mécanismes et modifications floristiques induits lors d'une dynamique successionnelle secondaire sur les pelouses de Lorraine

Chapitre 13 : Evolution de la végétation et de la flore au cours d'une dynamique progressive secondaire dans les pelouses calcicoles

« Il est très curieux de voir très souvent apparaître dans la pelouse, les espèces pionnières qui vont tenter de prendre le dessus pour recoloniser la pelouse et tendre vers l'installation de la forêt primitive autrefois détruite, des plantules d'arbres par exemple : Chênes, Genévrier, Viorne, Aubépine, Prunier de Sainte-Lucie, Bourdaine, Nerprun, Alisier. »

DURIN, 1957.

Introduction

Se renouvelant au rythme des saisons, la végétation change aussi d'année en année dans sa physionomie comme dans sa composition (DROUIN, 1994). La succession alternative dans la reproduction des espèces végétales vivant en société est, en effet, une loi générale de la nature. L'absence de gestion agricole entraine donc une modification de la physionomie et de la composition floristique d'une pelouse.

Les pelouses calcicoles de Lorraine sont presque toutes abandonnées depuis plusieurs décennies et leur évolution est liée aux conditions microstationnelles du site. Ces écos, stèmes ne sont plus exportateurs (DUVIGNEAUD, 1983) et une dynamique secondaire de la végétation est constatée sur toutes les pelouses où les pratiques agricoles ont été abandonnées. L'abandon de la gestion de la phytocoenose pelousaire précipite les processus dynamiques et fait apparaître de nouvelles communautés végétales, selon une complexification progressive de la végétation et une succession de mosaïques d'ordre croissant (BOULLET, 1988).

Dans notre cas, la dynamique successionnelle ne peut être considérée comme unidirectionnelle, car la composition, la structure et la vitesse d'évolution des différentes communautés végétales peuvent être très différentes d'une parcelle à l'autre (ALARD, 1998). Par exemple, il est clairement démontré que la composition et la dynamique des pelouses calcicoles sont autant sous la dépendance des pratiques de gestion anthropiques que la résultante d'un équilibre naturel (DUTOIT & ALARD, 1996). L'impact sur la végétation de ces actions se ressent encore sur la dynamique spontanée de la végétation, même après de nombreuses années (CORNISCH, 1954 ; DUTOIT & ALARD, 1996).

L'analyse fonctionnelle de la biodiversité dans le cadre d'une étude sur la dynamique de la végétation vise à mesurer l'information apportée par cette évaluation en terme de conséquences pour le fonctionnement de l'écosystème.

Les travaux de phytosociologie ont donné beaucoup d'informations sur les différents stades de la dynamique végétale (DELPECH, 1989), comme nous l'avons aussi montré dans la première partie, mais une analyse plus fine du tapis végétal est nécessaire pour analyser les raisons de ces changements. Nous pourrons ainsi mettre en évidence, par exemple, les antagonismes qui existent entre certaines espèces si leurs exigences sont mutuellement incohérentes. Mais l'hétérogénéité du milieu permet souvent à ces dernières de cohabiter, en apparence, dans le même milieu. Des décalages phénologiques permettent, dans certains cas, à des espèces de subsister dans des conditions difficiles.

La connaissance des mécanismes de successions passe non seulement par la description des interactions entre les différentes communautés végétales se succédant, mais aussi par la compréhension des stratégies adaptatives et compétitives des différentes espèces au sein des tapis herbacés (DUTOIT & ALARD, 1996). C'est l'un des objectifs souhaités par cette étude. Le but final de la compréhension de ces phénomènes est de connaître le comportement des plantes rares ou menacées, qui ont le plus souvent des populations de petite taille et/ou isolées et une distribution géographique restreinte (RABINOWITZ *et al.*, 1986, BARRETT & KOHN, 1991) et pour lesquelles les effets d'une intervention de gestion doivent être appréhendés en amont.

Dans notre cas, nous avons choisi une étude synchronique, fondée sur l'analyse de la composition floristique des carrés de mesure du pâturage. Ainsi, ce sont les données de quelques 7000 carrés qui ont servis de base à ce travail. Ils correspondent à la lecture de 28 placettes de 50 points lues durant 5 ans. La taille réduite des carrés (20 cm X 20 cm) permet une analyse fine des interactions entre espèces. L'hétérogénéité horizontale du tapis végétal est importante sur une pelouse calcaire et une analyse des relevés phytosociologiques (réalisés sur 25 m^2 en moyenne) ne permet pas de mettre aussi en avant ces interactions entre espèces. On sait que la structuration des populations et leur distribution horizontale sont fonction de la densité et de la structuration de certaines espèces (*Brachypodium pinnatum*) qui imposent au milieu l'essentiel de sa physionomie et de sa composition floristique.

L'ensemble des résultats de ce travail est exprimé en fonction de la densité de *Brachypodium pinnatum* (exprimé en C.A.D.). Cette espèce, comme on l'a déjà démontré dans la première partie, est un très bon bio-indicateur des différents stades d'une dynamique proggressive secondaire sur pelouses calcaires. Les analyses statistiques effectuées dans le chapitre 14 confirment cette hypothèse.

1. Analyse des placettes par types biologiques

Pour cette étude, on se référera à la figure 46. On trouvera la liste complète des espèces ayant servi à obtenir ce tableau sur les figures 47 à 51. Nous avons suivi les indications de la flore de Belgique et des régions limitrophes (LAMBINON *et al.*, 1992) pour déterminer le type biologique auquel se rattachent ces espèces, sauf pour les graminoïdes qu'il est important de distinguer des hémicryptophytes pour bien comprendre les changements floristiques qui s'opèrent.

Les pourcentages ont été obtenus en faisant la somme des valeurs de masse de l'ensemble des espèces (liste figures 47 à 51) pour chaque type biologique, en fonction de la densité du Brachypode, puis en calculant les pourcentages respectifs de chacun de ces types en fonction du Brachypode.

1.1. Les hémicryptophytes

Les hémicryptophytes régressent très légèrement au fur et à mesure que l'abondance du Brachypode s'accroît. Ils passent d'une importance relative de 37,9%, quand le Brachypode est absent, à 27,2%, quand le Brachypode couvre plus de 75% de la surface du relevé. Une différence notable apparaît lorsque le Brachypode atteint un recouvrement supérieur à 25%. Ce groupe rassemble un nombre d'espèces à écologie très variée et il est toujours délicat de conclure quant à la signification écologique que l'on peut tirer de ce genre de résultats. On constate sur cette figure un remplacement des hémicryptophytes par les plantes graminoïdes au fur et à mesure de l'évolution naturelle du milieu.

1.2. Les thérophytes

Les thérophytes régressent progressivement avec la densification du tapis herbacé. Ils passent d'une importance relative de 21,3% dans les milieux ouverts à seulement 6,8% dans les ourlets. C'est le type biologique le plus sensible à la densification du tapis herbacé. On sait que la densité des espèces est fonction de leurs aptitudes à coloniser les espaces de sols nus par germination des graines ou par multiplication végétative (émission de stolons, croissance des rhizomes, développement des touffes, etc...) (MITCHLEY, 1990). La forte densité du Brachypode ne permet plus aux annuelles de trouver la place de germer. Pour les plantes pérennes, le problème est moins grave, car après la germination, elles sont installées pour plusieurs années et ont, presque toujours, la possibilité de se reproduire de manière végétative.

1.3. Les géophytes

Les géophytes sont mieux représentés dans les milieux ourléifiés. Leur importance reste cependant faible, puisqu'au mieux, ils représentent 0,7% du cortège floristique. On aurait pu penser que les géophytes, qui sont « stress tolérants » selon GRIME (1979), résistant bien aux perturbations, seraient plus abondants dans les milieux xérophiles. Ceci ne peut être mis en évidence par nos résultats.

1.4. Les nanochamaephytes

Les nanochamaephytes semblent peut dépendants de la densité du Brachypode (figure 46). Ils trouvent leur optimum lorsque le Brachypode a un C.A.D. de 2. Lorsque le milieu est plus ouvert ou plus fermé, les nanochamaephytes régressent progressivement. Dans les milieux xérophiles, les conditions écologiques sont dévaforables à leur développement, tandis que dans les milieux ourléifiés, la densité du tapis herbacé arrête leur développement.

1.5. Les graminoïdes (brachypode inclus)

La dynamique successionnelle se fait surtout au profit des plantes graminoïdes, dont l'importance s'accroît lorsque les milieux sont abandonnés. On passe dans les biotopes xérophiles, d'un milieu dominé par les hémicryptophytes (37,9%), les graminoïdes (35,7%) et les thérophytes (21,3%), à un milieu très fortement dominé par les graminoïdes (57,5%). On sait, en effet, que l'abandon de l'exploitation d'un herbage conduit, dans un premier temps, à une friche prairiale généralement dominée par quelques espèces compétitives qui forment faciès

(ALARD, 1998). Ces plantes, avec leurs systèmes souterrains performants, sont les principales bénéficiaires de l'abandon des pratiques de gestion. L'enfrichement des pelouses calcicoles s'accompagne d'une chute des pertes minérales par érosion des sols. Pour expliquer cela, on sait que presque toutes les graminées sociales sont plus aptes que la plupart des autres plantes des pelouses calcicoles à exploiter les ressources du sol et de l'air (GRUBB, 1982 ; SYDES, 1984 ; MITCHLEY, 1988c ; BOBBINK *et al.*, 1989). On sait également que la dynamique successionnelle des pelouses de pente peut être accélérée par les apports nutritionnels des engrais répandus sur les cultures du plateau. L'étalement latéral des touffes de graminées aboutit à la fermeture totale du milieu (MITCHLEY, 1990), empêchant la germination des ligneux. La densité des graminées sociales est donc un frein à la colonisation par les arbustes. Des phases de blocage dynamique apparaissent dans certaines pelouses (VAN DER MAAREL & SYKES, 1993) très fortement dominées par les graminées sociales.

1.6. Les chaméphytes et les phanérophytes

Les chaméphytes et les phanérophytes sont peu abondants, tant que le Brachypode ne dépasse pas un C.A.D. de 2. Ils représentent moins de 0,4% de l'ensemble des espèces. Puis, avec la densification croissante du Brachypode, les arbustes et les arbres se développent rapidement, mais ces milieux n'entrent pas dans le cadre de cette étude. Ils vont dominer le biotope et faire régresser les plantes graminoïdes. Les pelouses calcaires évoluent, en effet, par la suite vers les groupements du *Ligustro-Prunetum* dans le domaine du *Carpinion* ou du *Fagion* thermophiles et du *Quercion-pubescenti-petraea* dans l'Est de la France. Les pelouses sont ainsi liées dynamiquement aux stades préforestiers des *Prunetalia* (WATTEZ & DE FOUCAULT, 1984 ; BOURNERIAS, 1984 ; BOULLET, 1989). Le climat, s'il est pluvieux, semble accélérer le processus de colonisation arbustive. ROYER (1987) dans le Jura, a montré que la dynamique forestière est plus rapide sous un climat pluvieux. Le sol a également une grande importance. De plus, les colluvions de bas de pente, les talus de grèze, les loupes de solifluxion, favorisent aussi l'installation des arbres (BOCK, 1986). Par contre, selon ALARD (1998), les séries dynamiques spontanées peuvent être bloquées ou fortement ralenties à un stade de la succession. Un grand nombre de facteurs influence donc la vitesse de colonisation des ligneux.

On a pu constater dans notre travail que les brachypodaies peuvent fortement ralentir la dynamique préforestière au stade ourlet, surtout lorsque le Brachypode arrive à constituer des « taches » très denses et quasi mono-spécifiques, dans lesquels quasiment aucune graine n'arrive à pousser.

1.7. Discussion

Le facteur principal de compétition entre les espèces pérennes est essentiellement trophique et situé, pour TILMAN (1985) et MORTIMER (1992) au niveau des racines. Mais la course à la lumière et la compétition pour l'espace sont également des éléments important pour expliquer les modifications floristiques observées. Elles aboutissent à une diminution des plantes annuelles à faible développement et des petits sous-arbrisseaux, ne supportant pas la concurrence imposée par les plantes graminoïdes dans un premier temps, puis par les arbustes dans un deuxième temps. L'accumulation d'une litière sèche est également un élément important dans l'appauvrissement floristique, surtout des thérophytes. BOUXIN et GAUTIER (1982) ont montré, en effet, que la distribution des espèces au sein des pelouses calcaires est fonction de leur capacité à se régénérer par voie végétative et que la compétition intraspécifique a plus

d'importance que la compétition interspécifique. Dans le cas des thérophytes, la régénération végétative est nulle.

2. Analyse de la diversité spécifique et nombre moyen d'individus par carré

Pour ce paragraphe, on se référera à la figure 45. Les résultats présentés indiquent deux choses. Premièrement, le nombre total d'espèces rencontrées sur l'ensemble des 7000 carrés de mesure, en fonction de la densité de Brachypode (exprimée en C.A.D.). Deuxièmement, cette figure indique le nombre moyen d'espèces rencontrées sur chaque carré de 20 cm X 20 cm, toujours exprimé en fonction de la densité du Brachypode.

On sait que le nombre d'individus et la richesse spécifique ne sont pas directement liés. La complexification des habitats est un facteur entraînant une augmentation du nombre d'espèces, mais pas forcément une augmentation du nombre d'individus. Par exemple, le développement du Brachypode entraîne presque toujours une homogénéisation du biotope, suscitant la disparition d'un grand nombre d'espèces, les espèces des habitats xériques et héliophiles étant les plus touchées. Le problème du Brachypode a déjà été étudié par PAUL (1977) et BOBBINK et WILLEMS (1987). L'apparition d'espèces mésophiles compense la disparition d'espèces xérophiles, d'où un enrichissement du milieu. Dans notre étude, le nombre total d'espèces rencontrées passe de 92 dans les milieux ouverts à 111 dans les biotopes les plus ourléifiés. Au Pays-Bas, c'est le contraire. La baisse de la diversité spécifique des pelouses ourliéfiées est liée à une diminution de l'hétérogénéité des pelouses (WILLEMS *et al.*, 1993).

L'équilibre numérique entre les espèces varie en fonction des caractéristiques du milieu. Dans notre cas, le nombre de taxa présents par carré de mesure est important, jusqu'à un recouvrement du Brachypode de 25% (7,59 espèces par carré). Puis, la diversité spécifique chute rapidement, pour être deux fois moins importante lorsque le Brachypode dépasse un recouvrement de 75%. L'enfrichement des pelouses calcaires est donc responsable d'une perte importante de la richesse végétale (ROSEN, 1988). Une augmentation de 80% de la biomasse entraîne une réduction de 50% de la diversité spécifique (BOBBINK & WILLEMS, 1987). ALARD *et al.* (1990) ont montré, quant à eux, que la dynamique végétale induit une baisse de la diversité et de l'indice d'équitabilité dans des pelouses abandonnées depuis plusieurs dizaines d'années. Quelques espèces dominent le groupement, entourées d'un nombre important d'espèces représentées par quelques individus.

Ceci s'explique, entre autres, par une diminution de la lumière reçue au niveau du sol et par la baisse de l'hétérogénéité des pelouses (MITCHLEY, 1990 ; MITCHLEY & WILLEMS, 1995). WILLEMS (1990) a montré que dans une pelouse abandonnée depuis 11 ans, où le Brachypode recouvre 80%, on ne constate pas de chute floristique importante. Cependant, au-delà de ce temps, la chute du nombre d'espèces est très brutale. Il existe donc effectivement une densité maximale de Brachypode au delà de laquelle beaucoup d'espèces disparaissent. En Lorraine, elle semble être à un C.A.D. de 4 pour le Brachypode. En effet, la diminution du nombre d'espèces est causée par la dominance de plus en plus accentuée de *Brachypodium pinnatum* (BOBBINK & WILLEMS, 1987). Pour rajeunir leurs populations et pour augmenter le nombre d'individus, en général, les plantes ont, en effet, besoin d'espace, de petites places ouvertes (« gaps » en anglais) où, au moins pendant une courte période, la compétition pour la lumière, les nutriments dans le sol et l'eau est moins intense.

Un autre facteur de disparition peut être évoqué. C'est la compétition trophique, située au niveau des racines, entre les espèces pérennes (TILMAN, 1985 ; MORTIMER, 1992). L'apport d'azote est favorable à la productivité des pelouses, mais entraîne une baisse de la richesse et de la diversité spécifique (HUBER, 1994). La densité du tapis végétal, et surtout celle des appareils racinaires, est telle que les racines de jeunes arbres se trouvent immédiatement en compétition pour l'eau et les sels minéraux avec celles des autres plantes de la pelouse (BOCK, 1986). La chute de la diversité floristique tient à la compétition pour les sels minéraux et pour la lumière et à l'accumulation de litière qui constitue un obstacle à la germination et à la progression des espèces de petite taille (DELESCAILLE, HOFMANS & WOUE, 1991). Malheusement, la compétition racinaire n'a pu être envisagée dans ce travail.

L'ensemble de ces résultats sera important dans la compréhension des conséquences sur la flore et la végétation des mesures de gestion par la fauche et le pâturage que nous avons mises en place.

3. Analyse du comportement des espèces

Pour cette partie de l'étude, le protocole est semblable à celui des paragraphes 1 et 2 de ce chapitre. Les figures 47 à 51 rassemblent l'ensemble des résultats. Les valeurs exprimées correspondent au pourcentage d'apparition de l'espèce considérée sur l'ensemble des placettes de mesure (7000), exprimé en fonction de la densité du Brachypode (exprimée en C.A.D.). Par exemple, un pourcentage de 10% pour une espèce donnée, qui apparaît dans 50 carrées de mesure sur un total de 500 à un C.A.D. de Brachypode donnée.

La richesse biologique qu'on veut obtenir se traduit généralement en nombre d'espèces, mais il ne faut pas négliger la diversité des associations végétales (BAKKER *et al.*, 1996). Chaque association végétale contribue à la richesse globale de la pelouse, par les espèces qui lui sont inféodées. Nous pouvons ainsi mettre en avant les antagonismes qui existent entre certaines espèces. Leurs exigences sont parfois mutuellement incohérentes, mais l'hétérogénéité horizontale et verticale du milieu permet à ces dernières de cohabiter, en apparence, dans le même microhabitat.

Nous avons distingué cinq groupes d'espèces, qui correspondent à cinq types de réponse biologique (paragraphe 3.1 à 3.5). Les résultats sont basés sur une comparaison entre les groupements où le Brachypode est absent et des groupements où il couvre plus de 75% de la surface du relevé (C.A.D. = 5). L'évolution entre ces deux biotopes est envisagée dans les différents textes.

3.1. Les espèces qui disparaissent

Les espèces qui disparaissent (figure 51) lorsque le Brachypode a un C.A.D. de 5 sont *Polygonum aviculare, Reseda lutea, Capsella bursa-pastoris, Delia segetalis, Laburnum anagyroides, Sedum acre, Teucrium montanum, Veronica prostrata, Erophila verna, Cirsium arvense, Orchis militaris, Veronica arvensis, Seseli libanotis, Cerastium arvense, Dianthus carthusianorum, Trifolium striatum, Stachys recta* et *Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados.*

La création d'espaces ouverts, dominés par de petites annuelles basses permet le développement de certaines espèces typiques des milieux xérophiles et thermophiles, dont

beaucoup appartiennent aux *Sedo-Scleranthetea*. C'est le cas de la plupart des plantes de cette liste. La plupart sont des plantes banales, hormis *Teucrium montanum, Veronica prostrata, Trifolium striatum*, qui sont des plantes relativement rares. Le fait d'avoir, sur de petites surfaces, un développement d'espaces surpâturés entre dans la démarche de diversification des habitats, mais il ne faut pas que ces espaces deviennent trop importants.

Les plantes annuelles à faible développement et les plantes à tiges rampantes (*Stachys recta, Teucrium montanum*) sont les premières à disparaître sous le tapis herbacé. Dans le cas de *Dianthus carthusianorum*, de *Laburnum anagyroides* et de *Seseli libanotis*, les résultats obtenus ne peuvent être expliqués, car leur signification phytosociologique, leur morphologie et leur mode de développement ne sont pas imcompatibles avec leur présence dans des ourlets à Brachypode. Les plantes des dalles rocheuses calcaires des *Sedo-Scleranthetea*, les plantes strictement xérophiles des *Festuco-Brometea* sont très sensibles à la colonisation du Brachypode.

3.2. Les espèces plus abondantes dans les milieux ourléifiés

Les espèces qui deviennent plus fréquentes avec la densification du tapis de Brachypode (figure 47) sont *Koeleria pyramidata, Achillea millefolium, Rosa* groupe *canina, Genistella sagittalis, Pimpinella saxifraga, Crataegus monogyna, Dactylis glomerata, Bupleurum falcatum, Fragaria viridis, Trisetum flavescens, Agrimonia eupatoria, Helianthemum nummularium, Coronilla varia, Hypericum perforatum* et *Campanula rotundifolia*.

Ces plantes peuvent être rattachées à quatre groupes écologiques :

- Le premier correspond aux arbustes, qui se développent de plus en plus avec la densification du tapis herbacé. Ce sont *Crataegus monogyna* et *Rosa* groupe *canina*. Les pelouses sont effectivement liées dynamiquement aux stades préforestiers des *Prunetalia* (WATTEZ & DE FOUCAULT, 1984 ; BOURNERIAS, 1984 ; BOULLET, 1989). Avec la dynamique, le milieu prend petit à petit une ambiance forestière dans laquelle s'installent des plantes de sous-bois.

- Le second groupe est constitué des espèces des ourlets (*Bupleurum falcatum, Fragaria viridis, Agrimonia eupatoria* et *Coronilla varia*). La dynamique successionnelle aboutit, en effet, à une certaine convergence floristique des groupements calcicoles, représentée par des ourlets des *Trifolio-Geranietea*. Différents auteurs ont étudié ces mécanismes (BOULLET, 1986 ; ALARD, 1990 ; BANCE *et al.*, 1991).

- Le troisième groupe est composé d'espèces prairiales mésophiles eutrophes (*Achillea millefolium, Dactylis glomerata* et *Trisetum flavescens*). La densité de la végétation ralentit les pertes minérales par ruissellement et lessivage. Le sol devient de plus en plus riche en minéraux. Des doses croissantes d'azote ou de certains éléments minéraux favorisent l'expansion de graminées sociales et provoquent une diminution de la richesse spécifique des pelouses (JANSSENS *et al.*, 1993). Les espèces prairiales mésotrophes des *Agrostio-Arrhenatheretea* en profitent également pour croître.

- Dans le quatrième groupe, on trouve des espèces à large amplitude écologique (*Hypericum perforatum* et *Campanula rotundifolia*) et des espèces des *Festuco-Brometea* (*Koeleria pyramidata, Genistella sagittalis, Pimpinella saxifraga* et *Helianthemum nummularium*). Les trois premiers groupes confirment les observations faites par l'étude

phytosociologique, tandis que *Pimpinella saxifraga* et *Helianthemum nummularium* sont plutôt des espèces des pelouses mésoxérophiles. La présence d'une rosette de feuilles basales chez *Pimpinella saxifraga* et de tiges rampantes pour *Helianthemum nummularium* peuvent expliquer leur sensibilité aux modifications de biotopes induites par le Brachypode.

La plupart de ces plantes sont pérennes et herbacées. Elles dépassent presque toutes une taille de 20 cm à leur développement maximal, ce qui leur permet de mieux résister à la densification du tapis herbacé. Les stress ont pour effet de sélectionner les espèces robustes, ceci d'autant que presque toutes les graminées sociales sont plus aptes que la plupart des autres plantes des pelouses calcicoles à exploiter les ressources du sol et de l'air (GRUBB, 1982 ; SYDES, 1984 ; MITCHLEY, 1988 c ; BOBBINK *et al.*, 1989).

3.3. Les espèces qui apparaissent

Les espèces qui apparaissent avec le développement du Brachypode (figure 50) sont *Aster amellus, Cornus sanguinea, Allium vineale, Leucanthemum vulgare, Odontites luteus, Anacamptis pyramidalis, Listera ovata, Tragopogon pratensis, Prunus spinosa, Rosa rubiginosa, Trifolium medium, Cornus mas, Senecio jacobaea, Phleum pheoides, Anthoxanthum odoratum, Ranunculus bulbosus, Viola hirta* et *Avenula pubescens*.

Parmi cette liste, on retrouve à nouveau trois groupes d'espèces : des plantes des *Trifolio-Geranietea* et des pelouses ourléifiées (*Aster amellus, Listera ovata, Trifolium medium, Viola hirta* et *Odontites luteus*), des espèces prairiales (*Leucanthemum vulgare, Tragopogon pratensis, Senecio jacobaea, Anthoxanthum odoratum, Allium vineale, Ranunculus bulbosus* et *Avenula pubescens*) et des ligneux (*Cornus sanguinea, Prunus spinosa, Rosa rubiginosa* et *Cornus mas*). Quant à *Anacamptis pyramidalis*, c'est un géophyte qui se trouve plutôt dans des groupements ouverts xérophiles. Il est donc difficile d'interpréter les résultats obtenus.

3.4. Les espèces plus abondantes dans les milieux xérophiles

Les espèces qui diminuent avec la densification du tapis de Brachypode (figure 48) sont *Onobrychis viciifolia, Salvia pratensis, Anemone pulsatilla, Carex caryophyllea, Globularia bisnagarica, Tunica prolifera, Ononis spinosa, Cerastium brachypetalum, Anthyllis vulneraria, Prunella laciniata, Taraxacum laevigatum, Linum tenuifolium, Trifolium campestre, Carlina vulgaris, Medicago lupulina* et *Prunella vulgaris*.

Un premier groupe de plantes correspond aux espèces xérophiles et thermophiles des *Festuco-Brometea*, ce sont *Anemone pulsatilla, Carex caryophyllea, Globularia bisnagarica, Anthyllis vulneraria* et *Linum tenuifolium*. C'est le groupe le plus important en nombre d'espèces. Les espèces de ce milieu sont toutes très bien adaptées aux intervalles dans lesquels y fluctuent tous les facteurs. L'exclusion compétitive peut alors n'avoir lieu que lors de variations extrêmes, accidentelles ou rares (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1991) ou par la modification progressive du biotope. Ces plantes sont stress-tolérantes oligotrophes. Elles sont très sensibles à la fermeture du milieu. La lumière reçue au niveau du sol influence la composition floristique (MITCHLEY & WILLEMS, 1995). La restauration des pelouses doit donc s'accompagner de la restauration des conditions de thermophilie et d'ensoleillement au niveau du sol et d'une réduction des quantités de matières organiques et minérales stockées dans les horizons superficiels du sol (DELESCAILLE, 1996).

La petite taille des populations résultant de processus génétiques, démographiques et environnementaux, et dont l'importance grandit avec la réduction des effectifs populationnels, contribue à augmenter les chances d'extinction de celles-ci, ce qui impose donc des limites à la viabilité des populations au sein des réserves, indépendamment des mesures de gestion qui aident à maintenir des habitats favorables à ces espèces (LANDE, 1988 ; ELLSTRAND & ELAM, 1993 ; OUBORG, 1993). Les plantes des *Festuco-Brometea* ci-dessus devront faire l'objet d'une attention particulière car, sans être rares, elles sont intéressantes et sensibles à la colonisation du Brachypode.

Un second groupe correspond aux plantes des dalles rocheuses calcaires (*Petrorhagia prolifera, Cerastium brachypetalum, Prunella laciniata, Taraxacum laevigatum, Trifolium campestre, Medicago lupulina* et *Prunella vulgaris*). Les autres plantes (*Onobrychis viciifolia, Salvia pratensis, Ononis spinosa* et *Carlina vulgaris*) correspondent au pâturage qui les fait apparaître dans les milieux xérophiles surpâturés (sauf *Onobrychis viciifolia*). Les dalles rocheuses sont des milieux pionniers, composées d'espèces à multiplication rapide, ayant peu d'exigences mésologiques. Cette faculté de multiplication rapide fait qu'elles vont réagir rapidement aux changements des conditions de milieu. Elles sont ainsi capables de profiter rapidement d'un espace ou d'une ressource devenue disponible, ou d'une niche devenue vide. BOBBINK et WILLEMS (1987) ont montré que les espèces les plus sensibles à la colonisation du Brachypode étaient les annuelles et les plantes en rosettes, les espèces les plus résistantes sont les *Graminées* et certaines *Legumineuses*. Les annuelles sont effectivement très sensibles à la colonisation du Brachypode.

Selon plusieurs auteurs (WEDIN & TILMAN, 1996 ; WILSON & GRIGAL, 1995), la disparition des espèces méso-oligotrophes et oligotrophes dans les zones engraissées serait liée à la compétition pour la lumière, alors que dans les sols pauvres, la compétition se fait essentiellement pour la nourriture. Les espèces compétitrices peuvent pousser même à l'ombre (OLFF *et al.*, 1994) car beaucoup d'entre elles possèdent des organes de réserves (GRIME, 1979).

3.5. Les espèces indifférentes à la densification du tapis herbacé

Les espèces sensiblement indifférentes à la densification du tapis de Brachypode (figure 49) sont *Euphorbia cyparissias, Trifolium montanum, Trifolium rubens, Thesium humifusum, Campanula glomerata, Prunella grandiflora, Peucedanum cervaria, Hieracium pilosella, Plantago media, Sanguisorba minor, Centaurea jacea, Thalictrum minus, Galium verum, Carex flacca, Scabiosa columbaria* et *Genista tinctoria*.

Ce sont des espèces dont la signification écologique est très variée. Certaines sont xérophiles (*Thesium humifusum, Hieracium pilosella, Thalictrum minus*, par exemple) tandis que d'autres sont spécifiques des milieux ourléifiés (*Campanula glomerata, Trifolium rubens, Peucedanum cervaria*, par exemple) On peut aussi parler de résilience dans le cas des pelouses calcaires dans des paysages fermés.

Des phénomènes de résilience sont observés pour certaines espèces, capables de végéter dans des pelouses ourléifiées pendant plusieurs années. Les effectifs de ces espèces chutent fortement quand le milieu se ferme, mais une réouverture du milieu s'accompagne d'une réaugmentation massive des effectifs. En pelouses ourléifiées, les *Orchidées*, grâce à leurs

systèmes de réserves, ont une résilience importante, mais c'est le cas aussi des vivaces de cette liste dont le système souterrain est très développé.

La forte richesse des pelouses calcicoles est le résultat de la régénération permanente d'espèces dont certaines caractéristiques (morphologie, phénologie, démographie) sont liées à la dimension de la niche des espèces. Des plantes comme *Euphorbia cyparissias, Sanguisorba minor, Galium verum, Centaurea jacea, Carex flacca* et *Genista tinctoria* ont une amplitude écologique importante et elles sont capables de s'adapter dans des conditions écologiques variées.

4. Conclusions

Chaque espèce possède, dans sa niche écologique, des potentialités qui la font évoluer le long d'un gradient écologique. les espèces sont indépendantes les unes des autres. Chaque espèce réagit donc différemment face à cette contrainte écologique. L'étude que nous avons entreprise montre que des liens très étroits unissent certaines espèces de pelouses entre elles. Dans certains cas, ce sont des antagonismes (plantes mésotrophes et oligotrophes, plantes ligneuses et annuelles), dans d'autres des mutualismes (plantes héliophiles, xérophiles et oligotrophes, par exemple). La richesse taxinomique totale est maximale dans les milieux ourléifiés (effet écotone), et la diversité spécifique est maximale dans les milieux les plus ouverts. La baisse de la diversité spécifique des pelouses ourléifiées est liée à une diminution de l'hétérogénéité des pelouses. Les espèces les plus intéressantes vivent dans les milieux ouverts et sont très sensibles à la colonisation du Brachypode. Pour la quasi totalité des espèces, c'est lorsque le Brachypode dépasse un recouvrement de 50% que des modifications floristiques importantes apparaissent, les espèces xérophiles et héliophiles régressent tandis que les espèces des stades successionnels mésophiles commencent à se développer.

La prédiction de la composition des habitats est dans la plupart des cas possibles, sauf pour certaines espèces, dont la présence et l'abondance ne semblent pas sous la dépendance des caractéristiques que nous avons prises en compte dans cette étude. Par exemple, il est possible que certains facteurs masquent l'influence d'autres facteurs environnementaux.

Il n'existe pas actuellement de désherbants spécifiques pour le Brachypode et tous ces résultats auront des conséquences sur la mise en place d'une politique de gestion conservatoire, aussi bien au niveau du choix des sites prioritaires à gérer que dans la méthodologie à mettre en œuvre pour assurer sa pérennité.

Chapitre 14 : Relations entre les paramètres phytocénotiques et la biologie des populations de *Teucrium chamaedrys* dans la dynamique successionnelle de la végétation

« L'économie de la nature est la très sage disposition des êtres naturels, instituée par le souverain créateur, selon laquelle ceux-ci tendent à des fins communes et ont des fonctions réciproques »

Alexander Von Humboldt, 1807.

Introduction

Comme, nous l'avons montré au chapitre précédent, les espèces hélioxérophiles sont les plus touchées par la colonisation du Brachypode. MORGAN (1997) a montré, par exemple, que *Globularia elongata, Polygala calcarea* disparaissaient complètement avec la progression du Brachypode et que *Prunella grandiflora* et *Pulsatilla vulgaris* montraient une chute spectaculaire de leurs effectifs. Il est important de comprendre comment fonctionnent les populations d'espèces rares ou en raréfaction, et d'avoir une connaissance approfondie des contraintes auxquelles ces populations sont soumises et de leurs capacités adaptatives vis-à-vis des changements environnementaux, pour pouvoir prévenir l'extinction des espèces par des mesures de conservation et de gestion appropriées (SHAFFER, 1981 ; LANDE, 1988). La plupart des auteurs qui ont étudié les stades de la dynamique successionnelle mettent en avant l'importance de connaître l'autoécologie des espèces en cause et aussi l'organisation spatio-temporelle des communautés végétales. Selon WILLEMS et BIK (1991), les conditions requises pour la floraison de la plupart des espèces, associent les facteurs internes (l'aptitude à fleurir serait dépendante de la taille et du nombre de feuilles de la rosette de la plante) et les facteurs externes (climatologie, ensoleillement, hygrométrie).

Par exemple, il est toujours difficile de déterminer si la structure et la composition de la végétation sont dues à la compétition inter et intraspécifique ou à des conditions physiques du milieu ou aux deux. L'analyse des types de phytocénoses constitue un descripteur qui synthétise les influences climatiques, dynamiques, anthropiques et souvent édaphiques que subissent les espèces d'une station (MANDIN, 1992). L'écologie d'une seule espèce peut être tellement complexe qu'elle impose de tenir compte d'un grand nombre de facteurs différents. Plusieurs auteurs (BOBBINK, 1987, WILLEMS, 1995) l'ont également signalé. Le comportement de chaque espèce est différent face à la colonisation du Brachypode. Dans le cas d'espèces se développant dans les conditions naturelles, la situation est complexe à analyser, car la compétition est diffuse, entre de nombreuses espèces pour de nombreux descripteurs du milieu. Certains taxons caractéristiques ou différentiels des groupements xérophiles disparaissent très rapidement dans les pelouses ourléifiées alors que d'autres espèces xérophiles semblent se maintenir dans des pelouses très largement dominées par cette graminée sociale. Chaque espèce réagit, en effet, aux contraintes environnementales en puisant dans sa plasticité comportementale les moyens de s'adapter à des milieux de moins en moins favorables à sa croissance et à sa reproduction.

De plus, est-ce que la présence d'une espèce dans un groupement végétal mésophile suffit à écarter le risque de la voir disparaître ? De même, les milieux où l'espèce est la plus abondante, sont-ils aussi ceux où on la trouve le plus fréquemment ? (MANDIN, 1992). Enfin, dans quelle mesure la présence d'une espèce dans un groupement végétal suffit-elle à dire que cette espèce n'est pas menacée de disparition ? Cette étude à pour but de répondre à ces questions. Elle a aussi pour but de fixer le stade dynamique et la fermeture maximale au-delà desquels les populations végétales sont menacées de disparition. L'étude du comportement d'une plante entre son optimum écologique et le biotope dans lequel elle disparaît aboutit à l'élaboration d'un modèle comportemental théorique expliquant le lien entre cette plante et son habitat.

Des analyses de la physiologie et des allocations énergétiques étant très délicates dans le cas d'un travail d'écologie *in-situ*, nous partirons du principe que la connaissance de la morphologie d'une espèce, la taille et la biomasse de ses tiges, de ses feuilles et la biomasse consacrée à la floraison est un moyen indirect d'analyser ses allocations énergétiques. Les biomasses respectives qu'une espèce consacre à ces différents organes est le reflet de l'énergie qu'elle consacre à leurs formations. Nous partirons du principe que la biomasse sèche correspondante est proportionnelle à l'allocation énergétique. Ceci n'est pas vrai dans le cas d'organes de réserves, tels que bulbes ou tubercules, mais pour les parties aériennes, on peut penser qu'il en est plus ou moins ainsi. De plus, l'évaluation des attributs morphologiques et physiologiques des espèces permet de mieux cerner le rôle des espèces dans certaines performances globales à l'échelle de la communauté (ALARD, 1998).

Pour cette partie, nous avons choisi l'exemple de *Teucrium chamaedrys*, taxon méso-xérophile à xérophile, commun dans les pelouses calcicoles de Lorraine, et indicateur d'un biotope où les espèces rares sont nombreuses (*Fumana procumbens, Coronilla minima, Carex hallerana*, par exemple). La germandrée petit chêne (*Teucrium chamaedrys*) est une Lamiacée chamaephytique. Elle y mesure une vingtaine de centimètres au maximum, se présente sous forme de tiges pluriannuelles centimétriques, rampantes, desquelles émergent des jeunes tiges annuelles appelées brins dans le cadre de cette étude. Ces brins mesurent entre 2 et 18 centimètres ; les fleurs sont roses, en épis terminaux, et apparaissent à leur extrémité à la fin juin. *Teucrium chamaedrys* atteint son optimum de floraison dans la première décade du mois d'août (DELESCAILLE *et al.*, 1991). Les feuilles sont caduques ou marcescentes. Compte tenu de leurs tiges rampantes, le développement de *Teucrium chamaedrys* se fait pour la plupart des tiges sur la base d'une multiplication végétative qui forme des tâches, normalement d'autant plus grandes que les individus sont âgés. Un individu peut couvrir une surface d'une centaine de centimètres carrés. Sa sénescence se traduit par une régénération annuelle des brins de plus en plus faible aboutissant à la mort de l'individu et par la perte de la capacité de multiplication sexuée. En Lorraine, les premiers signes de la croissance annuelle de *Teucrium chamaedrys* s'observent début avril et la biomasse maximale est obtenue au moment de la floraison (début juillet).

Pour DAGET et GODRON (1982), l'étude des conditions stationnelles qui permettent la survie des espèces constituant la biocénose est souvent conduite au moyen d'une série de méthodes de nature fréquentielle. Nous allons dans notre étude travailler par individu puis par espèce, sur la base du nombre d'individus des différentes espèces de l'étude (voir protocole) et sur leurs biomasses respectives. Une analyse fréquentielle n'est cependant pas suffisante. Ceci implique une grosse quantité de travail sur le terrain et en laboratoire afin de pouvoir mettre en évidence les phénomènes biologiques observés.

Dans un premier temps, nous allons analyser les relations qui unissent les différents paramètres biologiques mesurés sur le milieu (voir méthodologie). Puis, nous étudierons les relations entre la morphologie des *Teucrium chamaedrys* et leur milieu, leurs stratégies de reproduction sexuée et enfin leurs changements comportementaux et morphologiques depuis les pelouses xérophiles du *Festuco lemanii-Brometum* (F.L.B.) et les ourlets de *l'Onobrychido-Brometum* sous-association à *Origanum vulgare* (O.B.O.)

Les placettes installées en 1996 pour ce protocole ont été ré-étudiées de manière diachronique en 1997 et 1998, afin de déterminer les relations qui peuvent unir la pratique de fauche et la morphologie des *Teucrium chamaedrys*.

Les conclusions de ce chapitre serviront dans l'analyse des résultats et les conclusions sur l'impact de la fauche de *Teucrium chamaedrys*. Ils serviront à mieux comprendre l'impact de la fauche dans les différents contextes écologiques des pelouses calcicoles. On sait déjà, par exemple, que la tolérance des plantes vis-à-vis de la fauche est déterminée par des facteurs biotiques, tels que la morphologie des plantes (TER HEERDT *et al.*, 1991 ; MATCHES, 1992 ; WILLMS & QUINTON, 1995), la vitesse de croissance des feuilles après une coupe (GORDON *et al.*, 1990). La connaissance de la morphologie des individus de *Teucrium chamaedrys* donnera des indications sur leurs comportements lors du stress imposé par la fauche. La connaissance de la morphologie et de la croissance des plantes constitue, en effet, un préalable à l'analyse in situ du comportement des plantes sous différents traitements agricoles de pâturage et de fauche (LOISEAU, 1977).

1. Analyse des relations entre différents paramètres phytocoénotiques

Une ACP normalisée est appliquée au tableau réunissant les valeurs mesurées des 29 paramètres considérés (voir figure 52) pour les placettes étudiées.

L'échantillonnage prend en compte l'ensemble des stades dynamiques, des milieux les plus ouverts, dominés par *Festuca lemanii* (le *Festuco lemanii-Brometum*), jusqu'aux milieux les plus ourléifiés, dominés par le Brachypode (*l'Onobrychido-Brometum* sous association à *Origanum vulgare*). La figure 52 présente les corrélations entre les différents paramètres et les deux premières composantes principales. Elle illustre les positions respectives des 29 placettes sur le plan factoriel F1-F2 de l'ACP.

Les variables « Biomasse du Brachypode » (MBRA), « Biomasse du Brome et Brachypode » (MBROBRA) et Biomasse totale herbacée (MH) sont fortement et négativement corrélées à F1. Elles s'opposent sur le graphique à la « Masse de *Linum tenuifolium* » (M TENUI), au « nombre de *Teucrium chamaedrys* » (NB TEUC) et au « nombre de *Teucrium chamaedrys* fleuri » (NB TEU F). Toutes ces variables contribuent fortement à la signification de cet axe. Un antagonisme fort existe entre les deux pôles de l'axe. Pourtant, selon plusieurs auteurs (MADHI & LAW, 1987; SILVERSOWN, 1983), les phénomènes d'exclusion compétitive ne sont pas des phénomènes importants au sein des pelouses calcicoles. Ils sont pourtant d'une grande importance dans la disparition des espèces xéro-thermophiles que nous avons étudiées.

On constate une redondance entre certaines informations. Il faudrait effectivement, pour épurer l'analyse, remplacer tous les groupes de variables redondantes par une seule variable, qui soit la plus représentative du groupe, ou la plus pertinente écologiquement. Ainsi, il est probable que le Brachypode constitue l'essentiel de la biomasse BROME + BRACHYPODE, qui

constitue l'essentiel de la BIOMASSE DES HERBACEES, ce qui explique la forte corrélation entre ces trois variables. La biomasse totale est très liée à la biomasse herbacée. A ces stades dynamiques, la strate arbustive intervient très peu. Au niveau de la strate herbacée, il ressort que la biomasse de Brachypode peut servir, au moins jusqu'au stade ourlet, de bio-indicateur principal de la fermeture du milieu. C'est, en effet, souvent un petit nombre de facteurs qui expliquent la répartition spatiale d'une espèce. La corrélation de la biomasse herbacée du Brome et du Brachypode est le meilleur bioindicateur que l'on puisse choisir. Les recherches sur les groupes fonctionnels des communautés xériques calcicoles démontrent la non-indépendance des espèces les unes avec les autres. Des niveaux hiérarchiques se dégagent entre les espèces qui influencent fortement la physionomie et la composition spécifique d'une communauté végétale et les espèces qui subissent. Des redondances fonctionnelles peuvent exister entre certaines espèces (GRIME, 1990). C'est le cas du Brachypode sur pelouses calcicoles.

Le Brome (MBRO) et la Fétuque (MFET), à la vue de ces résultats, ont un rôle secondaire sur la plupart des placettes. Les corrélations entre la biomasse de Brome (M BRO) et l'axe 1 et 2 de l'analyse sont très faibles. Quant à la Fétuque, elle est intéressante, car elle sert d'indicateur de la partie positive de l'axe 1. Il existe donc un antagonisme fort entre le Brachypode qui domine l'O.B.O. et la Fétuque, qui domine le F.L.B.. BOBBINK (1987) a montré aussi qu'une forte dominance du Brome érigé avait les mêmes conséquences sur la diversité floristique que la Brachypode. Son importance est sensible dans les bromaies très denses où il remplace le Brachypode dans la densification du tapis herbacé, mais ces milieux sont rares sur le site d'étude à Lorry-Mardigny. Nous conserverons donc, la biomasse du Brome et du Brachypode pour la réalisation des figures et pour l'interprétation de l'ensemble des résultats.

Pour ce qui est de la biomasse arbustive (M ARB), elle est faiblement et négativement corrélée aux axes 1 et 2. La dynamique arbustive est plus ou moins corrélée à la biomasse élevée de la strate herbacée, sans pour autant que cette dernière soit impérative au développement des arbustes. La dynamique arbustive n'est pas toujours, en effet, la conséquence de la densification du tapis herbacé. Les biomasses de *Rosa canina* (M ROSA), de *Cornus sanguinea* (M CORN), de *Crataegus monogyna* (M CRATA) et dans une très faible mesure de *Prunus spinosa* (M PRUN) ont une préférence (non significative sur l'analyse) pour les milieux mésophiles fermés à Brachypode.

La masse de *Linum tenuifolium* (M TENUI), le nombre de *Teucrium chamaedrys* fleuris (NB TEU F), le nombre total de *Teucrium chamaedrys* (NB TEUC), la masse de *Festuca lemanii* (M FET), et dans une moindre mesure la masse de *Seseli montanum* (M SESEL) et le nombre total d'individus de toutes le espèces comptabilisés en excluant les *Teucrium chamaedrys* et les arbustes (que l'on a appelé « som indivi » sur la figure) sont positivement corrélés à F1. Ces caractéristiques sont toutes, comme on a pu le définir par l'étude phytosociologique, liées à des biotopes méso-xérophiles à xérophiles, donc très dépendantes de la fermeture du milieu. Le nombre et l'abondance de la floraison des *Teucrium chamaedrys* dépend fortement du degré d'ouverture du biotope. La masse des *Teucrium chamaedrys* (M TEU) semble réagir un peu différemment. La présence de *Linum tenuifolium* et de *Seseli montanum* est liée à des milieux xérophiles. La somme des individus (« Som indiv ») représente essentiellement l'abondance des annuelles. BOBBINK et WILLEMS (1987) ont montré que les espèces les plus sensibles à la colonisation du Brachypode étaient les annuelles et les plantes en rosettes ; les espèces les plus résistantes sont les Graminées et certaines Légumineuses. Une augmentation de 80% de la biomasse entraînait, en effet, une réduction de 50% de la diversité spécifique. Ces auteurs expliquent ce résultat par une diminution de la lumière reçue au niveau du sol et par la baisse de

l'hétérogénéité des pelouses (MITCHLEY, 1990 ; MITCHLEY et WILLEMS, 1995). Ceci est très nettement mis en évidence par cette analyse.

Il ne suffit pas de parler en termes de corrélations entre variables initiales et les axes F1-F2, il faut essayer d'attribuer à chaque composante, une signification écologique. Par exemple, une espèce telle que *Asperula cynanchica* (M ASPE) a une préférence pour les milieux très secs, mais l'évolution de sa biomasse est faiblement corrélée à l'axe 1. Ceci s'explique par la grande aptitude de cette plante à persister dans des milieux très fermés dans lesquels elle trouve de petits espaces où se développer. Les autres espèces xérophiles sont toutes incapables de s'adapter à ces biotopes ouverts de très faible volume. La densification du tapis herbacé ne provoque donc pas de réaction négative immédiate sur le développement (en biomasse) d'*Asperula cynanchica*, ce qui explique le coefficient de corrélation faible.

Les espèces *Sanguisorba minor* (M SANGUI), *Lotus corniculatus* (M LOTUS), *Euphorbia cyparissias* (M EU), *Heleborus foetidus* (M HELEB) semblent réagir de manière assez indépendante à la composition de la phytocoénose (surtout fermeture du milieu) dans laquelle elles vivent, car les corrélations sont faibles à très faibles. Elles montrent une légère préférence pour la partie positive de l'axe 1, ce qui est en accord avec leurs écologies. *Linum catharticum* (M CATAR), *Agrimonia eupatoria* (M AGRIM), *Achillea millefolium* (M ACHIL), ont des corrélations faibles avec l'axe 1. Ces espèces mésophiles sont plutôt liées à la partie négative de l'axe 1, mais les liens entre ces plantes et les éléments biologiques de la phytocoénose mesurés sont faibles. Enfin, pour *Hypericum perforatum* (M HYPER), *Cirsium acaule* (MCIRS), on aboutit aux même conclusions que pour les espèces citées ci-dessus. Par contre, elles sont assez fortement à fortement corrélées à l'axe 2 que l'on peut attribuer à l'action du pâturage, qui a tendance à favoriser ces plantes. Ces deux espèces réagissent bien sur cet axe, et seulement dans la partie négative.

Ainsi, l'axe 1 correspond à un gradient croissant de fermeture du milieu (de la partie positive de F1 vers la partie négative) qui se traduit par un développement considérable de *Brachypodium pinnatum*, dont l'influence sur beaucoup d'espèces, surtout les xérophiles, est importante. Le Brome, autre graminée sociale, a une influence moindre sur la composition et la biomasse des espèces du groupement.

2. Relation entre *Teucrium chamaedrys* fleuris et non fleuris

Deux A.C.P. ont été effectuées. La figure 53, correspond à une analyse des brins fleuris, uniquement sur la base des 5 variables qui sont communes aux brins fleuris et non fleuris (biomasse totale des brins, taille des brins, biomasse des feuilles, biomasse des tiges, rapport des tiges/feuilles). L'analyse correspondante pour les brins non fleuris est illustrée par la figure 54. Ceci a été fait ainsi pour pouvoir comparer ces deux analyses, par une analyse qui permet de manière optimale le couplage de ces deux tableaux (CHESSEL et DOLEDEC, 1994). Il s'agit d'une méthode de couplage de deux tableaux symétriques, traités sur un pied d'égalité (c'est-à-dire que l'on n'essaie pas d'expliquer un tableau par l'autre). Cette analyse a pour avantage que toutes les figures issues de l'analyse sont éditées avec un même système d'axes et sont donc directement comparables.

Chaque brin a pour caractéristiques la biomasse et la longueur des tiges, la biomasse des feuilles et des fleurs, la biomasse totale, le rapport de la biomasse des fleurs sur les feuilles et le rapport de la biomasse des feuilles sur celles les tiges. Les deux tableaux de mesures n'étant pas

identiques, nous avons dû réaliser deux analyses séparées. Le tableau des brins fleuris est, en effet, indexé sur deux colonnes qui concernent des caractéristiques liées à la floraison, ce qui n'est pas le cas pour le tableau des brins non fleuris.

La part d'inertie prise en compte par une A.C.P. inter-placette (prise en compte de variabilité inter-placette) et une A.C.P. intra-placette (prise en compte de la variabilité des caractéristiques des brins à l'intérieur des différentes placettes) permet de déterminer l'importance relative des 2 sources de variabilité prises en compte. Ce sont les cinq paramètres de la mesure des brins qui ont été pris en compte. On peut attribuer à l'avancement du stade phénologique des brins une importance sensiblement aussi importante que le milieu dans la détermination des caractéristiques morphologiques des brins. Outre l'avancement phénologique, les caractéristiques biologiques de la phytocoénose expliquent presque la totalité de la variabilité morphologique des *Teucrium chamaedrys*.

Une analyse de co-inertie a été réalisée entre le tableau de données des brins fleuris et le tableau de données des brins non fleuris. Les résultats de cette analyse sont présentés sur les figures 56 et 57. On constate que la structure des deux tableaux de données est proche. L'axe 1 de l'analyse de co-inertie prend en compte essentiellement l'axe 1 des 2 A.C.P. préliminaires. De même, l'axe 2 de l'analyse de co-inertie prend en compte essentiellement les axes 2 des deux analyses préliminaires. Donc effectivement, les structures des 2 tableaux initiaux sont en correspondances. Un test de permutation montre que cette structure est hautement significative ($P<0.001$). La corrélation entre les axes factoriels 1 et 2 des analyses des deux tableaux est très bonne. Ceci conduit à penser que les caractéristiques morphologiques des brins fleuris et des brins non fleuris sont liées. Les fleurs apparaissant sur des brins non fleuris dans un premier temps et il est donc tout à fait logique qu'il existe des liens entre ces deux tableaux.

Pour la confrontation des deux tableaux, il faut préciser que l'analyse de co-inertie a été réalisée uniquement sur les parcelles contenant à la fois des brins fleuris et des brins non-fleuris. Donc, la figure 57 ne présente pas de positions de centre de gravité de la placette T, mais des autres placettes, compte tenu des caractéristiques moyennes de leurs brins fleuris (d'une part) et de leurs brins non-fleuris (d'autre part). La figure 57 représente sur la même analyse la position, selon l'axe 1 et 2, les centres de gravité des *Teucrium chamaedrys* fleuris et non fleuris, sur la base de leurs caractéristiques morphologiques. Ils montrent que, pour la plupart des placettes, les brins fleuris et non fleuris ont des positions proches. La relative homogénéité des caractéristiques de ces deux types de brins est ainsi mise en évidence. Les brins fleuris et les non fleuris sont, en effet, globalement plus petits sur les placettes situées dans les milieux xérophiles (voir figure 58), tandis que les brins fleuris et non fleuris sont globalement beaucoup plus grands sur les placettes installées dans les groupements ourléifiés. Les caractéristiques morphologiques des *Teucrium chamaedrys* fleuris et non fleuris en fonction du stade dynamique seront développées plus loin, mais il est important pour la suite de la démonstration de montrer qu'un lien unit les deux types de brin. Dans les deux cas, la longueur et la biomasse des tiges, la biomasse totale des individus, la biomasse des feuilles ont une structure quasiment identique (figure 56), c'est-à-dire fortement liée à la partie négative de l'axe 1. Le milieu environnant agit donc aussi bien dans la détermination des caractéristiques morphologiques des brins fleuris que des brins non fleuris.

Dans les milieux ouverts, les *Teucrium chamaedrys* se multiplient activement de manière sexuée et végétative. Dans les milieux ourléifiés, c'est la reproduction végétative qui prend le dessus sur la multiplication sexuée. Ce faible pouvoir de dissémination, serait en rapport avec les stratégies d'établissement de quelques-unes de ces espèces où dominent les mécanismes de reproduction asexuée sur la régénération par voie sexuelle (VERKAAR *et al.*, 1983, 1984). La

fermeture du milieu fait varier le rapport entre les deux modes de reproduction.

3. Relation entre *Teucrium chamaedrys* et le biotope

L'A.C.P., présenté sur la figure 52, indique que la densité du Brome et du Brachypode a une influence sur les caractéristiques morphologiques des *Teucrium chamaedrys*. Cependant, cette analyse ne prend pas en compte les caractéristiques individuelles de chaque brin, mais les moyennes par placette.

Pour mettre en évidence les liens qui unissent les caractéristiques morphologiques moyennes des *Teucrium chamaedrys* et leur milieu, une analyse de co-inertie a été réalisée entre le tableau qui rassemble les données phytocoénotiques moyennes mesurées sur les placettes et le tableau qui rassemble l'ensemble des données collectées sur les individus non fleuris de *Teucrium chamaedrys*. Les résultats sont présentés sur la figure 56.

La figure 56 montre que le plan F1F2 de l'analyse de co-inertie prend essentiellement en compte le plan F1F2 de l'analyse des caractéristiques morphologiques des *Teucrium chamaedrys* non-fleuris et le plan F1F2 de l'analyse des différentes variables caractéristiques de l'environnement végétal. Les caractéristiques biotiques du milieu ont donc une influence considérable sur la morphologie des *Teucrium chamaedrys*. Les tests de permutation montre que ces résultats sont hautement significatifs ($P<0.001$).

Ceci peut être confirmé par la figure 56, sur laquelle on constate que dans presque tous les contextes écologiques, des milieux les plus ouverts aux milieux les plus fermées, il y a une bonne corrélation entre la structure végétale et les caractéristiques morphologiques des *Teucrium chamaedrys*. Cette correspondance entre les deux séries de données est plus nette dans les milieux fermés (partie négative de l'axe 1), où les écarts constatés sont plus faibles. Les données environnementales et les données morphologiques des *Teucrium chamaedrys* sont beaucoup moins bien corrélées, dans les parcelles xérophiles. Ceci s'explique, dans les biotopes xérophiles ouverts, par une plus grande hétérogénéité du milieu, un nombre plus varié de stress biotiques et abiotiques qui induisent des comportements et des morphologies adaptées pour chaque individu de *Teucrium chamaedrys*. Dans les milieux ourléifiés, le principal stress est directement ou indirectement lié à la colonisation par le Brachypode et le Brome. Ce dernier induit une certaine convergence physionomique du groupement végétal et floristique du groupement végétal et une convergence morphologique des espèces qui y vivent. La très bonne corrélation entre densification du tapis herbacé et morphologie des *Teucrium chamaedrys* trouve son origine dans ce phénomène. Le chapitre concernant le comportement des *Teucrium chamaedrys* au cours de la dynamique successionnelle apportera les éléments permettant la compréhension des liens exacts qui unit l'ensemble.

4. Stratégie de reproduction sexuée de *Teucrium chamaedrys* sur la base de la morphologie des individus

Une A.C.P. réalisée sur les caractéristiques morphologiques des brins fleuris de *Teucrium chamaedrys*, présentée sur la figure 53A, permet d'observer que l'ensemble des *Teucrium chamaedrys* mesurés dans le cadre de cette étude ont des caractéristiques morphologiques homogènes. Seuls quelques individus (le 133, le 273 et le 276) s'éloignent du centre de l'analyse. Cette analyse ne prend en compte que les caractéristiques végétatives des brins.

Comme le montre la figure 53A, les *Teucrium chamaedrys* fleuris ont des morphologies beaucoup plus variées que les non fleuris. Les longueurs de tiges, les biomasses de tiges, les biomasses totales, les biomasses des feuilles sont beaucoup plus diverses pour les brins fleuris. Cependant, les brins fleuris sont homogènes, pour tous les paramètres, d'une placette à l'autre, ce qui explique les résultats obtenus dans les paragraphes ci-dessus. L'amplitude des réponses morphologiques à l'environnement des brins fleuris est donc plus importante que celle des brins non fleuris, mais suit les mêmes règles.

Les A.C.P. inter-placettes (figures 54 et 55), qui ont pour but de montrer les différences morphologiques des *Teucrium chamaedrys* entre les placettes, indiquent que la biomasse totale et la biomasse des feuilles sont dépendantes de la biomasse et de la longueur des tiges. Ceci peut paraître évident au premier abord, néanmoins, la plupart des individus vivant dans les milieux ourléifiés ont des tiges de grande taille, totalement dépourvues de feuilles dans la partie basale, alors que les *Teucrium chamaedrys* des milieux ouverts sont feuillés sur l'ensemble de la tige. Il n'existe pas de lien très net entre les feuilles et les tiges. Il est possible d'expliquer pourquoi la biomasse des feuilles et celle des tiges ne sont pas bien corrélées. Les tiges des *Teucrium chamaedrys* des milieux ourléifiés sont ramifiées à leurs extrémités apicales, ce qui ne leur permet pas, en effet, de conserver un rapport feuille/tige sensiblement égal quelle que soit la taille des individus et quel que soit le degré d'ouverture du milieu.

Parallèlement à cela, la biomasse des fleurs est indépendante de la biomasse des tiges et de celle des feuilles. On aurait pu penser qu'une biomasse des feuilles pouvait conditionner l'abondance des floraisons et la production de biomasse annuelle, ce qui n'est pas démontré par nos résultats. La biomasse des fleurs portées par des tiges de grande taille n'est pas proportionnellement beaucoup plus importante que pour des *Teucrium chamaedrys* de petite taille. D'autres aspects liés aux mécanismes de la floraison sont abordés dans le paragraphe suivant.

5. Comportement de *Teucrium chamaedrys* au cours de la dynamique successionnelle

Sur l'ensemble des « paramètres du milieu » qui influencent la morphologie des espèces (figure 56), c'est la fermeture du milieu par les graminées sociales et toutes ses conséquences écologiques qui est déterminante. MORGAN (1997) indique que la densité de la strate herbacée et la vitalité des autres espèces peuvent limiter le développement des espèces dont la dispersion se fait en tâche (*Asperula cynanchica, Seseli montanum, Globularia elongata*). Les quelques individus arrivant à s'installer le feraient alors un peu au hasard. Chaque espèce possède, dans sa niche écologique, des potentialités qui la font évoluer le long d'un gradient écologique. La fermeture du milieu et la colonisation des graminées sociales (Brachypode et Brome) correspondent aux changements d'habitats habituels que l'on constate dans la dynamique secondaire naturelle des pelouses. La prise en compte dans nos résultats de la biomasse de ces graminées nous autorise une analyse synchronique de nos résultats et permet de comprendre le comportement de *Teucrium chamaedrys* au cours d'une série dynamique secondaire de pelouses calcicoles.

Les biomasses de Brome et de Brachypode sont très corrélées à la biomasse des tiges, la longueur des tiges et dans une moindre mesure la biomasse totale et la biomasse des feuilles (figure 56). On constate, en effet, que la densification du tapis herbacé s'accompagne d'une augmentation de la taille (et donc de la biomasse) des *Teucrium chamaedrys* (figures 58 et 62).

La réponse de *Teucrium chamaedrys* à la fermeture du milieu et à l'augmentation en hauteur de la "canopée herbacée" est une augmentation de la taille des individus (figure 58) afin de continuer à pouvoir synthétiser les substances nécessaires à l'activité de la plante. Cette possibilité pour la plante d'augmenter la taille de ses tiges jusqu'à 20 cm lui permet de survivre dans des milieux où les espèces xérophiles rampantes (*Teucrium montanum, Carex hallerana, Fumana procumbens*, par exemple) disparaissent, étouffées par la densification du tapis herbacé. La plasticité phénotypique de *Teucrium chamaedrys* est plus grande que pour ces trois espèces. La compétition interspécifique pour l'espace est sévère et des facilitations entre générations d'une même espèce peuvent parfois avoir lieu. On le constate pour *Cirsium acaule*, dont les rosettes groupées s'aident mutuellement à accéder à la lumière. Dans le cas de *Teucrium chamaedrys*, nous n'avons pu démontrer de facilitations, car la microrépartition n'a pas été appréhendée.

L'étude en classes d'âge de la population permet d'obtenir des indications sur la démographie des populations. On peut établir une classification des espèces en fonction de leurs stratégies de remplacement des générations, c'est ce que l'on appelle leur stratégie démographique. Ces études sont importantes car les dynamiques permettent d'élaborer des modèles de croissance et de remplacement des populations à intention explicative tout autant que prédictive. Des études démographiques ont déjà été réalisées pour suivre les populations de plantes rares, notamment les Orchidées (MORGAN, 1997). Ces études sont très importantes pour définir les stratégies d'installation et de reproduction des espèces. De plus, les stratégies compétitives ont une influence sur la composition des communautés. Les classes d'âge d'une même espèce dans différentes communautés végétales réagissent différemment à un agent sélectif. BARBAULT (1992) a montré qu'il existait des interactions entre les caractéristiques physiques du milieu et la démographie des espèces.

Les " forces " qui déterminent les variations d'abondance des populations et des sous-populations (classes d'âges par exemple) et qui donnent donc lieu à une dynamique sont toutes les causes possibles des variations démographiques : multiplication des individus par reproduction sexuée ou asexuée, mortalité, croissance faisant passer générations et cohortes d'une classe de taille à la suivante, immigrations par rapport au territoire sur lequel on a défini la " population " (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1991).

En partant du postulat que la biomasse peut servir d'indicateur de l'âge d'un individu, des histogrammes de fréquences des *Teucrium chamaedrys* comptabilisés sur chaque placette, ont été établis par classes de biomasse croissante du Brome et du Brachypode, (figure 66). L'analyse de l'architecture des ramifications des brins nous amène à penser qu'un brin de moins de 300 mg est toujours annuel et qu'un brin dont la biomasse est supérieure à 900 mg est toujours pluriannuel. Certains brins atteignent 1800 mg après trois ans.

1450 brins ont été mesurés sur les 29 placettes, soit en moyenne 50 *Teucrium chamaedrys* par placette. Ils ont été choisis au hasard parmi tous les *Teucrium* comptabilisés sur chaque placette. 12 classes de biomasse ont été déterminées. Elles l'ont été afin de refléter l'ensemble de la diversité des biomasses mesurées. Les classes ne sont pas tout équivalentes afin d'apporter une attention particulière aux classes importantes dans la compréhension de la dynamique des populations (c'est-à-dire inférieure à 500 mg).

En étudiant la démographie des populations (figure 66), par classes croissantes de biomasse totale par individu, on constate dans les milieux ouverts (biomasse de Brome et Brachypode inférieure au égale à 80 g/m2 environ) un nombre important de brins, à biomasse

faible, c'est-à-dire compris entre 50 et 200 mg. Ces brins sont jeunes et n'ont pas la capacité de fleurir. Le nombre de ces brins est souvent supérieur, rarement identique ou inférieur, à ceux comptabilisés dans les autres classes. La plupart de ces brins se développeront et fleuriront plus tard dans la saison mais généralement l'année suivante. Dans ce cas, ils ne portent que quelques fleurs à l'extrémité apicale de la tige. Pour la plupart, ces brins assurent le renouvellement végétatif de l'individu. Quelques brins commencent à fleurir à partir de 200 mg de biomasse totale. Les brins fleuris ont une biomasse comprise entre 600 et 1000 mg. C'est dans cette tranche de biomasse que se trouvent la plupart des brins fleuris des placettes. Au-delà de 1000 mg, le nombre total de brins diminue fortement, mais ils sont presque tous fleuris.

Lorsque le milieu commence à se fermer (Biomasses de Brome et de Brachypode comprises entre 80 et 160 g/m2), le nombre de brins dans les classes de biomasse supérieure à 1000 mg devient de plus en plus important (figure 66, d à g). Au contraire, les jeunes brins, à faible biomasse (inférieure à 300 mg) sont beaucoup moins nombreux, voire absents dans certains relevés. Ceci traduit un vieillissement de la population et une régénération végétative moins intense, voire nulle de certains individus. Le nombre total d'individus fleurissant (somme des brins des différentes classes de biomasse) est toujours important (figure 59), avec un optimum dans les classes de biomasses supérieures à 800 mg, ce qui correspond à une biomasse un peu supérieure à celle que l'on note dans les milieux plus ouverts. C'est donc globalement des individus plus âgés qui fleurissent. La densification du tapis herbacé influence négativement les *Teucrium chamaedrys*, puisque la régénération des brins décroît fortement et que la floraison est moins importante que dans les milieux ouverts (voir figures 59, 60, 61, 64 et 65).

Comme nous l'avons montré ci-dessus, l'impact du milieu se fait aussi bien pour les organes végétatifs que reproducteurs de la plante. Cependant, la floraison des *Teucrium chamaedrys* est encore importante et une biomasse de Brome et de Brachypode comprise entre 80 et 160 g/ m2 ne présente pas de danger de disparition pour cette espèce. Ainsi, à ce stade de la dynamique successionnelle, les populations de *Teucrium chamaedrys* ne nécessitent pas pour leur survie d'intervention de gestion conservatoire afin de ralentir ou diminuer la colonisation herbacée.

Dans les milieux fortement colonisés par le Brachypode et le Brome (biomasse supérieure à 160 g/m2) (figure 66, h à k), on constate que les jeunes brins (biomasse inférieure à 300 mg) ont presque entièrement disparu. Les brins les plus petits ont une biomasse comprise entre 300 et 400 mg. Le renouvellement végétatif est inexistant puisque aucun jeune brin n'est observé dans ces parcelles. L'ensemble de l'activité photosynthétique est assuré par des tiges âgées, voire très âgées. Dans les milieux beaucoup plus ouverts, les brins atteignant une telle biomasse commencent à fleurir, ce qui n'est pas du tout le cas pour les placettes où le Brachypode et le Brome ont une biomasse supérieure à 160 g/m2. Les *Teucrium chamaedrys* sont donc obligés de produire une biomasse végétative (tige, feuille) plus importante avant de produire des fleurs (figures 58, 60 et 65).

L'allocation énergétique consacrée à la floraison en est donc affectée car la quantité d'énergie disponible est moindre. La figure 60 indique que la biomasse moyenne de feuilles, par individu, est nettement supérieure dans les milieux fermés. Elle passe du simple au triple, puisqu'un *Teucrium chamaedrys* des milieux ouverts a une biomasse feuillée d'environ 300 mg alors qu'un *Teucrium chamaedrys* des milieux fermés en a une pouvant aller jusqu'à 989. On peut, en effet, considérer qu'il existe un lien très fort entre la quantité de feuilles et les ressources énergétiques disponibles pour la plante, car l'activité photosynthétique est sensiblement proportionnelle à la biomasse des feuilles.

La biomasse des inflorescences (figure 61) des brins poussant dans les milieux très fermés peut être jusqu'à trois à quatre fois supérieure à celle des milieux ouverts. Ainsi, la plus grande activité photosynthétique, due à la plus grande biomasse de feuilles des brins vivants dans les milieux ourléifiés arrive à compenser les dépenses énergétiques supplémentaires que les individus doivent fournir pour développer leurs organes reproductifs.

Néanmoins, si l'on considère l'ensemble des individus d'une placette, (figure 59), la reproduction sexuée de ces individus est importante puisque beaucoup fleurissent, mais la biomasse totale consacrée à la floraison (figure 61) par l'ensemble des individus est plus faible que dans les milieux ouverts.

On peut penser que les pieds âgés, se sont installés dans la parcelle lorsque le milieu était plus ouvert (figure 66), car aucun jeune individu n'est présent et aucune germination n'a été notée. Les individus à biomasse élevée, souvent plus de 1000 mg, fleurissent presque tous. La figure 58 permet de constater que la taille moyenne des *Teucrium chamaedrys* fleuris dans les milieux fermés atteint entre 14 et 16 centimètres, tandis que dans les milieux plus ouverts, les *Teucrium chamaedrys* fleuris ont une taille comprise entre 6 et 8 centimètres. Le coefficient de corrélation entre la biomasse de Brome et de Brachypode et la taille des brins des *Teucrium chamaedrys* fleuris de la courbe est de 56% (figure 62), ce qui est assez faible. Dans les milieux méso-xérophiles, on constate que les moyennes sont assez variables. Par exemple, pour une biomasse de Brome et du Brachypode de 80 g, les trois moyennes des hauteurs sont de 6,72 cm, 11,13 cm et 13,57 cm. Par rapport à la courbe moyenne, 6,72 correspond aux moyennes observées dans des milieux ouverts, alors que 13,57 correspond à une valeur observée dans des ourlets. On peut attribuer ce coefficient de la courbe aux milieux ouverts dans lesquels les *Teucrium chamaedrys* sont moins homogènes que dans les milieux fermés, où la pression sélective exercée par le Brachypode élimine une partie de la diversité. Dans les milieux fermés, les moyennes sont toutes comprises entre 12 et 16 cm et sont proches de la courbe moyenne. Il existe dans ce cas une très bonne corrélation entre la hauteur des *Teucrium chamaedrys* et la densité du tapis herbacé.

En conclusion, les milieux ourléifiés sont défavorables aux *Teucrium chamaedrys*. La reproduction sexuée y est beaucoup moins importante que dans les autres milieux. La production de semences, et donc la possibilité pour la plante de coloniser d'autres endroits d'une même pelouse, ou d'autres pelouses, deviennent quasiment nulles avec la progression du Brachypode. Surtout, dans les ourlets, les populations sont amenées à disparaître à court terme puisque aucune régénération végétative n'est observée.

Des constats équivalents avaient déjà étaient faits par d'autres auteurs, mais jamais sur *Teucrium chamaedrys*. Dans les pelouses mésophiles des Abannets (Belgique), la Violette hérissée (*Viola hirta*) se présente généralement en petites touffes composées de une ou deux rosettes, rarement plus, et mesurant quelques centimètres de diamètre. En 1990, chaque rosette a produit 1,7 fleurs en moyenne, alors que dans les zones sur sol nu, à l'endroit où des arbres avaient été coupés, les touffes les plus fleuries comportaient 5 à 8 rosettes, mesuraient 20 à 30 cm de diamètre et produisaient trois fleurs par rosette, en moyenne (DELESCAILLE *et al*, 1991).

Le comportement de *Teucrium chamaedrys* dans la dynamique successionnelle donne des résultats voisins, puisque la présence d'une espèce dans un groupement, de même que l'observation de sa floraison, ne suffisent pas à présumer de la pérennité de l'espèce. En général,

les espèces de pelouses arrivent à se maintenir, le plus souvent à l'état végétatif mais elles disparaissent progressivement et seules les espèces préforestières et forestières subsistent à l'ombre des arbres (DELESCAILLE *et al*, 1991). Ceci n'est pas le cas de *Teucrium chamaedrys* qui fleurit encore dans les ourlets. L'absence de floraison pour cette espèce ne peut être choisie comme élément bio-indicateur de l'état démographique de la population. Pour *Teucrium chamaedrys*, seule une analyse fine de la population permet d'estimer la pérennité de l'espèce.

6. Conclusions

Les espèces coexistent, et ont des dynamiques interactives. *Teucrium chamaedrys* montre donc une certaine plasticité qui lui permet de s'adapter dans des contextes écologiques allant de la pelouse xérophile du *Festuco lemanii-Brometum* aux ourlets relativement fermés des *Trifolio-Geranietea*.

Les ourlets sont néfastes au développement et à la reproduction de *Teucrium chamaedrys*. Au niveau des mesures de gestion, ces résultats ont plusieurs conséquences. Dans le but de limiter les interventions de gestion, on sait que *Teucrium chamaedrys* est capable, par diverses stratégies, de se maintenir dans des groupements fermés. La densification du tapis herbacé n'oblige pas à une opération de gestion immédiate, car la plante trouve des moyens de s'adapter à ce nouveau milieu. Néanmoins, sa reproduction sexuée est quasiment stoppée et sans intervention, l'espèce est amenée à disparaître à court terme, même si l'on observe de grands individus bien fleuris. La biomasse critique semble se situer vers 150 g/m2 de Brome et de Brachypode. A partir de cette densité du tapis graminéen, la régénération végétative se ralentit, tandis que la biomasse consacrée à la floraison chute progressivement. Cependant, grâce à une augmentation de la taille des vieux individus, des fleurs s'observent jusqu'à la disparition totale de l'espèce du groupement. Il est d'autant plus important de conserver des plantes fleuries que certaines espèces ne sont pas présentes dans la banque de graines du sol, d'où une disparition certaine si ces individus disparaissent. Une gestion appropriée devra donc limiter au maximum la prolifération des graminées sociales. La fauche est un moyen utilisable, mais les plantes sont plus dressées, avec pour conséquence une perte de biomasse d'organes aériens très importante en cas de coupe. Ceci sera étudié dans le chapitre concernant la gestion par la fauche.

CINQUIEME PARTIE : Impact de la fauche et du pâturage sur la flore et la végétation

Chapitre 15 : Impact de la fauche sur les pelouses calcicoles de Lorraine

1. Introduction

La fauche est une méthode traditionnelle de gestion. Elle est pratiquée pour la plupart des milieux ouverts. Pour les conservateurs d'espaces naturels, le fauchage est souvent une technique de substitution, complémentaire au pâturage de manière ponctuelle (VERBEKE et LEJEUNE, 1996). Le fauchage peut être une alternative valable pour le pâturage sans causer de pertes d'espèces pour la végétation (WELLS, 1991). Par exemple, à l'heure actuelle, c'est la seule technique appliquée dans les réserves du Virion, en Belgique (DELESCAILLE, HOFMANS et WOUE, 1991). Elle est également utilisée en Pologne (DZONKO et LOSTER, 1998).

2. Impact de la fauche sur la composition floristique

En France, la fauche entraîne une augmentation sensible de la richesse floristique (MAUBERT, 1996). DIERSCHKE et ENGELS (1991) ont étudié la réaction d'une pelouse du Mesobromion à différents modes de gestion et d'absence de gestion à la Feldbornberg près de Gottingen en Allemagne. Ils ont constaté une augmentation du nombre d'espèces. Au Pays-Bas, après une première fauche, la diversité en espèces a fortement augmenté, au bout de trois ans de fauche, il s'est installé un nouvel équilibre dans la composition en espèces (VERBEKE et LEJEUNE, 1996). La plupart des auteurs, dans différents pays, ont travaillé sur l'impact de la fauche sur la richesse floristique. Nous allons, quant à nous, évaluer son impact sur l'évolution du nombre d'individus de quelques espèces typiques des pelouses de Lorraine.

2.1. Nombre des individus

L'augmentation du nombre d'individus (figure 67) d'une espèce et du nombre total d'espèces est généralement considérée comme un critère d'évaluation de la gestion. La végétation réagit en quelques années suite à la gestion, mais surtout aux modifications de la concurrence entre les espèces induite par cette gestion (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Ceci concerne les végétaux autres que les graminées, ainsi que *Teucrium chamaedrys* et les arbustes, qui seront étudiés ultérieurement. On se reportera à la méthodologie (deuxième partie) pour la liste des 11 espèces étudiées dans ce chapitre 15.

2.1.1. Dans le F.L.B.

On constate qu'il y a plus d'individus toutes espèces confondues en 1996 dans les placettes fauchées tous les deux ans que dans celles fauchées tous les ans. Le nombre d'individus augmente par deux fauches espacées de deux ans, passant de 93 en moyenne à 129, alors que, par une fauche annuelle, il y a dans un premier temps une légère augmentation (16,1%) puis une chute significative lors de la deuxième fauche (40%). On constate que la fauche annuelle a, dans un premier temps, un impact favorable sur le nombre d'individus, suivi d'une régression importante. Deux fauches espacées de deux ans permettent également un développement important (38%) des populations végétales du F.L.B. La fauche du F.L.B. doit être effectuée tous les deux ans, sous peine d'entraîner une chute importante des effectifs.

2.1.2 Dans l'O.B.T.

Contrairement au groupement précédent, le nombre d'individus augmente, entre 1996 et 1998, par les deux modes de fauches. Cependant, nous pouvons constater que ce développement en nombre est plus important par une fauche annuelle. En effet, il passe de 48 à 73 individus environ par deux fauches espacées de deux ans (soit une augmentation de 151%), alors que par une fauche annuelle, il passe de 33 à 81 individus (soit une augmentation de 246%). De plus, les nombres d'individus, avec les deux modes de fauche tendent à se rejoindre en 1998. Dans ce groupement, l'ouverture du milieu par deux fauches successives permet donc un développement en nombre des individus plus important que par une fauche réalisée tous les deux ans.

2.1.3. Dans l'O.B.O.

Dans ce groupement, les individus réagissent de la même manière que précédemment, dans le sens où une augmentation du nombre d'individus est observée sous l'action des deux types de fauches. Cependant, nous pouvons constater que deux fauches espacées de deux ans ont très peu d'impact sur le nombre d'individus (une augmentation de 38%). En effet, très peu de variations sont observées, alors que par une fauche annuelle, l'augmentation est nettement plus importante (multiplication par 3,5 du nombre d'individus). Contrairement au groupement précédent, une différence très nette est observée en 1998 entre les résultats obtenus par les deux types de fauches. Nous pouvons donc en conclure que, dans l'O.B.O., une fauche annuelle a un effet plus favorable que deux fauches espacées de deux ans.

2.1.4. Discussion

Les espèces réagissent de manière assez progressive le long du gradient qui mène du FLB au OBB. Il est toujours difficile de déterminer si la structure et la composition de la végétation sont dues à la compétition interpécifique, à des conditions physiques du milieu ou aux gestions qui y ont été pratiquées. La biologie des espèces, notamment la pression individuelle de chaque espèce, peut conduire à la différenciation de nombreux faciès physionomiques (GUYOT, 1967). L'équilibre numérique entre les espèces varie en fonction des caractéristiques du milieu. Les espèces coexistent, et ont souvent des dynamiques interactives. L'action de la fauche perturbe ces équilibres établis entre les communautés végétales. Par exemple, la fauche réduit l'ombrage porté aux espèces autres que les graminées sociales qui dominent le milieu (BOBBINK, 1991). La fauche permet ainsi la réapparition des espèces typiques des pelouses calcicoles présentant un port bas et les nombreuses espèces à cycle court qui en bénéficient (BOBBINK, 1996).

D'une manière générale, nous pouvons constater en Lorraine, que le nombre d'individus, au début de l'étude, est nettement plus important dans le F.L.B., groupement ouvert, que dans l'O.B.T. et l'O.B.O. mais ceci pour les deux premières années et les deux types de fauches. En 1998, la fauche tend à harmoniser les résultats dans les trois types de groupements. La fauche de l'ensemble de la végétation tend à son homogénéisation (DUFFEY *et al.*, 1974). Le nombre d'individus, qui était proportionnel à l'ouverture du milieu, ne l'est plus après deux ans de gestion.

Par contre, par une fauche annuelle, le F.L.B. se distingue des deux autres groupements par le fait que le nombre d'individus peut régresser s'il est fauché tous les ans, alors qu'une augmentation de ce nombre est constatée dans tous les autres contextes de pâturage. Elle est sensiblement plus importante dans l'O.B.O. que dans l'O.B.T.

Plus le milieu est fermé, plus l'impact de la fauche est positif sur les populations végétales. Plus le milieu est ouvert, plus la fauche aura des effets négatifs sur les effectifs, sauf après la première coupe. L'action néfaste de la fauche est jugulée par les possibilités de développement qui sont offertes aux espèces.

2.2. Biomasse des individus

2.2.1 Dans le F.L.B.

On constate (figure 68) une évolution opposée de la biomasse selon le type de fauche. En effet, elle augmente par deux fauches espacées de deux ans, alors qu'elle diminue régulièrement par une fauche annuelle. En pourcentage, nous pouvons constater que la biomasse chute de 32% par une fauche annuelle et augmente de 16% par deux fauches espacées de deux ans. La production annuelle de biomasse de l'ensemble des individus est affectée par le mode de fauche choisi. Plus la fauche est intense, moins les plantes produisent de biomasse annuellement. Les individus deviennent de plus en plus petits au fur et à mesure qu'ils sont fauchés.

2.2.2. Dans l'O.B.T.

D'une manière générale, nous pouvons observer une très légère diminution de la biomasse des individus et ceci sous l'action des deux types de fauches (chute de 12,6% par une fauche annuelle et 9,4% par deux fauches espacées de deux ans). Nous constatons donc que les biomasses chutent beaucoup moins que dans le F.L.B., quelle que soit la fréquence de fauche. Deux fauches espacées de deux ans sont moins favorables à la croissance qu'une fauche tous les ans, ce qui n'était pas le cas si l'on considère le nombre d'individus, mais les écarts restent faibles. Dans l'O.B.T., la productivité annuelle des espèces est peu affectée par la fauche, quelle que soit la fréquence des interventions choisies.

2.2.3. Dans l'O.B.O.

Dans ce groupement, la tendance est exactement inverse de celle observée dans le F.L.B. En effet, la biomasse des individus chute de 41% sous l'action de deux fauches espacées de deux ans mais augmente de 7% sous l'action d'une fauche annuelle, en diminuant toutefois légèrement en 1997. L'impact de la fauche est dans ce cas, variable selon la fréquence des interventions. Une fauche annuelle aura une action positive sur la production annuelle de ces espèces et une action négative si elle est réalisée tous les deux ans. L'ouverture du milieu,

induite par la fauche permet un meilleur développement des espèces, tandis que deux fauches espacées de deux ans ne doivent pas modifier suffisamment le biotope pour que les espèces puissent réagir favorablement. Le rajeunissement des individus induit par la fauche augmente leur productivité, ce qui explique aussi en partie la réponse biologique observée.

2.2.4. Discussion

Dans un premier temps, nous pouvons observer que les biomasses des 11 espèces recueillies dans les trois groupements sont différentes. Elles sont faibles dans l'O.B.O., plus grandes dans le F.L.B. et encore plus importantes dans l'O.B.T. MORGAN (1997) indique que pour des espèces dont la dispersion est en tache (*Asperula cynanchica, Seseli montanum, Globularia bisnagarica*), la densité de la strate herbacée et la vitalité des autres espèces peut limiter leur développement, les quelques individus arrivant à s'installer le feraient un peu au hasard. Cette observation est différente de celle qui concerne le nombre puisque le nombre d'individus chute progressivement avec la fermeture du milieu. Le F.L.B., qui correspond à des milieux xérophiles est moins favorable à la croissance des espèces mésophiles étudiées. Pourtant, les différences de répartition spatio-temporelle ou les différences physiologiques et morphologiques des végétaux correspondent souvent à des adaptations aux conditions de lumière (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1991). L'O.B.T., ni trop xérophile, ni trop fermé par les graminées sociales, est le milieu le plus favorable à la croissance des plantes étudiées.

De plus la réaction des groupements à la fréquence de fauche change, comme nous l'avons vu précédemment. La fauche annuelle est favorable à la croissance de ce groupe d'espèces uniquement dans le F.L.B. Deux fauches espacées de deux ans sont quant à elles favorables uniquement dans l'O.B.O.. L'ensemble de ces résultats est cohérent si l'on sait que la croissance d'une plante est conditionnée par sa réaction à la fauche et par la modification du milieu dans lequel elle vit.

2.3. Impact de la fauche sur les types biologiques

Nous avons suivi les indications de la flore de Belgique et des régions limitrophes (LAMBINON *et al.*, 1992) pour déterminer le type biologique auxquel se rattache chacune des 11 espèces de l'étude. Il s'agit *Linum tenuifolium* (hémicryptophyte), *Seseli montanum* (hémicryptophyte), *Euphorbia cyparissias* (Hémicryptophyte), *Sanguisorba minor* ((hémicryptophyte), *Asperula cynanchica* (hémicryptophyte), *Teucrium chamaedrys* (chamaephyte), *Crataegus monogyna* (phanérophyte), *Cornus sanguinea* (phanérophyte), *Lotus corniculatus* (hémicryptophyte), *Agrimonia eupatoria* (hémicryptophyte), *Linum catharticum* (Thérophyte).

L'un des objectifs de cette étude était de montrer que les thérophytes (*Linum catharticum*), ainsi que certaines hémicryptophytes (*Cirsium acaule, Agrimonia eupatoria*, par exemple) étaient moins nombreux dans les pelouses à Brachypode mais représentés par des individus de plus grande taille. Les résultats (figure 69) de notre analyse ne nous permettent pas de confirmer cette hypothèse. Les corrélations entre la biomasse de Brachypode et le nombre et la biomasse des individus sont faibles dans la plupart des cas.

L'évolution des géophytes n'a pas été étudiée, car les effectifs sont très faibles et l'évolution non significative dans les trois groupements. Tous les résultats sont présentés en tenant compte du nombre et de la biomasse des groupes identifiés.

Dans le cas d'une fauche annuelle, un développement numérique des trois types biologiques est constaté. En effet, les thérophytes se développent de 66,6%, les Chaméphytes de 19,4% et les hémicryptophytes de 21,18%. Le nombre de thérophytes se développe de la même manière après les deux fauches, c'est-à-dire que pour la première, nous notons 40,7% d'individus supplémentaires et pour la deuxième, 43,8%. Les deux types suivants présentent des caractéristiques opposées. En effet, le nombre de chaméphytes augmente après la première fauche (+17,6%) puis reste stable après la deuxième (+2,2%). Les hémicryptophytes sont stables après la première fauche (5,5%), puis augmentent en nombre par la deuxième fauche (16,6%).

Les trois types biologiques sont favorisés par deux fauches espacées de deux ans. Nous pouvons constater que ce sont les thérophytes qui augmentent le plus (56%), puis les chaméphytes avec 23% et plus faiblement, les hémicryptophytes avec 14,5%. On constate qu'à nouveau ce sont les thérophytes qui profitent le plus rapidement de la perturbation induite par la fauche. Nous pouvons voir que les thérophytes et les hémicryptophytes se développent plus par une fauche annuelle que tous les deux ans, alors que les chaméphytes se développent plus par deux fauches espacées de deux ans. Les thérophytes et les hémicryptophytes ont des bourgeons protégés au niveau du sol ou protégés par une graine. L'action de la fauche aura moins d'impact sur eux que sur les chaméphytes, dont la fauche va éliminer l'essentiel des zones de croissance (bourgeons terminaux et axillaires).

2.4. Evolution de la biomasse

Dans le cas d'une fauche annuelle, nous constatons (figures 70, 71 et 72) des différences d'évolution des biomasses selon les types biologiques. En effet, alors que les thérophytes se développent un peu en biomasse, les chaméphytes est les hémicryptophytes perdent de la biomasse de façon plus ou moins importante. Cependant, ce sont les thérophytes qui présentent les biomasses les plus faibles.

Nous voyons que la première fauche n'a que très peu d'effets sur la biomasse des thérophytes (+ 5,7%), alors que la deuxième permet une augmentation de 47,3%. L'augmentation de biomasse en trois ans est de 50,3%. Par contre, les chaméphytes perdent 61% de leur biomasse par la première fauche mais seulement 28,3% par la deuxième, pour une perte totale de 75,6%. C'est la localisation des zones de croissance, situées au-dessus de la hauteur de coupe qui explique cette chute importante.

En ce qui concerne les hémicryptophytes, nous pouvons voir que la perte est du même ordre pour les deux fauches, avec 10,3% pour la première fauche et 17,2% pour la deuxième, occasionnant ainsi une perte totale de 25,7%. Elles résistent mieux que les chaméphytes, mais beaucoup moins bien que les thérophytes.

Dans le cas de deux fauches espacées de deux ans, l'évolution des différents types biologiques est sensiblement identique à celle de la fauche annuelle, dans quasiment les mêmes proportions. En effet, les thérophytes se développent en biomasse à hauteur de 58%, les chaméphytes perdent 76% de leur biomasse et les hémicryptophytes 29%. Les mêmes conclusions que pour la fauche annuelle peuvent être données, puisque nombre et biomasse pour deux fauches espacées de deux ans évoluent de la même manière que ces paramètres pour la fauche annuelle.

2.5. Discussion et conclusion

Quel que soit le type biologique étudié et la fréquence de fauche, les individus deviennent plus grêles. Ils sont plus nombreux mais leur biomasse totale chute entre 1996 et 1998. La différence entre la fauche annuelle et la fauche réalisée tous les deux ans n'est pas significative. Entre 1996 et 1998, des résultats sensiblement identiques sont observés dans les deux cas.

Les thérophytes sont de plus en plus nombreuses et leur biomasse augmente sous l'effet des fauches. Les espèces annuelles apparaissent à la faveur de trouées accidentelles dans le tapis végétal (MAUBERT, 1996). Cependant, les individus sont plus grêles sous l'effet de ces fauches. Les espèces annuelles qui germent suite à une perturbation peuvent, soit être des graines autochtones entrées en dormance, soit des graines allochtones arrivées par différents moyens de dispersion. La présence de zones de sol nu après la fauche et l'accumulation de terre humifère favorisent les espèces à courte durée de vie qui ne sont normalement pas présentes ou qui sont rares dans les pelouses fermées comme *Thlaspi perfoliata, Saxifraga tridactylides, Sedum acre, Sedum album* (DELESCAILLE, *et al.*, 1991).

En ce qui concerne les chaméphytes, leur nombre augmente peu mais la biomasse chute fortement, car ce sont des rejets de souche que l'on élimine en 1997 et 1998, alors que la fauche de 1996 élimine des pieds âgés de taille beaucoup plus importante. Les chaméphytes, avec leur point végétatif et leurs bourgeons situés au-dessus du sol, sont ainsi plus affectés par le fauchage fréquent que les hémicryptophytes (MAUBERT *et al.*, 1995).

Cette remarque vaut aussi pour les hémicryptophytes, qui résistent beaucoup mieux à la fauche que les chaméphytes, mais moins bien que les thérophytes. Les plantes pérennes représentent 91,8% de la végétation des pelouses, ce qui suggère qu'elles possèdent un avantage sélectif dans leur biotope et une aptitude à croître, dans ces milieux fermés, par multiplication végétative. La plupart d'entre elles sont des graminées adaptées à de fréquentes défoliations. (MAUBERT *et al.*, 1995).

Dans le paragraphe suivant, on va envisager le comportement de ces trois types biologiques en fonction du groupement dans lequel ils vivent.

2.6. Comportement des thérophytes, des hémicryptophytes et des chaméphytes dans le F.L.B., l'O.B.T. et l'O.B.O.

Nous avons suivi les indications de la flore de Belgique et des régions limitrophes (LAMBINON *et al.*, 1992) pour déterminer le type biologique auxquel se rattache chacune des 11 espèces de l'étude. Il s'agit de *Linum tenuifolium* (hémicryptophyte), *Seseli montanum* (hémicryptophyte), *Asperula cynanchica* (hémicryptophyte), *Teucrium chamaedrys* (chamaephyte), *Euphorbia cyparissias* (hémicryptophyte), *Crataegus monogyna* (phanérophyte), *Cornus sanguinea* (phanérophyte), *Lotus corniculatus* (hémicryptophyte), *Agrimonia eupatoria* (hémicryptophyte), *Sanguisorba minor* (Hémicryptophytes), *Linum catharticum* (Thérophyte).

2.6.1. Cas des thérophytes

2.6.1.A: Evolution du nombre d'individus

Par une fauche annuelle, dans le F.L.B., le nombre de thérophytes augmente de 45% pour la première fauche annuelle mais chute de 35,5% pour la deuxième. Une augmentation de 14,3% entre 1996 et 1998 est constatée. Par contre, dans les deux autres groupements, le nombre d'individus augmente régulièrement entre 1996 et 1998. En effet, dans l'O.B.T., la première fauche permet une augmentation de 43,5% et la deuxième une augmentation de 44,8%. Dans l'O.B.O., la deuxième fauche est toutefois plus marquée que la première, avec, respectivement, 62,6% et 50%.

Dans le cas de deux fauches espacées de deux ans, les thérophytes augmentent dans les trois groupements, avec une gradation selon le degré de fermeture du milieu. En effet, dans le F.L.B., l'augmentation est de 23,7%, dans l'O.B.T., elle est de 55,7% et dans l'O.B.O., elle est de 70%. Il semble y avoir un lien entre l'ouverture du milieu et le nombre de Thérophytes, puisqu'il y a 8,4% d'individus en moyenne dans le F.L.B., 11 dans l'O.B.T. et 14,6% dans l'O.B.O. Une fauche pratiquée tous les deux ans aura un impact sur les thérophytes beaucoup plus grand dans les milieux ourléifiés que dans les milieux déjà ouverts.

2.6.1.B. Evolution de la biomasse

Avec une fauche annuelle, la biomasse des thérophytes évolue différemment selon le groupement. En effet, dans le F.L.B., cette biomasse reste constante après la première fauche puis chute de 64,1% après la deuxième. Dans l'O.B.T., la biomasse chute de manière constante après chaque fauche (2,5% après la première fauche et 3% après la deuxième). Par contre, dans l'O.B.O., les individus perdent 44% de leur biomasse la deuxième année mais reprennent 13% la troisième. La fauche des milieux ourléifiés est plus favorable aux thérophytes que la fauche des milieux ouverts.

Dans le F.L.B., nous voyons que le nombre augmente alors que la biomasse ne change pas. Les individus sont donc plus frêles en 1997 qu'en 1996. C'est également le cas en 1998. Par contre, dans l'O.B.T., le nombre augmente chaque année alors que la biomasse chute. Les fauches successives font que les individus sont moins « solides » à chaque fois. C'est dans l'O.B.O. que la différence entre la perte de biomasse et l'augmentation du nombre de pieds est la plus remarquable, c'est donc dans ce groupement que les individus deviennent les plus fragiles.

Avec deux fauches espacées de deux ans, les thérophytes réagissent d'une manière différente selon les groupements. En effet, ils forment 26,1% de biomasse supplémentaire dans le F.L.B., cette biomasse reste constante dans l'O.B.T. mais chute de 66,3% dans l'O.B.O. De plus, comme lors de la fauche annuelle, il semble ne pas y avoir de lien entre l'ouverture du milieu et la biomasse. En effet, nous avons 3,43 g/m^2 en moyenne dans le F.L.B., 10,38 g/m^2 dans l'O.B.T. et 7,98 g/m^2 dans l'O.B.O.

Le nombre et la biomasse des thérophytes augmentent simultanément dans le F.L.B. : il n'y a donc pas de différence morphologique entre 1996 et 1998, alors que, dans l'O.B.O., le nombre augmente d'autant que la biomasse chute (environ 70%) : les individus sont donc plus grêles. Dans l'O.B.T., la biomasse stagne et le nombre augmente et donc les individus sont plus fragiles. Chaque groupement a une réaction spécifique.

2.6.1.C. Conclusions

L'évolution de la biomasse des thérophytes par les deux types de fauches est sensiblement différente. Dans le F.L.B., elle augmente par deux fauches espacées de deux ans mais chute par une fauche annuelle. Dans l'O.B.T., elle stagne par deux fauches espacées de deux ans mais chute par une fauche annuelle et enfin dans l'O.B.O., elle chute par les deux types de fauches.

Nous pouvons constater que, d'une manière générale, les thérophytes se développent plus en nombre par deux fauches espacées de deux ans dans le F.L.B., alors qu'ils augmentent en nombre dans l'O.B.T. et l'O.B.O. par la fauche annuelle.

2.6.2. Les hémicryptophytes

2.6.2.A. Evolution du nombre d'individus

Dans les cas d'une fauche annuelle, on constate une évolution différente selon les groupements. Dans le F.L.B., le nombre de pieds stagne entre 1996 et 1998, avec une augmentation de 0,8%. En 1997, le nombre d'hémicryptophytes augmente de 3,8% alors qu'en 1998, il chute de 3,1%. Dans l'O.B.T., l'augmentation moyenne entre 1996 et 1998 est de 37,7%, avec un accroissement plus important en 1998 qu'en 1997 (respectivement 30% et 11%). La fauche annuelle est favorable aux hémicryptophytes dans l'O.B.T. Le nombre d'individus augmente aussi dans l'O.B.O., avec la même proportion que dans l'O.B.T., à savoir de 34%. Cependant l'augmentation inter-annuelle est différente : après la première fauche, elle est de 24%, et après la deuxième, elle est de 13%. La fauche annuelle est dans effet dans le F.L.B. et très favorable dans l'O.B.T. et l'O.B.O.

Dans le cas de deux fauches espacées de deux ans, au contraire, les hémicryptophytes augmentent leur nombre dans les trois groupements. Il existe une évolution moins importante dans les milieux fermés, ce qui est le contraire de ce qu'on observe avec une fauche annuelle. En effet, les individus se développent en nombre dans le F.L.B. à hauteur de 19,6%, dans l'O.B.T. avec 17% et beaucoup plus faiblement dans l'O.B.O. avec 2,4%.

2.6.2.B. Evolution des biomasses

Dans le cas d'une fauche annuelle, nous pouvons constater que la biomasse chute dans les trois groupements. En effet, dans le F.L.B., elle est de 36,7%, dans l'O.B.T., elle est de 16,5% et dans l'O.B.O., elle est de 16,7%. Dans le F.L.B. et dans l'O.B.T., la perte de biomasse est plus importante après la deuxième fauche. Dans le F.L.B., elle est respectivement 26,6% et 13,8%, et, dans l'O.B.T., elle est respectivement 12,7% et 3,7%. Par contre, dans l'O.B.O., la chute de biomasse est plus grande lors de la première fauche (10,7% puis 6,7%). Dans le F.L.B., la biomasse chute alors que le nombre reste stable, entre 1996 et 1998 : les individus sont donc moins développés. Dans l'O.B.O. et l'O.B.T., le nombre d'hémicryptophytes augmente mais la biomasse chute. Comme dans le F.L.B., par la fauche, les pieds sont moins développés.

Dans le cas de deux fauches espacées de deux ans, les trois groupements réagissent différemment, à savoir que la biomasse augmente de 33,5% dans le F.L.B. et de 41,7% dans l'O.B.O., mais chute dans l'O.B.T. de 44,9%.

Dans le F.L.B. et dans l'O.B.T., le développement en nombre des individus est plus important que la biomasse. Les plantes sont morphologiquement très proche en 1996 et en 1998. Par contre, dans l'O.B.O. le nombre reste stable mais la biomasse augmente : les pieds sont donc plus robustes en 1998.

2.6.2.C Conclusions

D'une manière générale, les hémicryptophytes sont indifférents à une fauche annuelle dans le F.L.B. et à deux fauches espacées de deux ans dans l'O.B.O. Par contre, ils se développent beaucoup dans l'O.B.T. et l'O.B.O. par une fauche annuelle et dans le F.L.B. par deux fauches espacées de deux ans.

Les deux fréquences de fauches présentent des variations ; les biomasses augmentent dans le F.L.B. et l'O.B.O. par deux fauches espacées de deux ans alors qu'elles chutent par une fauche annuelle dans ces mêmes groupements. Par contre, elle diminue dans l'O.B.T par les deux fauches avec toutefois une perte plus importante par la fauche réalisée tous les deux ans.

Deux fauches espacées de deux ans sont favorables au développement des hémicryptophytes, tandis que la fauche annuelle a un effet un peu négatif sur ces mêmes végétaux. Dans le cadre d'une gestion conservatoire, une fauche tous les ans est à rechercher pour favoriser le développement des hémicryptophytes.

2.6.3. Cas des chaméphytes

2.6.3.A. Evolution du nombre d'individus

Dans le cas d'une fauche annuelle, les chaméphytes sont présents, en 1996, dans des proportions différentes selon le groupement, avec une présence maximale dans l'O.B.T. De plus, ils réagissent différemment à la fauche annuelle selon les groupements. En effet, ils chutent de 58,3% en nombre dans le F.L.B. lors de la première fauche, puis restent stable après la deuxième. Par contre, c'est l'inverse qui se produit dans l'O.B.O., c'est-à-dire que leur nombre reste stable après la première fauche et chute très faiblement par la deuxième (-5,9%). En ce qui concerne l'O.B.T., la première fauche permet une augmentation de 31,6% et la deuxième une augmentation très modérée (3,9%).

Deux fauches espacées de deux ans n'ont pas d'effets sur le nombre de chaméphytes puisqu'il ne varie pas d'une année à l'autre. Cependant, il y a très peu d'individus dans ce groupement. On constate que les Chaméphytes perdent 9,4% de leur nombre en 1998 dans l'O.B.T. alors que, dans l'O.B.O., ils progressent de 44,7%.

La fauche annuelle a un effet plus important sur les chaméphytes dans le F.L.B. que la fauche de deux ans, dans le sens où elle fait régresser plus rapidement les individus présents alors que deux fauches espacées de deux ans font chuter quelque peu le nombre d'individus dans l'O.B.T.. Dans l'O.B.O., la fauche annuelle stabilise le nombre de pieds.

2.6.3.B. Evolution des biomasses

Avec une fauche annuelle, dans les trois groupements, la biomasse des chaméphytes chute nettement. Dans le F.L.B., la première fauche occasionne une perte plus importante que la

deuxième (respectivement 77% et 16%), pour une diminution totale de 80,7%. Dans l'O.B.T., 59,7% de la biomasse disparaît lors de la première fauche et 30% lors de la deuxième, pour une perte finale de 73,5%. Dans l'O.B.O., la perte totale entre 1996 et 1998 (de 73,5%) est quasiment identique à celle de l'O.B.T., avec la même répartition par les deux fauches (respectivement 62,2% et 30%). C'est la première fauche qui a l'impact le plus négatif sur la biomasse des chaméphytes. La deuxième fauche a globalement deux fois moins de conséquences. Les individus sont beaucoup plus petits après la première fauche de 1996.

Dans le cas de deux fauches espacées de deux ans, la perte de biomasse occasionnée par la fauche dans le F.L.B. est très faible (10%) comparée à celle de l'O.B.T (40%) et surtout celle de l'O.B.O. (78,6%). La biomasse exploitée dans les milieux ourléifiés correspond à la biomasse d'individus âgés, alors que la biomasse exploitée, à partir de la deuxième année, correspond à la biomasse produite en une seule année, ce qui explique les différences observées. Nous pouvons noter une augmentation de la biomasse selon la fermeture du milieu. Dans le F.L.B., les individus ne changent presque pas d'aspect puisque le nombre n'évolue pas et que la biomasse ne chute que très faiblement, alors que, dans l'O.B.T., la biomasse diminue plus vite que le nombre, les pieds sont donc plus petits et frêles. Dans l'O.B.O., le nombre augmente mais la biomasse chute énormément, indiquant que les chaméphytes sont encore plus atteints par cette fauche dans ce groupement.

2.6.3.C. Conclusions

La fauche annuelle fait régresser de façon plus importante la biomasse de chaméphytes dans le F.L.B. et l'O.B.T., qu'une pratiquée tous les deux ans C'est l'inverse pour l'O.B.O. Le problème d'une étude sur des plantes pérennes ligneuses est la difficile exploitation des résultats obtenus la première année. Dans notre cas, on souhaite connaître l'impact de la fauche sur la production annuelle de biomasse ce qui peut être obtenu seulement à partir de la deuxième année. On peut connaître cependant le changement dans la morphologie du groupement, qui voit régresser l'importance des chaméphytes au profit de types biologiques plus résistants à la fauche (thérophytes et hémicryptophytes).

2.7. Evolution de la nécromasse

L'accumulation des débris végétaux induit une eutrophisation du milieu et des changements du microclimat, une chute de la germination des graines et une immobilisation de matière ralentissant le *turn-over* de certains éléments chimiques. L'accumulation d'une litière sèche épaisse est un élément important dans l'appauvrissement floristique. Par exemple, les pelouses ourléifiées sont composées de deux strates. La première est constituée d'herbes hautes accompagnées parfois de quelques arbustes et la seconde est composée d'une litière de feuilles et de chaumes morts en phase de décomposition. La fauche provoque l'élimination de la litière d'herbes mortes.

Lors du tri sélectif des plantes au laboratoire, l'herbe sèche a été séparée du reste de la matière vivante, puis séchée à l'étuve avant d'être pesée. Dans le cas d'une fauche annuelle, la nécromasse diminue durant les trois années de l'étude. La même évolution est constatée dans les trois groupements, c'est-à-dire une perte plus importante la première année que la deuxième.

Le F.L.B. se démarque légèrement des deux autres groupements. La première année, sa nécromasse chute de 51% mais augmente de 4% lors de la deuxième. La perte de nécromasse

entre 1996 et 1998 est donc de 51%. Dans l'O.B.T., la chute de biomasse totale est de 64,7%, avec respectivement 61,3% et 8,8% de perte lors de la première et deuxième coupe, et dans l'O.B.O., 78,4% de la nécromasse disparaît, avec 70,2% la première année et 27,3% la deuxième. La nécromasse de l'O.B.O. en 1998 est la même que celle de l'O.B.T. en 1997. Cela démontre que la nécromasse tend à se stabiliser autour de 4,5 à 5 g/m^2 en moyenne. Dans le F.L.B., cette stabilité se fait autour de 3 à 3,5 g/m^2.

Dans le cas de deux fauches espacées de deux ans, le même phénomène que précédemment est observé, c'est-à-dire que la nécromasse est très importante dans l'O.B.O. mais à peu près équivalente dans les deux autres groupements avec une légère supériorité dans l'O.B.T. La fauche fait perdre 49,7% de la nécromasse dans le F.L.B., 72,2% dans l'O.B.T. et 77,2% dans l'O.B.O. Les nécromasses ne croissent alors plus avec le degré de fermeture du milieu comme en 1996.

La nécromasse augmente avec la fermeture du milieu et ceci pour les trois années dans les trois groupements. C'était prévisible puisque les milieux fermés possèdent plus de biomasse vivante. Il est aussi logique que ce soit le groupement à Brachypode qui perde le plus de nécromasse avec la fauche, car la nécromasse de Brachypode a tendance à s'accumuler au moins une année, ce qui n'est pas le cas du Brome et de la Fétuque.

L'exportation de nécromasse est identique par les deux fréquences de fauches dans le F.L.B. et l'O.B.O., mais, dans l'O.B.T., cette perte est moins importante par la fauche réalisée tous les deux ans que la fauche annuelle. La fréquence des interventions est presque sans effet sur l'accumulation de nécromasse, au moins dans le contexte de l'étude, car il est clair que plus les interventions sont espacées, plus la quantité de nécromasse formée est importante, sauf si le milieu est dominé par des plantes à turn-over rapide.

La première fauche, en 1996, a un impact très important car elle supprime en même temps le tapis de végétaux morts les années précédentes et la nécromasse de l'année en cours. C'est pour cette raison aussi que les valeurs de nécromasse sont si importantes en 1996. De plus, une fauche réalisée l'année suivante n'aura que peu d'effet sur la nécromasse récoltée puisque presque toute la végétation susceptible de la former a été supprimée. La nécromasse formée durant les saisons de végétation 1997 et 1998 est quasi identique. Elle est faible. Deux fauches espacées de deux ans, voire plus, suffissent à éliminer la nécromasse résiduelle qui nuit à la croissance des plantes à faible développement. L'évacuation de la nécromasse est surtout intéressante dans l'O.B.O. où les quantités à évacuer sont 4 à 5 fois plus importantes que dans les deux autres groupements.

2.8. Evolution du Brachypode, du Brome et de la Fétuque dans le F.L.B., l'O.B.T. et l'O.B.O.

Le Brachypode, le Brome et la Fétuque ovine sont les trois graminées pérennes les plus abondantes des pelouses de Lorraine. L'impact très défavorable des graminées sociales (Brome et Brachypode) sur la diversité spécifique a été démontré à plusieurs reprises, entre autres par PAUL (1977), WILLEMS (1980), DUVIGNEAUD (1983) et BOBBINK (1989). Ces auteurs démontrent l'intérêt de faire une étude particulière sur ces espèces. MITCHLEY (1988) a montré aussi que *Bromus erectus*, *Carex flacca* et *Brachypodium pinnatum* seraient parmi les espèces les plus aptes, à long terme, à coloniser l'espace nu. Ceci s'expliquerait par une plus grande aptitude

à exploiter les ressources du sol, grâce à un allongement racinaire et une croissance foliaire importante.

L'objet de ce chapitre (figure 74 et 75) est d'étudier les possibilités de contrôler par une gestion appropriée leur développement dans les pelouses de la région. Les graminées sociales sont particulièrement résistantes au cisaillement et au piétinement. Cependant, la fauche est très intéressante pour limiter certaines graminées au moment où elles sont en pleine expansion foliaire.

Il existe une relation entre la densité d'une espèce et sa productivité. La productivité des pelouses à Brachypode est comprise entre 0,3 à 6 T/Ha/an (SCOPPOLA *et al.*, 1984). Les auteurs anglais préconisent de faucher deux fois, voire trois fois par an pour maîtriser le développement des graminées sociales. Selon MAUBERT *et al.* (1998), il est probable qu'un fauchage annuel à un impact positif significatif sur le tapis végétal de beaucoup de pelouses françaises. Nous avons testé l'impact d'une fauche annuelle et une fauche réalisée tous les deux ans, dans le F.L.B., l'O.B.T. et l'O.B.O. Les résultats sont exprimés en fonction de l'évolution des biomasses respectives des trois plantes, puis de l'évolution de leur l'importance relative.

2.8.1. Evolution de la biomasse

Avec une fauche annuelle, nous constatons une diminution de la biomasse des trois graminées au cours des trois ans. Le Brachypode perd autant par la première que par la deuxième fauche, respectivement 41,4% et 45%, pour une perte globale de 67,7%, alors que les deux autres graminées présentent des différences : le Brome perd 32,4% la première année, 8,3% la deuxième (perte totale de 38%) et la Fétuque 42,1% par la première fauche et 28% par la deuxième, avec une perte totale de 58,3%.

C'est le Brachypode qui est le plus touché par une fauche annuelle estivale. En 1996 et 1997, la biomasse de Brachypode est plus importante que celle du Brome, qui elle-même est plus importante que celle de la Fétuque, alors qu'en 1998, les biomasses de Brome et de Brachypode sont sensiblement identiques, toutes deux supérieures à celle de la Fétuque.

Avec une fauche réalisée tous les deux ans, la perte de Brachypode est très importante (59,4%) par rapport à celles de Brome (13%) et de la Fétuque (30,9%), plus modestes. La proportion des trois graminées reste pourtant toujours la même avec plus de Brachypode que de Brome et de Fétuque, et ce sur les deux années.

Par la fauche annuelle, les pertes de biomasse du Brachypode, de la Fétuque et du Brome sont les plus importantes que lors de la fauche réalisée tous les deux ans. Ceci est cohérent, car plus les plantes subissent de stress, plus leur développement est faible. Compte tenu que les différences sont faibles entre une fauche annuelle et deux fauches espacées de deux ans (8% dans le cadre du Brachypode) et que les quantités de travail sont deux fois plus importantes, on est incité à penser qu'une intervention tous les deux ans est préférable à une intervention tous les ans. Par contre, il est capital de faucher durant l'été, car un fauchage hivernal, réalisé pendant plus de 25 ans dans certains sites, n'a pas permis de réduire la vitalité du Brachypode penné et, au contraire, l'espèce continue de progresser (KRUSI, 1981 ; BOBBINK, 1989).

2.8.2. Evolution des abondances relatives

2.8.2.A. Dans le F.L.B.

Quelle que soit la fréquence des fauches, la biomasse de Brome augmente au dépend de celle de la Fétuque et plus encore du Brachypode. Les pourcentages des biomasses relatives (figure 75a) des trois graminées, par la fauche annuelle, sont les suivants :

- la première année : 52,2% de Fétuque, 30,9% de Brome et 17% de Brachypode,
- la deuxième année : 40,5% de Fétuque, 47,8% de Brome et 11,7% de Brachypode,
- la troisième année : 39,1% de Fétuque, 49,9% de Brome et 11% de Brachypode,

Après une évolution significative en 1997, la répartition des biomasses des trois graminées se stabilise en 1998. Par la fauche réalisée tous les deux ans, le Brome se développe presque exclusivement au dépend de la Fétuque. La proportion de la biomasse de Brachypode est constante entre les deux années. La répartition des abondances relatives est la suivante :

- la première année : 60,2% de Fétuque, 31% de Brome et 8,8% de Brachypode,
- la deuxième année : 48% de Fétuque, 42,2% de Brome et 9,8% de Brachypode,

Dans le F.L.B., la fauche annuelle ou pratiquée tous les deux ans, provoque une régression de la Fétuque au profit du Brome. Une fauche pratiquée dans le F.L.B. est sans effet sur la proportion de Brachypode dans le groupement, mais elle fait baisser sa biomasse (de 7,5 g à 5,3 g). La fauche du F.L.B. pour ce paramètre, dans un but de gestion conservatoire, n'est pas souhaitable.

2.8.2.B. Dans l'O.B.T.

La proportion de la biomasse de Brome augmente par la fauche annuelle (figure 75b), au dépend de la Fétuque qui régresse un peu (-3%) et du Brachypode qui régresse un peu plus (-6%). De façon plus précise, les différents pourcentages sont les suivants :

- la première année : 20,2% de Fétuque, 33,5% de Brome et 43,2% de Brachypode,
- la deuxième année : 17,8% de Fétuque, 36,2% de Brome et 46% de Brachypode,
- la troisième année : 17% de Fétuque, 45,5% de Brome et 37,5% de Brachypode.

Par une fauche réalisée tous les deux ans, la proportion de Brome (+9%) et de Fétuque (+6%) augmente au dépend de celle du Brachypode (-17%). La répartition des pourcentages est la suivante :

- la première année : 20,7% de Fétuque, 34,8% de Brome et 44,6% de Brachypode,
- la deuxième année : 26,5% de Fétuque, 45,9% de Brome et 27,4% de Brachypode,

Dans le cadre d'une gestion conservatoire, deux fauches espacées de deux ans sont beaucoup plus intéressantes que la fauche annuelle. Le Brachypode régresse fortement, tandis que la Fétuque augmente légèrement.

2.8.2.C. Dans l'O.B.O.

Dans l'O.B.O. (figure 75c), par une fauche annuelle, le Brome se développe (+7%) au dépend des deux autres graminées, avec toutefois une différence : la Fétuque se stabilise ente

1997 et 1998 alors que le Brachypode régresse. Les différents pourcentages des abondances relatives sont les suivants :

- la première année : 8% de Fétuque, 25,3% de Brome et 74,2% de Brachypode,
- la deuxième année : 9,6% de Fétuque, 22,4% de Brome et 68% de Brachypode,
- la troisième année : 9% de Fétuque, 32,9% de Brome et 58% de Brachypode,

Comme précédemment, c'est le Brome qui profite de la gestion mise en place, la Fétuque évolue peu et le Brachypode régresse un peu. Ce mode de gestion ne présente pas de gros avantages, dans la mesure où l'on remplace une graminée sociale par une autre graminée sociale.

Par une fauche réalisée tous les deux ans, le Brome (+10%) se développe alors que la Fétuque (+2,1%) reste constante et que le Brachypode régresse (-17%). La répartition des pourcentages des abondances des trois graminées est la suivante :

- la première année : 3,6% de Fétuque, 16% de Brome et 80,4% de Brachypode,
- la deuxième année : 5,7% de Fétuque, 26,9% de Brome et 67,4% de Brachypode,

Dans l'O.B.O., deux fauches espacées de deux ans paraissent plus efficaces sur la modification qualitative du tapis herbacé qu'une fauche annuelle.

2.8.2.D. Discussion et conclusion

Dans les trois groupements, le Brome est l'espèce la moins défavorisée par la fauche. Le Brome et le Brachypode sont des espèces redondantes, c'est-à-dire que ces espèces sont présentes à un faible niveau d'abondance mais sont prêtes à se multiplier en remplaçant l'espèce dominante si celle-ci disparaît. C'est le cas dans notre étude. La fauche réduit la biomasse des graminées, surtout celles du Brachypode (-67%) et de la Fétuque (-58%). Les organes souterrains des graminées sociales ont une teneur en azote et en phosphore qui montre un minimum en été. Une fauche à cette période aboutit à un net affaiblissement de ces plantes (BOBBINK et WILLEMS, 1991). Une fauche d'été réduit la dominance du Brachypode (BOBBINK, 1987). BOBBINK et WILLEMS (1991) ont montré également que deux fauches annuelles pendant cinq ans ont permis de stopper la progression des graminées sociales et permis une augmentation de la diversité floristique. Il a été démontré, sur des surfaces témoins mises en place par HEDINGER (1982), que des groupements à *Brachypodium pinnatum* se transforment en l'espace de 4 ans en pelouses du *Mesobromion* riches en espèces, grâce à des régimes de fauche adaptés. Dans notre cas, deux ans ont été suffisants pour montrer une évolution significative de la composition floristique, mais la fauche a été réalisée à 2 cm en Lorraine et un peu plus haut dans son cas (3 à 5 cm), ce qui explique, peut-être une évolution plus rapide de la végétation.

Deux fauches espacées de deux ans dans l'O.B.T. et de l'O.B.O. sont intéressantes car elles permettent de réduire l'importance du Brachypode, au profit du Brome et de la Fétuque. Le fauchage, tel qu'il est pratiqué à Grand-Pierre et Vitain, ne réduit pas sensiblement le recouvrement des graminées sociales *Bromus erectus* et *Brachypodium pinnatum* et il induit une augmentation du recouvrement des Fétuques à feuilles fines (MAUBERT, 1996). En effet, les espèces d'ourlets ne sont pas adaptées aux conditions de fauchage, ni par un développement rapide, ni par des organes de réserves (SCHWABE-BRAUN, 1979). La fauche tous les ans est légèrement moins efficace pour réduire la biomasse de Brachypode. Par contre la fauche tous les ans est beaucoup plus efficace pour réduire la biomasse du Brome et de la fétuque.

La fauche du F.L.B., même si elle est pratiquée tous les deux ans, n'est pas souhaitable. Dans l'O.B.T., les trois graminées perdent globalement plus par une fauche annuelle que tous les deux ans, avec des différences entre les deux fauches de 22% pour le Brachypode, 100% pour le Brome et 55% pour la Fétuque. Dans l'O.B.O., les graminées perdent plus en biomasse par une fauche annuelle, la différence est de 20% en moins pour le Brachypode avec une fauche annuelle et de 80% pour le Brome. Par contre, la Fétuque se développe par deux fauches espacées de deux ans. Pour le Brome les pourcentages de perte sont faibles et il se développe dans deux relevés de l'étude.

En conclusion, que ce soit en considérant la biomasse des plantes ou leurs importances relatives, une fauche tous les deux ans est globalement préférable à une fauche effectuée tous les ans, car elle permet de réduire considérablement l'importance des graminées.

2.9. Sur la morphologie des espèces

2.9.1 Sur l'ensemble du cortège floristique

2.9.1.1 Cas des ligneux

Quatre espèces d'arbustes ont été étudiées : *Crataegus monogyna, Rosa canina, Prunus spinosa* et *Cornus sanguinea*, mais ils ne sont pas tous présents dans chaque groupement végétal. Ces ligneux, avec les graminées sociales, constituent parmi les principales menaces de colonisation des pelouses calcicoles (figure 76). Ces deux groupes font donc l'objet d'un chapitre particulier. La vigueur des rejets arbustifs peut être très importante, jusqu'à 1 m/an pour *Cornus sanguinea, Prunus spinosa* et *Crataegus monogyna* (DELESCAILLE *et al*, 1991). Cette puissance oblige, dans un premier temps, à des interventions répétées afin d'affaiblir les souches. C'est cet affaiblissement dont il est question dans ce chapitre et non de leurs éliminations.

2.9.1.1a Dans le F.L.B.

Sur l'ensemble des parcelles de ce groupement, seules deux espèces arbustives sont présentes, une dans les parcelles fauchées annuellement, l'autre dans celles fauchées tous les deux ans (figure 76).

En ce qui concerne la fauche annuelle, nous pouvons constater que la biomasse moyenne des individus de *Crataegus monogyna* chute nettement entre 1996 et 1997 et plus faiblement entre 1997 et 1998. Si l'on considère le nombre, nous avons 4 tiges en moyenne en 1996 et 1,67 en moyenne en 1997 et 1998. Elles sont donc moins nombreuses et surtout beaucoup moins vigoureuses la dernière année, car entre 1997 et 1998, il y a une perte de 16% de biomasse totale alors que le nombre d'individus ne change pas.

Par contre, par deux fauches espacées de deux ans, la biomasse des tiges de *Rosa* chute de plus de 50% alors que leur nombre reste constant, indiquant par la même une perte de vigueur des tiges, mais une possibilité de régénération toujours aussi efficace.

Les individus fauchés tous les ans deviennent de plus en plus petits alors que deux fauches espacées de deux ans permettent à la plante de mieux résister au stress induit par la coupe. Les arbustes supportant très mal la fauche.

2.9.1.1b Dans l'O.B.T.

Trois espèces arbustives sont observées dans ce groupement (figure 76'). En ce qui concerne la fauche annuelle, nous pouvons constater que la biomasse du *Cornus* chute très nettement de 1996 à 1997 (70%) et beaucoup moins de 1997 à 1998 (32%). Il perd au total 80% de sa biomasse initiale. Par contre, nous savons que ces arbustes se développent en nombre, en réalisant de nombreux drageons. Ceux-ci sont certes plus nombreux, mais ils sont plus petits. *Prunus spinosa* perd 50% de sa biomasse en 1997 et se stabilise en 1998 avec une perte de seulement 6%, réalisant une perte totale de 53%. En étudiant le nombre, nous voyons qu'en moyenne cet arbuste se développe en 1997 avant de chuter, en 1998, au même niveau qu'en 1996.

Par deux fauches espacées de deux ans, les deux arbustes présents montrent des réactions différentes. En effet, *Cornus sanguinea* perd énormément en biomasse (62,1%) alors que *Prunus spinosa* se développe de 21%. Les *Cornus* sont plus nombreux en 1998, alors que les *Crataegus* le sont moins.

Le nombre d'individus augmente et la biomasse diminue, au cours des ans et ce pour les deux types de fauches. Les individus sont donc rendus plus frêles par la fauche. Dans ce groupement, il semblerait que deux fauches espacées de deux ans agissent de façon moins agressives sur ces individus qu'une fauche annuelle. En effet, dans le premier cas, nous pouvons noter, entre 1996 et 1998, une augmentation d'environ 60% du nombre et une chute de 9% en biomasse de ces mêmes individus alors que dans le deuxième cas, l'augmentation du nombre n'est que de 35% et la chute de biomasse de 12%.

Plus les fauches sont nombreuses, plus les arbustes régressent et perdent leur vitalité. Trois fauches annuelles successives ne suffisent cependant pas à éliminer les arbustes.

2.9.1.1c Dans l'O.B.O.

Davantage d'arbustes sont présents dans ce groupement mésophiles, où les ligneux rencontrent une ambiance favorable à leur développement. Les quatre arbustes étudiés sont présents dans les placettes fauchées annuellement alors que seuls *Crataegus* et *Rosa* sont observés sur les parcelles fauchées tous les deux ans (figure 76 e et f).

Par la fauche annuelle, nous pouvons noter que les *Crataegus* disparaissent en deux ans, avec une perte de 82,3% dès la première année. Les *Prunus* perdent à peu près autant la première que la deuxième année (respectivement 66,6% et 54,6%) pour une perte totale de 84,9%. Il en va de même pour les *Cornus* qui chutent en biomasse de 30% la première année et de 22% la deuxième. Par contre, les *Rosa* perdent 55,6% de leur biomasse la première année mais seulement 6,3% la deuxième. Les individus, de grande taille dans les milieux ourléifiés, ont une biomasse qui correspond à plusieurs années de croissance. La première coupe élimine l'ensemble de cette production, ce qui explique les chutes de biomasses considérables enregistrées entre 1996 et 1997.

Par la fauche de deux ans, les *Crataegus* régressent de presque 90% alors que les *Rosa* ne perdent que 54,5% de leur biomasse initiale. Sous l'effet de fauches espacées de deux ans, la diminution de biomasse et la quasi-stagnation du nombre des individus indiquent que les individus changent de morphologie : ils sont beaucoup frêles en 1998 qu'en 1996, alors que pour

la fauche annuelle, la morphologie change peu puisque nombre et biomasse augmentent simultanément.

2.9.1.1d Discussions

Traditionnellement, les arbustes étaient soit broutés par les animaux, soit dégagés par les bergers. Ils sont donc assez faiblement représentés sur les pelouses pâturées et totalement absents des pelouses fauchées. Pour limiter leur importance, la fauche peut être menée pour éliminer localement une trop grande densité de plantules refusées comme, par exemple, *Crataegus monogyna*, l'espèce ligneuse la plus importante colonisant les pelouses calcaires (VERBEKE et LEJEUNE, 1996). La fauche annuelle a un impact plus fort sur la croissance végétale que deux fauches espacées de deux ans, quel que soit le groupement végétal et l'espèce considérée. Les ligneux supportent mal la fauche. On n'a ainsi jamais avantage à exploiter une biomasse vieille, ce qui est valable pour l'ensemble des plantes, mais encore plus dans le cas d'arbustes qui accumule beaucoup de biomasse chaque année. En effet, une exportation de biomasse vieillie aura une moins bonne répercussion sur la croissance que l'exportation d'une biomasse jeune, qui induira une croissance plus rapide de biomasse. Ainsi, toute forme d'exploitation (fauche, pâturage) a pour effet d'augmenter, ou pour le moins, d'entretenir à un niveau élevé la production nette, en rajeunissant, ou en maintenant " jeune " la biomasse exploitée (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1991).

La production annuelle de biomasse, mesurée par la coupe de 1997, indique que les individus ont une croissance sensiblement proportionnelle à leur biomasse de 1996. Plus les individus sont grands, plus les régénérations sont importantes. *Crataegus monogyna* du F.L.B. a une croissance annuelle deux fois moins importante que dans l'O.B.O.. Les milieux mésophiles sont plus propices à la croissance des arbustes. Mais les individus âgés de l'O.B.O. ne supportent pas du tout la coupe qu'ils ont subis et meurent après seulement deux ans de gestion. La régénération sur des organes âgés est, en effet, beaucoup moins importante que sur des organes jeunes. Deux stress successifs de cette nature peuvent entraîner la mort des individus.

Cornus sanguinea et *Rosa canina* sont les espèces qui résistent le mieux à la fauche. Leur capacité de régénération est importante. Les grandes tiges robustes sont remplacées par de nombreuses petites tiges couvertes de feuilles d'une taille presque toujours supérieure à celles des individus non fauchés.

La première coupe entraîne des modifications morphologiques plus importantes que la seconde. La seconde et la troisième coupe ont un impact globalement peu différent. La vitalité n'est pas complètement stoppée par la fauche de 1996 et 1997, sauf pour *Crataegus monogyna*, qui disparaît totalement comme on l'a vu. Par contre, la gestion homogénéise la taille des individus des différentes espèces dans les différents groupements. La croissance annuelle est assez faible après la première coupe. Une intervention de gestion tous les quatre ou cinq ans est suffisante pour juguler la progression des ligneux. Dans le cas d'un fourré, on fera attention à éliminer les nombreuses germinations arbustives qui interviennent après l'ouverture du milieu

2.9.1.2 Cas des herbacées

2.9.1.2a Dans le F.L.B.

La biomasse moyenne des individus évolue de manière très variée selon les espèces considérées. *Euphorbia cyparissias* a une biomasse moyenne des individus qui chute

considérablement quel que soit le mode de fauche choisi. La première coupe semble la plus néfaste à la croissance végétale. On ne retrouve par la suite que des individus à biomasse faible (0,14 et 0,15 g de matière sèche) qui ne fleurissent plus.

En ce qui concerne *Sanguisorba minor*, elle est favorisée par la fauche dans le F.L.B.. Les individus deviennent un peu plus vigoureux si on les fauche tous les ans ou tous les deux ans. C'est la seule espèce qui augmente. Pour les autres espèces (*Cirsium acaule, Linum tenuifolium* et *Seseli montanum*), leur biomasse moyenne est stable.

2.9.1.2b Dans l'O.B.T.

Dans l'O.B.T., la composition floristique est différente, *Agrimonia eupatoria* vient s'ajouter à la liste des plantes rencontrées. Cette plante est d'ailleurs très défavorisée par la fauche annuelle qui fait chuter sa biomasse moyenne de 90% et de 50% avec deux fauches espacées de deux ans. C'est la plante la plus défavorisée par la fauche. Puis, c'est *Cirsium acaule*, dont les biomasses moyennes baissent de 12% en moyenne avec une fauche annuelle ou tous les deux ans. Aucune espèce n'est favorisée par la fauche. Les autres espèces (*Sanguisorba minor, Seseli montanum, Linum tenuifolium, Achillea millefolium* et *Euphorbia cyparissias*) ont des biomasses moyennes sensiblement identiques quel que soit le type de fauche choisi.

Les différences entre la fauche annuelle et tous les deux ans sont très faibles pour la quasi-totalité des espèces, sauf pour *Agrimonia eupatoria*, qui ne supporte pas la fauche.

2.9.1.2c Dans l'O.B.O.

Dans ce groupement végétal, la fauche entraîne une diminution de la taille des individus, quel que soit le type de fauche choisi, pour la plupart des espèces (*Cirsium acaule, Sanguisorba minor, Seseli montanum, Linum tenuifolium, Euphorbia cyparissias* et *Achillea millefolium*) sauf pour *Agrimonia eupatoria* qui maintient la taille de ces individus si on la fauche tous les ans.

Le phénomène observé entre la morphologie des individus et l'impact de la fauche sur leur croissance est un phénomène général. Pour les plantes pérennes, plus les zones de croissance et les parties photosynthétiques sont accessibles à la faucheuse, plus la plante a de risque de réagir défavorablement à la fauche.

2.9.1.2d Discussions

Comme cela est le cas pour la plupart des perturbations induites par l'action de l'homme, la réaction des espèces est différente selon le groupement végétal. Dans l'ensemble, la fauche agit en réduisant la biomasse des individus, ce qui est négatif pour la croissance des plantes puisque les floraisons sont toujours moins abondantes, voire supprimées totalement pour certaines espèces (*Agrimonia eupatoria, Cirsium acaule* et *Euphorbia cyparissias*). Une surconsommation (ou une exportation trop importante de biomasse) fait régresser la biomasse végétale au-dessous de sa taille de plus grande croissance nette, entraînant une chute de la production et, si elle se maintient, la biomasse végétale régressera (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1991).

Cirsium acaule est l'espèce la plus sensible dans ce groupement, alors que la fauche était presque sans effet sur cette espèce dans les deux autres groupements. Ceci s'explique par la physionomie très particulière que prennent les individus dans les milieux ourléifiés. La

densification du tapis herbacé entraîne une élévation des feuilles vers la lumière qui sont habituellement plaquées contre le sol dans les milieux ouverts. La fauche à deux centimètres élimine ainsi beaucoup plus de biomasse dans les milieux ourléifiés que dans les milieux ouverts. La biomasse moyenne des individus baisse donc beaucoup plus rapidement dans les milieux ouverts, puis se stabilise une fois que les feuilles peuvent à nouveau se positionner à l'horizontal. La baisse de biomasse entre 1997 et 1998 (29%) est déjà moins importante qu'entre 1996 et 1997 (47%), car le milieu est plus ouvert en 1997 qu'en 1996. WELLS (1965) a montré, en effet, que *Cirsium acaule* et *Leontodon hispidus*, dans des milieux à forte compétition pour la lumière, passent d'un port couché à un port semi-dressé. Ceci s'accompagne d'une augmentation de la surface foliaire. Ces conditions entraînent la destruction du point de vue végétatif et les espèces peuvent disparaître. Par contre, *Asperula cynanchica*, qui garde un port prostré et qui est rapidement éliminé des pelouses lorsque la compétition devient forte, peut ainsi survivre et accroître sa vigueur lorsque la compétition des autres espèces est réduite (WELLS (1965).

2.9.1.3 Cas de Teucrium chamaedrys

L'écologie d'une seule espèce peut être tellement complexe qu'elle impose de tenir compte d'un grand nombre de facteurs différents. Nous allons tenter d'appréhender la réaction de *Teucrium chamaedrys* dans différents biotopes et différents modes de fauche en liaison avec les modifications des paramètres mésologiques.

2.9.1.3a Appareil végétatif

2.9.1.3a.1 Nombre de brins

Dans le F.L.B., nous notons une diminution du nombre total de brins de *Teucrium chamaedrys* par les deux types de fauches. Cette chute est beaucoup plus nette par une fauche annuelle (59,3% pour cette dernière contre 24,5% pour une fauche de deux ans). De plus, par cette fauche, nous pouvons constater que la deuxième fauche agit davantage sur le nombre de *Teucrium* que la première. En effet, cette perte est de 27,9% pour la première fauche et de 43,5% pour la deuxième.

Teucrium chamaedrys qui avait assez bien réagi à la première fauche a vu ses effectifs chuter presque de moitié la deuxième année. La fauche est néfaste au développement des *Teucrium chamaedrys* dans le F.L.B. et encore plus si elle est pratiquée tous les ans.

Dans l'O.B.T., l'évolution du nombre total d'individus par une fauche annuelle est différente de la précédente, car, dans un premier temps, le nombre a tendance à augmenter (14%), puis par la deuxième fauche, il chute de 26,5%. Entre 1996 et 1998, il y a au total une chute de 14,6%. L'aspect bénéfique de la première fauche a été contrecarré par une seconde intervention opérée trop tôt, qui n'a pas laissé le temps aux *Teucrium chamaedrys* de récupérer un fonctionnement optimal.

Cependant, par une fauche de deux ans, le nombre total de *Teucrium* chute également de 30%. Cette perte est plus importante que par une fauche annuelle. Deux fauches espacées de deux ans sont encore trop agressives pour qu'un impact positif sur leur développement soit constaté.

Nous pouvons également noter que, en 1998, le nombre total de *Teucrium* est sensiblement identique pour les deux types de fauche.

Dans l'O.B.O., contrairement aux deux groupements précédents, il y a une augmentation du nombre total d'individus, ceci par les deux types de fauches et dans des proportions identiques (+30,7% par une fauche annuelle et +32,4% par une fauche de deux ans). De plus, le gain en nombre total est régulier par la fauche annuelle, c'est-à-dire qu'il y a environ 18% de nombre supplémentaire entre 1996 et 1998. L'ouverture du milieu a permis un développement en nombre des individus, ceci malgré le stress imposé par la coupe à 2 centimètres des individus.

En Conclusion, L'évolution du nombre de brins de *Teucrium chamaedrys* est différente selon le groupement. La réaction est progressive entre le milieu le plus ouvert (F.L.B.) et le milieu le plus ourléifié (O.B.O.). On observe une chute du nombre d'individus dans les milieux ouverts alors qu'il augmente dans les milieux fermés, et ceci pour les deux types de fauches.

En fait, nous voyons que la fauche (aussi bien annuelle que tous les deux ans) a un impact très fort surtout sur le milieu le plus fermé puisqu'elle permet une augmentation marquée du nombre de pieds, plus mitigée dans l'O.B.T., et qu'elle a un effet négatif sur cette variable dans le groupement le plus ouvert qu'est le F.L.B..

Cette expérience montre à nouveau la dualité qui conditionne le développement des plantes dans notre expérience. Si le milieu est ouvert, héliophile et xérophile, il correspond à l'optimum de développement de *Teucrium chamaedrys*. La perturbation induite par la fauche aura un impact négatif sur leur croissance. Plus le milieu se ferme, plus les conditions de développement des *Teucrium chamaedrys* sont défavorables.

La fauche aura dans ce cas, un impact double. Elle va ralentir la croissance des individus car presque toute sa biomasse est éliminée, ce qui contribue à limiter la croissance des *Teucrium chamaedrys*. Au contraire, la fauche va favoriser *Teucrium chamaedrys* par l'ouverture du milieu qu'elle provoque, créant un habitat plus favorable à leur développement. Le bilan sera toujours la combinaison de ces deux phénomènes.

L'impact est positif dans les milieux ourléifiés pour les espèces de milieux ouverts. Il n'en serait pas de même des plantes d'ourlets qui régressent quel que soit le type de fauche et quel que soit le biotope.

2.9.1.3a. 2 En fonction de la biomasse totale

Dans le F.L.B. (figure 79a), la biomasse totale des *Teucrium chamaedrys* chute pour les deux types de fauche mais l'effet est plus marqué par une fauche annuelle. En effet, la perte de biomasse totale est de 42% par deux fauches espacées de deux ans alors qu'elle est de 73% par une fauche annuelle.

Ceci est lié, sans doute, au nombre d'individus qui diminue avec le temps entraînant une perte de biomasse. De plus, les individus changent de morphologie, c'est-à-dire qu'ils sont plus petits, moins feuillus et plus graciles après l'action de la fauche.

Dans l'O.B.T. (figure 79b), une diminution de la biomasse totale des *Teucrium* s'opère pour les deux types de fauche. Toutefois, contrairement au groupement précédent, cette chute est quasiment équivalente par les deux modes de fauches (59% par la fauche annuelle et 57% par la fauche de deux ans). Cependant, l'impact de la fauche réalisée en 1996 a été plus important que celui de la fauche de 1997. Il y a une perte de 50% par la première fauche et seulement 18% par

la deuxième. La production de biomasse en 1997 et sensiblement équivalente à la biomasse produite en 1998. La biomasse exploitée en 1996 correspondait à la production de matière de l'année 1996 et des feuilles et tiges formées les années précédentes.

Nous avons vu que le nombre de *Teucrium* augmentait dans ce groupement en 1997 (donc lors de la première fauche annuelle) alors que la biomasse chute. Les individus sont donc rendus plus frêles. En 1998, la diminution de biomasse est plus faible qu'en 1996 et 1997 mais le nombre total d'individus est moins grand qu'en 1996. Il semblerait donc que les individus ont eu une croissance un peu plus importante en 1998 qu'en 1997.

Par une fauche de deux ans, le nombre total chute peu par rapport à la biomasse et donc les *Teucrium* sont plus petits, surtout moins feuillus, comme on a pu le constater sur le terrain.

Dans l'O.B.O. (figure 79c), la perte de biomasse totale est remarquable pour les deux types de fauche bien qu'elle soit quelque peu plus marquée pour la fauche annuelle (34% contre 21% par deux fauches espacées de deux ans). Plus la fauche est fréquente, plus la biomasse des *Teucrium chamaedrys* diminue. De même que dans l'O.B.T., la biomasse chute alors que le nombre d'individus croît. La même conclusion peut en être tirée.

En conclusion, une exportation d'une partie de la biomasse à un certain stade de sa croissance, la fait régresser (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1991). En ce qui concerne la fauche annuelle, la diminution de biomasse est plus ou moins régulière dans le F.L.B. et l'O.B.O. et plus rapide, dans l'O.B.T. De plus, nous avons presque toujours la même biomasse en 1996 dans les trois groupements (environ 16 g/m^2), pour les carrés qui ont été fauchées annuellement. Les organes souterrains des graminées sociales ont une teneur en azote et en phosphore minimum en été. Il en est peut-être de même pour *Teucrium chamaedrys*, car une fauche à cette période aboutit à un net affaiblissement de cette plante (BOBBINK et WILLEMS, 1991). Lorsque la végétation est dense, l'ombrage apporté par les plantes environnantes peut conduire certaines espèces à adopter un port dressé, avec pour conséquence une perte plus grande d'organes aériens en cas de fauche.

2.9.1.3a. 3 Impact sur la taille des brins

La taille des individus (figure 80) est un élément déterminant pour l'obtention de la capacité à fleurir. En 1996, les *Teucrium chamaedrys* des milieux ourléifiés ont une hauteur moyenne nettement supérieure à ceux des milieux ouverts. La comparaison des résultats en tenant compte de la biomasse des tiges et de leur longueur ont donné des résultats identiques. L'A.C.P. le confirme. Seuls les résultats des longueurs de tiges sont présentés.

Dans le F.L.B., nous pouvons noter une chute de la hauteur des *Teucrium chamaedrys* par les deux types de fauche, avec, cependant, un effet plus marqué par une fauche annuelle. En effet, cette dernière occasionne une perte de 70% de la hauteur initiale alors que la fauche réalisée tous les deux ans ne fait perdre que 41% de leur hauteur aux individus. Nous pouvons aussi observer que la première coupe, dans la fauche annuelle, a un effet plus marqué que la deuxième, avec presque le double de perte (57% par la première fauche et 30% par la deuxième). Les individus non fauchés en 1997 ont commencé à reprendre leur place dans le biotope, ce qui n'était pas possible pour les *Teucrium chamaedrys* fauchés à nouveau en 1997.

De plus, nous constatons que la hauteur en 1996 est peu importante. Dans un milieu relativement ouvert, les individus n'ont pas besoin de se développer énormément en hauteur pour atteindre la lumière indispensable à leur croissance.

Dans l'O.B.T., de même que précédemment, les deux fréquences de fauches provoquent une chute brutale de la hauteur moyenne des brins de *Teucrium chamaedrys*. Cependant, la perte entre 1996 et 1998 est presque identique par les deux types de fauche puisque, par la fauche annuelle, elle est de 63,5%, et par deux fauches espacées de deux ans, elle est de 56,9%. Nous constatons que cette légère différence aboutit au fait que, en 1998, les hauteurs sont presque les mêmes (3,55 cm et 3,2 cm respectivement), alors qu'il y avait une différence de 2,3 cm en 1996.

Comme dans le F.L.B., lors d'une fauche annuelle, l'impact de la première fauche est beaucoup plus grand que celui de la deuxième, avec respectivement 55% de perte la première année et 17% la seconde.

Dans l'O.B.O., les mêmes observations que pour l'O.B.T. peuvent être faites. En effet, nous notons une diminution de hauteur de 64% par deux fauches espacées de deux ans et de 76% par la fauche annuelle. Cependant, en 1998, il y a tout de même une différence de 1 cm, à la faveur des parcelles fauchées tous les deux ans, entre les hauteurs par les deux fréquences de fauches. En 1996, cette différence était de 1,8 cm, à la faveur des parcelles fauchées annuellement.

En ce qui concerne la fauche annuelle, la première coupe entraîne une perte de 64% en hauteur et la deuxième une chute de 34%. C'est donc la première coupe qui a l'impact le plus négatif sur la hauteur. Ceci s'explique par la taille importante des individus, qui se sont adaptés à la forte densité de Brachypode, en produisant au cours du temps une biomasse végétative importante leur permettant de supporter la concurrence des graminées sociales. La fauche a fortement modifié cet équilibre et les résultats obtenus en 1997 correspondent à la croissance d'une seule année de végétation.

En conclusion, nous pouvons voir que, en l'absence de fauche (données de 1996), la hauteur des *Teucrium chamaedrys* augmente avec la fermeture du milieu. Elle passe en effet du simple au double (5,94 cm dans le F.L.B. à 11,01 cm dans l'O.B.O.). Par contre, après les fauches (en 1998), les écarts de hauteurs entre les trois groupements deviennent nettement plus faibles. Cependant, en 1997, après la première fauche, les *Teucrium chamaedrys* des milieux ourléifiés sont toujours un peu plus grands que ceux des milieux ouverts, mais les différences sont devenues minimes. MORGAN (1997) indique que l'implantation du Brachypode s'accompagne de changement de la morphologie des plantes, par exemple des rameaux plus allongés, un port plus grêle. La fauche de ces plantes est d'autant plus efficace que les individus sont dressés et grêles. Elle contribue à harmoniser la taille des individus.

2.9.1.3a. 4 Impact sur la biomasse des feuilles

Dans le F.L.B. (figure 81), nous constatons des différences d'évolution par les deux types de fauches. Une augmentation de la biomasse de feuilles par deux fauches espacées de deux ans de 14% est constatée, alors qu'une fauche annuelle entraîne une perte de 46% entre 1996 et 1998, avec une chute de biomasse de 40% par la première fauche et une perte de 10% seulement, par la deuxième. La fauche de 1997 a affaibli la plante en réduisant encore sa capacité photosynthétique.

La fauche a un impact significatif positif sur la production de feuilles, dans la mesure où elle est pratiquée tous les deux ans. C'est le seul aspect positif que l'on peut trouver à la fauche dans le F.L.B.

Dans l'O.B.T. (figure 81), contrairement au F.L.B., quelle que soit la fréquence de fauche, la biomasse de feuilles chute dans les mêmes proportions. En effet, deux fauches espacées de deux ans induisent une perte de 18% et la fauche annuelle une chute de 22%, avec la première année 18% de perte et 5% la deuxième année.

L'O.B.O. (figure 81) présente les mêmes caractéristiques que l'O.B.T., avec 25% de perte de biomasse foliaire par deux fauches espacées de deux ans et 35% par la fauche annuelle. Cependant, contrairement au groupement précédent, c'est la deuxième fauche qui agit légèrement plus sur les feuilles avec 21% contre 18% par la première fauche.

En conclusion, nous pouvons constater que l'évolution de la biomasse de feuilles est la même quels que soient le groupement et la fréquence de fauche, à l'exception du F.L.B. deux années après une fauche qui montre une augmentation de la biomasse, ce qui correspond sans doute à un artefact ou à une erreur de mesure, car ce résultat va à l'encontre de tous les autres. Dans les trois groupements, la biomasse foliaire est en moyenne sensiblement la même, en 1996. Les feuilles sont moins nombreuses, mais de taille plus importante. Par contre, en 1998, seuls les groupements fermés conservent cette caractéristique.

L'impact de la fauche sur les feuilles est plus faible que pour les tiges. Pourtant, les feuilles et les fleurs, chez les *Orchidées,* peuvent être compromises par le fauchage durant la période estivale. Les brins de *Teucrium chamaedrys* sont plus petits, mais ils ont des feuilles plus grandes et plus nombreuses sur les tiges.

2.9.1.3b Appareil reproducteur

Les placettes de mesures sont installées sur un ancien terrain de pâture et l'on sait que l'abandon du pâturage s'accompagne, dans un premier temps, d'une explosion des floraisons et de l'apparition de nombreuses espèces. Ceci s'accompagne de la présence d'une faune anthophile importante. Puis, les arbustes commencent à germer, les graminées sociales, d'abord dispersées, forment un tapis continu et dense, entraînant la fermeture plus ou moins rapide du milieu.

L'abondance des floraisons conditionne la quantité de graines produites. On sait que la plupart des graines des plantes de pelouses calcicoles ont une durée de vie courte et la présence de floraisons est indispensable au renouvellement, à court terme, des populations (DUTOIT et ALARD, 1996). La faible viabilité des graines de certaines espèces de pelouses calcaires, associée à leur faible pouvoir de dissémination, serait en rapport avec les stratégies d'établissement de quelques-unes unes de ces espèces où dominent les mécanismes de reproduction asexuée sur la régénération par voie sexuelle (VERKAAR *et al.*, 1983). La banque de graines des pelouses calcicoles est un mauvais indicateur prédictif de son évolution (MILBERG & PERSSON, 1994) et présente peu d'intérêt pour la restauration des pelouses diversifiées (BULLOCK *et al.*, 1994a ; SCHOPP-GUYH *et al.*, 1994 ; DUTOIT et ALARD, 1996). Dans le cas d'une restauration d'une pelouse à partir d'une pelouse amendée, l'étude de GUGGERLI (1993) indique qu'une analyse du stock de graines ne montre aucune part significative de semences actives de pelouses sèches.

Nous allons étudier successivement (figure 82 a à c), l'impact de la fauche annuelle et tous les deux ans sur le nombre de pieds fleuris, la hauteur des pieds fleuris et la biomasse moyenne des inflorescences.

2.9.1.3b.1 Impact sur le nombre de pieds fleuris

On sait qu'un fauchage en juillet-août est recommandé, bien qu'il empêche la fructification d'espèces automnales comme *Gentinella germanica, G. campestris* et *Parnassia palustris* (DUVIGNEAUD, *et al.*, 1982). Dans notre étude, notre objectif premier est d'expérimenter des moyens de limitation de la progression des graminées sociales, mais nous avions aussi pour objectifs d'étudier les effets sur l'ensemble des autres espèces. Cette étude présente l'impact d'une fauche estivale sur l'abondance des floraisons.

Dans le F.L.B., nous pouvons constater une chute du nombre de pieds fleuris par les deux types de fauche. Elle est de 83% par la fauche annuelle et de 95% par une fauche réalisée tous les deux ans. De ce fait, les pieds fleuris disparaissent quasiment par cette fauche. Il n'y a pas de différence entre les deux fauches : la perte de nombre est de 52.3% la première année et de 65.3% la deuxième. La fauche stoppe presque entièrement la floraison des *Teucrium* vivant dans les milieux ouverts, alors qu'elle entraîne seulement un affaiblissement des parties végétatives.

Dans l'O.B.T., les *Teucrium chamaedrys* fleuris réagissent différemment en nombre selon la fréquence de fauche. La fauche réalisée tous les deux ans provoque une perte de 84% alors qu'une fauche annuelle induit, lors de la première fauche, un développement à 18% puis, lors de la deuxième fauche, une chute du nombre de 73%. De ce fait, entre 1996 et 1998, la perte de pieds de *Teucrium* est atténuée de 67%. La fauche de 1996 a eu, par l'ouverture du milieu qu'elle provoque, un impact positif sur la floraison de 1997. Mais, la seconde fauche a eu des répercutions, sans doute favorables pour les *Teucrium* sur le milieu, mais qui ont fortement limité l'apparition de fleurs. L'arrêt de la fauche aura sans doute des conséquences très favorables sur les floraisons de *Teucrium chamaedrys* durant l'été de l'an 2000 et les années suivantes. L'impact défavorable de la fauche de 1996 sur les parcelles fauchées deux fois est encore très net sur le milieu en 1998, mais l'absence d'intervention se traduira par un impact favorable sur la croissance et la floraison des plantes. Néanmoins, les trois stress subis peuvent entraîner la mort de certains individus.

L'O.B.O. montre une réaction des *Teucrium chamaedrys* encore différente des deux autres. En effet, par une fauche en 1996 et 1998, nous pouvons noter une augmentation du nombre de brins fleuris de 21%. Avec une fauche annuelle, la première intervention réalisée induit une augmentation de 39,7% puis la deuxième réduit ce nombre de 18,2%. Le résultat final est que, par rapport à 1996, il y a encore une augmentation du nombre de pieds de 26,3%.

Comme nous l'avions déjà constaté, la fauche de l'O.B.O., est beaucoup plus intéressante pour les espèces xéro-thermophiles que celle pratiquée dans les autres groupements. On confirme qu'en plus de provoquer une augmentation du nombre d'individus, la fauche permet de faire croître les floraisons.

En conclusion, le nombre de *Teucrium chamaedrys* diminue avec la fermeture du milieu. On passe, en moyenne, de 85 individus fleuris/m^2 dans le F.L.B. à seulement 9 dans l'O.B.O.. La fauche réduit considérablement les floraisons et contribue fortement à harmoniser ces résultats. Dans les pelouses mésophiles, l'élimination de l'ombrage a un effet beaucoup moins spectaculaire sur la flore que dans les pelouses xériques. En effet, seules quelques espèces

héliophiles, qui végétaient à l'ombre des arbres, refleurissent après la coupe (DELESCAILLE, *et al.*, 1991). C'est le contraire dans notre expérience, où les floraisons baissent considérablement dans les milieux ouverts et augmentent dans les milieux fermés.

Plusieurs autres expériences de gestion conservatoire par la fauche ont eu un impact sur la floraison. Une fauche estivale a montré l'année suivante une floraison plus importante pour *Viola hirta, Potentilla neumanniana, Teucrium chamaedrys, Lotus corniculatus* et *Bupleurum falcatum* et des pics moins marqués pour *Genistella sagittalis* et pour *Helianthemum nummularium* (DELESCAILLE, *et al.*, 1991). En 1989, un mois après une fauche estivale, et malgré un été sec, la plupart des espèces fleurissent ou refleurissent, hormis *Teucrium chamaedrys* dont certains boutons floraux ont été endommagés, la plupart des espèces de faible taille ont profité du fauchage (*Cirsium acaule, Leontodon hispidus* et *Campanula rotundifolia).*

Les groupements végétaux ne réagissaient pas de la même manière selon la fréquence de fauche. Avec une fauche annuelle, le nombre de *Teucrium chamaedrys* fleuris diminue dans le F.L.B. et l'O.B.T. alors qu'il augmente dans l'O.B.O. En Belgique, après une année de fauche, diverses espèces *(Veronica prostrata, Hippocrepis comosa, Globularia bisnagarica, Allium sphearocephalon*, etc) présentes à l'état végétatif, se sont fortement développées et ont fleuri l'année suivante (DELESCAILLE *et al.*, 1991). Le fauchage, en effet, peut donner une pelouse très richement fleurie pendant une longue partie de l'année (VERBEKE & LEJEUNE, 1996), si elle est réalisée avec une fréquence supérieure à deux ans. Le groupement végétal a, dans ce cas, une grande importance non seulement dans l'amplitude de la réponse biologique, mais aussi dans la nature de la réponse.

2.9.1.3b.2 Impact sur la hauteur des brins fleuris

Dans le F.L.B., nous pouvons constater une diminution de la hauteur des Teucrium chamaedrys fleuris par les deux types de fauches. Une perte plus grande par la fauche annuelle est constatée. Celle-ci occasionne une diminution de la hauteur de 53% lors de la première fauche et de 40% lors de la deuxième. De ce fait, entre la première et la dernière année, il y a eu une chute de 72.5% de la hauteur. De plus, comme nous l'avons vu pour les individus pris en totalité, les hauteurs sont peu élevées en 1996. La lumière pénètre plus près du sol. Par deux fauches espacées de deux ans, la perte n'est que de 34.5%. Deux fauches espacées de deux ans sont moins néfastes qu'une fauche tous les ans.

Dans l'O.B.T., la diminution de la hauteur occasionnée par les deux fréquences de fauches est du même ordre de grandeur. La fréquence des fauches est sans importance sur l'évolution de la morphologie des *Teucrium chamaedrys* fleuris. En effet, la baisse est de 58% deux années après une fauche et de 60% après deux fauches annuelles. Comme nous l'avons vu précédemment, la perte imputable à la première fauche est plus importante que celle que l'on attribue à la deuxième (respectivement 52% et 18%).

L'O.B.O. présente le même phénomène que le F.L.B. et l'O.B.T., dans le sens où les deux modalités de fauche font chuter la hauteur des individus, mais dans des proportions plus importantes. En effet, deux fauches espacées de deux ans réduisent de 70% la hauteur des *Teucrium chamaedrys* et la fauche annuelle de 80%. De plus, la différence d'impact entre les deux fauches est moins grande que dans l'O.B.T. (avec 63% et 46%).

En conclusion, l'évolution par la fauche de la hauteur des brins fleuris montre des résultats identiques dans les trois groupements végétaux. La fauche entraîne une diminution de la

hauteur des brins. Pourtant, comme nous l'avons déjà vu, en l'absence de fauche, la hauteur des pieds fleuris augmente avec la fermeture du milieu. Mais, en 1998, les fauches ont eu tendance à harmoniser les hauteurs dans les trois groupements. En fait, la diminution de hauteur du couvert végétal a permis aux individus d'éviter de croître en hauteur avant de pouvoir fleurir.

La fauche réduit énormément la biomasse végétale disponible et simplifie beaucoup la structure de la végétation en réduisant la hauteur des individus. La simplification des structures de végétation a sans doute de graves conséquences sur les zoocoénoses.

Ceci explique en partie l'augmentation du nombre de pieds fleuris que nous avons constatée dans le paragraphe précédent. Des individus plus petits sont capables de fleurir, ce qui était presque exclu dans un milieu fermé.

2.9.1.3b.3 Impact sur la biomasse moyenne des fleurs

Dans le F.L.B. (figure 84), nous constatons une chute de la biomasse moyenne des fleurs. Cependant, cette perte est beaucoup plus importante par la fauche annuelle (68,8%) que par la fauche réalisée tous les deux ans (38,9%). De ce fait, comme la biomasse initiale est presque la même en 1996, la différence entre les deux fréquences de fauches est très marquée en 1998. Des fauches effectuée en 1996, 1997 et 1998 entraînent une biomasse moyenne des inflorescences de 84 mg alors qu'elle est de 162 mg par des fauches effectuées seulement en 1996 et 1998 . Une fauche annuelle, dans le F.L.B. limite la production de fleurs de manière plus significative qu'une fauche réalisée tous les deux ans. C'est la première fauche qui a le plus d'impact sur la biomasse des inflorescences car elle provoque une perte de 51% alors que la deuxième n'agit qu'à hauteur de 36%.

Dans l'O.B.T., la fauche agit sur ce groupement en réduisant la biomasse de fleurs mais de façon plus modérée et dans les mêmes proportions quelle que soit la fréquence des coupes (12,5% par la fauche de deux ans et 12,3% par la fauche annuelle). La fauche annuelle a peu d'impact, la biomasse diminue seulement de 3,9% la première année et diminue de 8,8% la seconde. Donc, dans ce groupement, la fauche, quelle que soit sa fréquence, a peu d'effet sur la biomasse des floraisons.

Dans l'O.B.O. (figure 84), les effets de la fauche sur ce groupement sont du même ordre de grandeur que dans le F.L.B. En effet, les biomasses florales diminuent de 42,9% par deux fauches espacées de deux ans et de 48,3% par une fauche annuelle. La biomasse initiale, dans les deux types de placettes, est identique. Cependant, la perte de biomasse entre la première et la deuxième fauche est identique.

En Conclusion, la biomasse de fleurs est relativement indépendante de l'ouverture du milieu. Le type de fauche a aussi une action très faible. Les résultats obtenus dans les trois groupements, en fauchant annuellement ou tous les deux ans sont quasi identiques.

En 1996, la biomasse moyenne des inflorescences dans le F.L.B. et dans l'O.B.O. est identique. Elle est un peu inférieure dans l'O.B.T. Nous pouvons donc en déduire que dans le groupement le plus fermé, il y a beaucoup moins de fleurs puisque les pieds fleuris sont bien moins nombreux dans ce groupement que dans le F.L.B. Dans l'O.B.T., les individus fauchés tous les deux ans sont moins fleuris que ceux qui sont coupés tous les ans.

En 1998, dans le F.L.B., deux ans après une fauche, il y a peu d'individus fleuris mais ils ont une très forte biomasse de fleurs, alors qu'après deux fauches annuelles, les pieds sont plus nombreux mais moins fleuris. Nous pouvons de même en déduire que les *Teucrium chamaedrys* de l'O.B.T. « fauchés tous les ans » et ceux de l'O.B.O. « fauchés tous les deux ans » sont plus fleuris que ceux, respectivement, de l'O.B.T. fauchés tous les deux ans et ceux de l'O.B.O. fauchés tous les ans.

On aurait pu penser que des *Teucrium chamaedrys* stressés par la fauche ou vivant dans les milieux ourléifiés auraient des biomasses florales inférieures à ceux poussant dans de bonnes conditions. Ces résultats font apparaître qu'il existe un lien entre le nombre de brins fleuris, mais que la biomasse consacrée à la floraison est indépendante du milieu de vie et des pratiques de gestion proposées.

2.9.1.3b.4 Evolutions des rapports entre feuilles, tiges et fleurs

La figure 85 indique les fréquences relatives de biomasses de feuilles, fleurs, et tiges, entre les trois groupements selon le mode de fauche choisi. Elle permet de comprendre la réaction globale des individus de *Teucrium chamaedrys* sous l'action de la fauche.

Dans le F.L.B., par la fauche annuelle, nous obtenons les pourcentages relatifs suivants :

- la première année : 13,8% de biomasse de fleurs, 32,6% de biomasse de tiges et 53,6% de biomasse de feuilles,
- la deuxième année : 14% de biomasse de fleurs, 20,5% de biomasse de tiges et 65,5% de biomasse de feuilles,
- la troisième année : 10,9% de biomasse de fleurs, 16,7% de biomasse de tiges et 72,4% de biomasse de feuilles.

Dans le F.L.B., la biomasse de feuilles prend de l'importance au dépend de celles des tiges et des fleurs, qui après la première fauche se maintient autour de 14% de la biomasse totale. La fauche modifie la morphologie des individus qui passe de *Teucrium chamaedrys* de grandes tailles et bien fleuris à des *Teucrium chamaedrys* de petites tailles, très feuillés et moins fleuris.

Par deux fauches espacées de deux ans, les pourcentages des différentes biomasses sont les suivants :

- la première année : 18,2% de biomasse de fleurs, 26,5% de biomasse de tiges et 55,3% de biomasse de feuilles,
- la deuxième année : 12% de biomasse de fleurs, 18% de biomasse de tiges et 70% de biomasse de feuilles,

Dans le F.L.B., les effets de deux fauches espacées de deux ans sont presque identiques à la fauche annuelle, car une augmentation sensible de la biomasse des feuilles est constatée. Suite à un stress, les plantes produisent, dans un premier temps, beaucoup de feuilles afin de retrouver un système aérien bien développé.

Dans l'O.B.T., les différents pourcentages obtenus par une fauche annuelle sont les suivants :

- la première année : 11,7% de biomasse de fleurs, 36,1% de biomasse de tiges et 52,2% de biomasse de feuilles,
- la deuxième année : 16,4% de biomasse de fleurs, 21,4% de biomasse de tiges et 62,2% de biomasse de feuilles,
- la troisième année : 16% de biomasse de fleurs, 20,8% de biomasse de tiges et 63,2% de biomasse de feuilles,

Dans l'O.B.T., les biomasses étudiées évoluent au cours du temps. Avec une fauche annuelle, la biomasse de feuilles augmente dans un premier temps, puis se stabilise autour d'une valeur moyenne de 55%. La biomasse consacrée à la floraison augmente de la même manière. Elle passe de 11% à 16% en deux ans. Enfin, la biomasse des tiges diminue fortement la première année, pour se stabiliser autour d'une valeur de 20%. Au contraire du F.L.B., la modification des rapports entre les trois organes ne se fait pas au seul profit des feuilles, mais également des fleurs, qui se développent de 40% entre 1996 et 1998. A nouveau, la fauche permet de réduire l'importance des tiges de chaque brin.

Les pourcentages des différentes biomasses par deux fauches espacées de deux ans sont les suivantes :

- la première année : 9,6% de biomasse de fleurs, 40,3% de biomasse de tiges et 50,1% de biomasse de feuilles,
- la deuxième année : 13,1% de biomasse de fleurs, 23,1% de biomasse de tiges et 63,8% de biomasse de feuilles.

Par la fauche réalisée tous les deux ans, nous pouvons aussi voir que les pourcentages des biomasses de feuilles et de fleurs augmentent alors que celui des tiges baisse de presque moitié. Ces résultats confirment ce que l'on avait observée en pratiquant une fauche annuelle.

Aucune différence nette n 'est observée entre la fauche annuelle et deux fauches espacées de deux ans. Les individus sont donc plus petits et proportionnellement plus feuillus et plus fleuris.

Dans l'O.B.O., les différents pourcentages, par une fauche annuelle, sont :

- la première année : 11% de biomasse de fleurs, 50,4% de biomasse de tiges et 38,6% de biomasse de feuilles,
- la deuxième année : 16,3% de biomasse de fleurs, 23,2% de biomasse de tiges et 60,5% de biomasse de feuilles,
la troisième année : 15% de biomasse de fleurs, 19,3% de biomasse de tiges et 65,7% de biomasse de feuilles,

Dans l'O.B.O., nous constatons que les feuilles prennent de plus en plus d'importance au cours du temps. Elles passent quasiment du simple au double en deux ans. Cette évolution se fait au dépend des tiges, qui sont presque trois fois plus petites en 1996. La biomasse des fleurs se stabilise autour de 16% après la première fauche qui leur est favorable.

Les pourcentages relatifs aux différentes biomasses dans le cadre d'une fauche tous les ans sont les suivants :

- la première année : 12% de biomasse de fleurs, 43,4% de biomasse de tiges et 44% de biomasse de feuilles,
- la deuxième année : 13,6% de biomasse de fleurs, 24% de biomasse de tiges et 62,3% de biomasse de feuilles.

Par la fauche réalisée tous les deux ans, nous pouvons voir que la proportion de la biomasse de fleurs reste stable, alors que celle des tiges chute et que celle des feuilles augmente.

En conclusion, dans l'O.B.O., le rapport entre tiges, feuilles et fleurs est identique que l'on fauche deux fois ou trois fois en trois ans. Les fleurs ont un peu moins progressé avec deux fauches espacées de deux ans, mais aucune action spécifique de la fauche annuelle ne peut être mise nettement en évidence.

La biomasse consacrée à la floraison est comprise entre 9,6 et 18,2% de la biomasse totale de la plante. Elle semble indépendante du groupement végétal, mais évolue sous l'action de la fauche. Son importance diminue dans les placettes fauchées du F.L.B. et augmente légèrement dans les parcelles fauchées de l'O.B.O. et de l'O.B.T.

La biomasse consacrée aux feuilles varie de 38,6% à 72,4%. Les *Teucrium chamaedrys* des milieux ouverts semblent consacrer la biomasse la plus importante aux feuilles. Ces chiffres reflètent simplement la biomasse consacrée aux tiges qui est beaucoup plus faible dans les milieux ouverts, ce qui fait prendre de l'importance aux feuilles.

La biomasse minimale consacrée aux tiges est de 16,7% dans le F.L.B. et la valeur maximale est de 50,38% dans l'O.B.O. Cependant, au contraire des tiges et des feuilles, la biomasse des tiges n'est pas le reflet de l'énergie consacrée annuellement à sa formation, car ses structures sont pérennes. Les chiffres de 1996 sont le reflet de plusieurs années de croissance, surtout dans les milieux ourléifiés. En considérant que la biomasse des tiges obtenue en 1997 correspond à la biomasse produite en une année, on peut calculer le temps pour former la biomasse de tiges exploitée en 1996. Dans le F.L.B., il est de 3,2 années (635/196). Dans l'O.B.T., il est de 2,4 années (655/266) et il est de 4,1 années (1274/307) dans l'O.B.O. Cette valeur augmente entre le F.L.B. et l'O.B.O., d'autant plus que les modifications induites par la fauche de 1996 ont contribué à augmenter la production végétale annuelle des ourlets et à diminuer celle du F.L.B.

La fauche permet un rajeunissement des individus. Elle permet une élimination des tiges âgées, un développement accru des feuilles favorisant une floraison plus abondante des brins. Si l'on considère les rapports entre feuilles, fleurs et tiges, la fauche apparaît comme bénéfique à la morphologie des populations de *Teucrium chamaedrys*, quel que soit le groupement et quelle que soit la fréquence des fauches.

2.9.1.3b.5 Conclusion de l'impact de la fauche sur Teucrium chamaedrys

La fauche a un impact sur la morphologie de l'appareil végétatif et reproducteur de *Teucrium chamaedrys*, ce dernier étant différent selon la fréquence des coupes et le groupement végétal considéré. Le nombre d'individus et la biomasse totale de *Teucrium chamaedrys* augmentent dans les milieux ourléifiés et diminuent dans les milieux ouverts. La fauche entraîne une réduction importante de la taille des *Teucrium chamaedrys* des milieux ourléifiés et une diminution plus faible dans les milieux ouverts. La biomasse exportée chaque année est plus importante dans les milieux ourléifiés. Les brins de *Teucrium chamaedrys* sont plus petits, mais

ils ont des feuilles plus grandes et plus nombreuses sur les tiges. Les fauches ont eu tendance à harmoniser les hauteurs dans les trois groupements. L'impact de la fauche est plus faible sur les feuilles que sur les tiges.

Les fleurs ont un peu moins progressé avec deux fauches espacées de deux ans, mais aucune action spécifique de la fauche annuelle ne peut être mise nettement en évidence. La biomasse des inflorescences est indépendante de l'ouverture du milieu. Le type de fauche a aussi une action très faible. Les résultats obtenus dans les trois groupements, en fauchant annuellement ou tous les deux ans sont quasi identiques. La fauche réduit considérablement les floraisons et contribue fortement à harmoniser ces résultats. La fauche entraîne une diminution de la hauteur des brins. Avec une fauche annuelle, le nombre de *Teucrium chamaedrys* fleuris diminue dans le F.L.B. et l'O.B.T. alors qu'il augmente dans l'O.B.O.

Cette expérience montre à nouveau la dualité qui conditionne le développement des plantes. Selon WILLEMS et BIK (1991), les conditions requises pour la floraison de la plupart des espèces associent les facteurs internes (l'aptitude à fleurir serait dépendante de la taille et du nombre de feuilles de la rosette de la plante) et les facteurs externes (climatologie, ensoleillement, hydrométrie). Si le milieu est ouvert, héliophile et xérophile, il correspond à l'optimum de développement de *Teucrium chamaedrys*. La perturbation induite par la fauche aura un impact négatif sur leurs croissances. Plus le milieu se ferme, plus les conditions de développement des *Teucrium chamaedrys* se dégradent et plus la fauche deviendra favorable aux plantes xéro-thermophiles.

Conclusions sur la gestion par la fauche

L'action de la fauche perturbe les équilibres établis entre les communautés végétales. Les pelouses fauchées ont une structure de végétation différente des pelouses pâturées, mais elles sont aussi riches floristiquement. Les espèces sont indépendantes les unes des autres au niveau de leurs exigences et de leurs conditions de développement propres. On sait aussi que chaque espèce réagit différemment face à une contrainte écologique. Ceci n'exclut pas les nombreuses interactions qui existent entre les différents taxons de la communauté. La prédiction de la composition des habitats fauchés est dans la plupart des cas possibles, sauf pour certaines espèces, dont la présence et l'abondance ne semblent pas sous la dépendance des caractéristiques que nous avons pris en compte dans cette étude. Par exemple, certains facteurs (cycles pluriannuels des espèces, déroulement des phénophases) masquent l'influence d'autres facteurs environnementaux.

L'étude que nous avons entreprise montre que des liens très étroits unissent certaines espèces de pelouses. Dans certains cas, ce sont des antagonismes, dans d'autres des associations. La richesse taxinomique, ainsi que le nombre total d'individus est maximal dans les milieux les plus ouverts du *Festuco lemanii-Brometum*.

La fauche réduit la biomasse des graminées, surtout celles du Brachypode et de la Fétuque. La production annuelle des Graminées est assez faible après la première coupe. Une intervention de gestion tous les quatre ou cinq ans est suffisante pour juguler la progression des ligneux. Dans le cas d'un fourré, on fera attention à éliminer les nombreuses germinations arbustives qui interviennent après l'ouverture du milieu.

D'une manière générale, les hémicryptophytes sont quasi indifférents à la fauche. Les thérophytes sont de plus en plus nombreux et leur biomasse totale augmente sous l'effet des

fauches, tandis qu'ils sont de plus en plus grêles. En ce qui concerne les chaméphytes, leur nombre augmente un peu, mais leur biomasse chute fortement. Les hémicryptophytes, résistent beaucoup mieux à la fauche que les chaméphytes, mais moins bien que les thérophytes. La fauche annuelle des ligneux a un impact plus néfaste sur la croissance végétale que deux fauches espacées de deux ans, quel que soit le groupement végétal et l'espèce considérée. Les ligneux supportent mal la fauche.

La nécromasse augmente avec la fermeture du milieu et ceci pour les trois années dans les trois groupements. L'exportation de nécromasse est identique pour les deux fréquences de fauches dans le F.L.B. et l'O.B.O., mais, dans l'O.B.T., cette perte est moins importante par la fauche réalisée tous les deux ans que la fauche annuelle. La fréquence des interventions est presque sans effet sur l'accumulation de nécromasse.

La fauche a un impact sur la morphologie de l'appareil végétatif et reproducteur de *Teucrium chamaedrys* ; ce dernier est différent selon la fréquence des coupes et le groupement végétal considéré. La fauche, tout en permettant un développement et un rajeunissement des *Teucrium chamaedrys* en nombre de pieds, agit de façon très négative sur la floraison. Des interventions fréquentes sont seulement souhaitables dans l'O.B.O.

Compte tenu que les différences sont faibles entre une fauche annuelle et deux fauches espacées de deux ans et que les quantités de travail sont deux fois plus importantes dans le second cas, on est incité à penser qu'une intervention tous les deux ans est préférable à une intervention tous les ans. Elle devra être effectuée en été, à 2 cm et uniquement dans l'O.B.T. et l'O.B.O.. Dans le F.L.B., la fauche, même pratiquée tous les deux ans, n'est pas souhaitable. Plus le milieu est fermé, plus l'impact de la fauche est positif sur les populations végétales xéro-thermophiles. L'action néfaste de la fauche est jugulée par les possibilités de développement qui sont offertes aux espèces. Pour la fauche du F.L.B., le but recherché sera de conserver le biotope dans un état optimal.

Chapitre 16 : L'impact du pâturage sur les pelouses calcicoles

1. Introduction

En l'absence de pâturage ovin, les pelouses xériques peuvent conduire à des pelouses denses dominées par des Graminées sociales (*Brachypodium pinnatum, Bromus erectus*, par exemple) (TANSLEY et ADAMSON, 1926). Le pâturage est, en effet, à l'origine d'une déviation de la succession, qui initie des phases successionelles possédant une inertie remarquable face aux changements évolutifs (DUTOIT, 1995).

Notre choix s'est orienté vers le pâturage pour plusieurs raisons. Le pâturage est l'un des meilleurs moyens de gestion traditionnelle des pelouses calcicoles (WILLEMS, 1983 ; PETIT, 1984 ; BOBBINK et WILLEMS, 1988). Les ovins semblent plus aptes que les bovins à entretenir les pelouses calcicoles (GRANT, 1985). Il en est de même aux Pays-Bas, où l'étude menée par WILLEMS (1983), effectuée dans la réserve naturelle de Gerendal, montre que le pâturage par des ovins constitue la meilleure méthode de gestion pour les pelouses calcaires. Il indiquait un grand nombre d'espèces typiques des pelouses calcicoles.

De plus, le pâturage par les moutons et les chèvres a donné naissance à la plupart des pelouses calcaires de l'Europe nord-occidentale et semble représenter la méthode la plus adéquate pour la restauration des pelouses (DELESCAILLE, HOFMANS & WOUE, 1991 ; VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Au XIXème siècle, le berger communal rassemblait les animaux de tous les habitants et les conduisaient sur la Côte (autrefois appelé communaux). La pérennité du pastoralisme au cours des âges semble être la condition *sine qua non* du maintien du Genévrier, rapidement éliminé par la colonisation arbustive des espaces pastoraux abandonnés. L'aspect de " parc à Genévrier ", que revêtent parfois les parcours pastoraux ne sont que l'héritage d'une longue tradition pastorale (BOULLET, 1988). Ces milieux anthropiques ont pris des toponymes différents dans les régions. On les appelle parfois savarts, causses, chaumes ou encore larris.

Aujourd'hui, de nombreux milieux herbeux sont gérés dans une optique qui n'est plus simplement de production mais qui vise également certains objectifs environnementaux, dont la protection de la biodiversité (GREEN, 1990). C'est le cas des trois pelouses choisies pour notre étude sur le pâturage. Des expériences ont été rapportées par plusieurs auteurs, dont HILLEGERS (1993). Les résultats qu'il a obtenus seront, bien entendu comparés à ceux que nous avons obtenus. L'utilisation d'une race rustique locale, l'Est à Laine Mérinos a été souhaitée dès la première année, car les races ovines rustiques broutent d'une manière sélective et savent se contenter d'une pitance souvent bien maigre (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Cependant, à Grand Pierre et Vitain, l'impact du troupeau Ile de France, qui n'est pas une race rustique, s'est avéré assez semblable à celui des moutons solognots, rustique, lorsque ce nouveau troupeau a été utilisé en entretien et non en restauration (MAUBERT, 1996). Néanmoins, il est fort probable que si le choix, en Lorraine, s'était porté sur une autre race, les résultats auraient été un peu différents au niveau floristique, mais surtout au niveau économique pour le berger qui aurait eu plus de mal à adapter ces animaux à une pelouse xérophile maigre.

Un système pastoral, ce n'est pas seulement une végétation, mais aussi un troupeau et surtout un éleveur qui procède à des ajustements entre les deux (GARBE, 1994). Trois types de facteurs influent sur la valorisation de l'offre fourragère par le troupeau : le mode de gestion

pastorale, le type de végétation et l'accessibilité de la ressource. D'un secteur à l'autre de la pelouse, les relations entre les espèces et le biotope font que les groupements végétaux peuvent basculer dans des faciès différents, ce qui explique la structure en mosaïque de nombreuses pelouses. Certaines espèces des brachypodaies ont tendance, en effet, à se grouper par zones à plus forte densité séparées par des zones à plus faible densité, réalisant une répartition plus hétérogène des espèces. Pour ces raisons, entre autres, les résultats sont exprimés en fonction des trois principaux groupements végétaux qui composent ces trois pelouses, le *Festuco lemanii-Brometum* (F.L.B.), l'*Onobrychido-Brometum* sous association *typicum* (O.B.T.) et l'*Onobrychido-Brometum* sous association *origanetosum* (O.B.O.). Le prélèvement dépend aussi des préférences absolues de l'animal, et d'autre part, des possibilités de choix qui lui sont offertes. Les animaux à mâchoires larges sont logiquement moins sélectifs que les animaux à mâchoires étroites (LOISEAU et BECHET, 1975). La pression de pâturage peut aussi être exprimée par la quantité de matière sèche disponible par rapport à la quantité de matière sèche dont ont besoin les animaux (LOISEAU et BECHET, 1975).

Les facteurs écologiques (végétation, climat, topographie, géologie) conditionnent aussi l'utilisation possible des ressources fourragères par les animaux (charge animale et répartition au cours de la saison de végétation). Par exemple, le pâturage est généralement pratiqué, soit sous forme itinérante avec pacage des animaux la nuit dans des enclos mobiles, soit en communaux, le berger gardant les troupeaux des différents exploitants (DUVIGNEAUD *et al.*, 1982).

A l'heure actuelle, le redéploiement des élevages sur parcours gérés en parcs clôturés vise à optimiser les prélèvements de végétation et à intensifier par rapport à la pratique traditionnelle (GARBE, 1994).

Ce chapitre analyse les données collectées depuis 1994 sur les 29 placettes permanentes installées sur les pelouses de Lorry-Mardigny à 10 km au sud de Metz (9 placettes), Jézainville (8 placettes) à quelques kilomètres au sud de Pont-à-Mousson et Malzéville (12 placettes), aux portes de Nancy. Ces trois pelouses sont installées sur le calcaire du Bajocien. Elles sont floristiquement et phytosociologiquement assez proches. On les rattache aux *Festuco lemanii-Brometum* (F.L.B.) et à l'*Onobrychido-Brometum* (O.B.T. et O.B.O). A Lorry-Mardigny, on observe de grandes zones couvertes de déjections de lapins, ce qui laisse supposer un nombre d'individus important. Le pâturage ovin mis en place a modifié la flore, à Jézainville et surtout à Lorry-Mardigny, où les lapins de garenne sont nombreux. Ceci est très net sur deux placettes de Lorry-Mardigny. Nous en tiendrons compte dans l'analyse des résultats, mais il est fort possible que l'impact des lapins soit important sur l'ensemble des placettes situées du côté pâturé de Lorry-Mardigny, où ces animaux semblent plus abondants. L'impact des lapins sur les trois pelouses étudiées ne peut être évalué mais il est clair qu'ils ont une influence sur l'évolution de la végétation entre 1994 et 1998.

2. Analyse des facteurs biotiques des relevés

2.1. Résultats de l'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.)

Pour cette analyse, les espèces sont en lignes alors que chaque colonne correspond à une année de mesure sur une placette (représentant 50 carrés de mesure d'un quadrat). L'analyse a été réalisée sur la somme des présences de chaque espèce sur l'ensemble des 50 carrés de mesure d'une placette, en donnant respectivement une valeur de 0.25, 1, 2, 3, 4 et 5 au C.A.D. +, 1, 2, 3, 4 et 5. Le minimum théorique pour une espèce est 0.25, c'est-à-dire + sur un carré de mesure, le

maximum théorique est 250, c'est-à-dire 5 sur les 50 carrés de mesure.

Chaque colonne est également identifiée par le site d'étude, le groupement végétal, l'année, la présence d'un pâturage ou pas. Dans un premier temps, des analyses multivariées (A.C.P.) inter et intra-placettes sur ces différents paramètres ont été effectuées. C'est grâce à ces analyses que l'on peut déterminer l'importance en% de chaque paramètre pour expliquer la variabilité totale observée.

Les tests de permutation (100 par analyse) indiquent que les structures sont significatives, avec un risque $p<0.001$ pour quatre paramètres (site, placette, pâturage, groupement) et un risque $p<0.02$ pour l'effet de l'année. On a donc un effet significatif net pour les 4 premiers paramètres et un effet de l'année qui apparaît moins net, tout en restant significatif.

L'ensemble des différences entre les colonnes (présence, absence ou variation d'effectif de chaque espèce sur chaque placette d'un site lue une année donnée) induit une variabilité que l'on qualifie de totale (100%). Cette analyse permet d'expliquer une partie de cette variabilité en fonction des variables induites et connues de l'étude.

Les résultats de cette analyse indique que l'ensemble de la variabilité totale (100%), se décompose de la manière suivante :

- le groupement végétal représente 4,8% de la variabilité totale,
- l'année représente 3,7% de la variabilité totale
- la paissance représente 2% de la variabilité totale
- C'est le choix des placettes qui explique la plus grande partie de la variabilité du tableau, puisque 46,9% peuvent lui être attribués, dont 10,1% sont liés au site sur lequel est installée la placette.

Cette analyse explique 57,5% de l'ensemble de la variabilité totale, induite entre-autre par le choix des placettes, le changement d'année, la sélection de placette dans trois groupements végétaux, la présence ou l'absence de gestion pastorale. Le reste correspond aux interactions des différents paramètres entre eux et au bruit de fond de la végétation. Ces résultats apportent un éclairage important dans la compréhension de l'ensemble des résultats de l'étude sur le pâturage.

C'est l'échantillonnage au hasard des placettes de chaque groupement sur chaque site qui induit, dès la première année, la plus grande partie de la variabilité (46,9%), ce qui est tout à fait logique. En effet, lors de la mise en place des carrés permanents, en 1994 et 1995, notre but était de tester l'impact du pâturage sur différents types de pelouses et dans les différents groupements végétaux. Nous avons donc installé les carrés permanents dans des situations très diverses, allant des biotopes les plus ouverts aux biotopes très ourléifiés. Le passé des trois pelouses, leur situation géographique, leurs richesses floristiques, etc... ont une influence sur les résultats du pâturage. Des A.C.P. par site ont été effectuées (figures 87, 88 et 89). L'effet des perturbations sur la végétation est d'autant plus difficile à cerner que l'expérimentation s'effectue sur plusieurs sites et que les résultats expriment toujours en priorité des différences floristiques dues aux contrastes stationnels entre les sites (ALARD, 1998).

L'impact du pâturage est différent dans chaque groupement végétal. 4,8% de la variabilité totale sont dus à ce paramètre, ce qui est considérable quand on sait que la variabilité inter-annuelle sur cinq ans due au pâturage a sensiblement la même importance. Ces résultats nous conduisent à exprimer tous les résultats en fonction du groupement végétal (F.L.B., O.B.T.

ou O.B.O.). Pour certaines espèces, des phénomènes différents ont lieu dans chaque groupement végétal. Les espèces réagissent de manière assez logique le long d'un gradient qui mène du F.L.B. au O.B.O.. Il est, en effet, bien démontré que la dynamique successionnelle modifie la structure du peuplement et influe sur l'aptitude à la sélection des herbivores (LOISEAU et BECHET, 1975).

Lorsque l'on compare les résultats, pour une espèce, entre les différents carrés de mesure, on se rend compte que des résultats divergents sont observés (tableau 66). Les changements floristiques induits par le pâturage sont sous la dépendance de la composition du milieu. Les compétitions inter et intraspécifiques influencent le comportement d'une espèce soumise au pâturage. Ces phénomènes ont été étudiés par GRIME (1979).

L'effet du pâturage correspond à 2% de la variabilité totale. Ceci peut paraître extrêmement faible pour expliquer par la paissance les modifications floristiques observées entre 1994 et 1998. On peut penser, compte tenu de l'absence de changements importants de la végétation, que la situation floristique de départ était assez stable et que la gestion pratiquée n'y a pas provoqué de modifications floristiques importantes. Ceci est sans doute le cas à Lorry-Mardigny dont une grande partie est pâturée depuis une longue période. Quant à Malzéville, la pelouse est pâturée depuis longtemps avec une pression très faible et sans que l'on puisse bibliographiquement savoir exactement les emplacements où les animaux ont broutés. Un arrêt semble avoir eu lieu à la fin des années 1980 et au début des années 1990. A Jézainville, la fauche n'était plus pratiquée depuis plusieurs années, au moins 10 ans.

L'ensemble de la composition floristique ne se modifie pas sensiblement d'une année à l'autre, pour les deux premières années de pâturage. Pourtant, on sait que la répartition de l'herbe entre organes vivants et chlorophylliens et organes morts et desséchés évolue sous l'influence du pâturage (LOISEAU et BECHET, 1975). L'effet maximum est obtenu en 2 ème et 3 ème année après le début de pâturage et la végétation.

Il faut signaler que seulement la moitié des placettes a été pâturée, donc le résultat obtenu doit être multiplié par deux pour exprimer les divergences créées entre l'impact du pâturage sur les placettes pâturées et la dynamique successionnelle sur les placettes non pâturées. Les différences entre les carrés pâturés et non pâturés augmentent avec le temps. Surtout, dès 1994, la végétation présentait sur chaque placette représentée le résultat de l'ensemble des gestions et interventions pratiquées depuis une longue période, pour Lorry-Mardigny, un long passé de pâture.

Les cinq années de gestion ont permis de faire évoluer de 2% l'ensemble du cortège floristique, ce qui est, en fait, important quand on tient compte de tous ces paramètres. L'analyse fine des résultats l'indique très nettement. La réaction rapide de la végétation des pelouses calcaires à un changement dans la gestion a été mentionnée par DIERSCHKE et ENGELS (1991). Après une réaction forte de la végétation, si la gestion cesse, la végétation retourne vers une composition floristique très proche de la situation initiale (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Après quelques années de pâturage, s'installe un nouvel état d'équilibre. Enfin, les pressions de pâturage instaurées en Lorraine ne sont pas très importantes et il est tout à fait normal que la végétation n'ait pas réagi violemment. Les fortes intensités de pacage sont, en toute logique, les plus efficaces (LOISEAU *et al.*, 1984).

Ce résultat apporte des renseignements quant à l'interprétation de l'ensemble de la variabilité totale, mais ne permet pas de savoir si les résultats de l'étude sur le pâturage sont

statistiquement significatifs. La végétation réagit normalement en quelques années suite à la gestion, mais surtout au changement de la concurrence entre les espèces suite à la gestion (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Il aurait fallu pour cela choisir, lors de la mise en place du protocole, de nombreuses placettes pâturées et non pâturées strictement équivalentes au niveau de leur composition floristique pour valider statistiquement les résultats observés. Il est presque toujours impossible dans des milieux naturels d'avoir des milieux identiques. Même les carrés d'une même placette de mesure, réparties sur 20 mètres de longueur indiquent presque toujours des différences floristiques. Enfin, pour valider statistiquement nos résultats, il aurait fallu installer, au minimum, 5 placettes identiques par groupement, par site et par mode de gestion, soit au total 90 placettes de mesure, ce qui est quasiment impossible, car la période de végétation, pour réaliser l'ensemble des travaux de terrain n'excède pas 4 mois. La lecture, chaque année des 29 placettes de mesures (soit 1450 carrés de 20 cm X 20 cm) était déjà une opération longue.

L'effet de l'année dans l'évolution des résultats est important. Il explique 3,8% de la variabilité totale. Se renouvelant au rythme des saisons, la végétation change aussi d'années en années dans sa physionomie comme dans sa composition (DROUIN, 1994). Ce facteur est donc plus important que l'effet du pâturage. Ceci était prévisible, car les conditions météorologiques ont été très différentes entre 1994 et 1995. Une analyse des corrélations entre les conditions météorologiques, prises par décade, et les relevés floristiques a été envisagée. Mais, nous avons 5 années de recul et nos protocoles intègrent beaucoup de paramètres. Ils ne sont pas adaptés pour faire ressortir l'effet du climat sur l'abondance ou l'absence de certaines espèces sur une aussi courte période. De plus, il existe, pour certaines espèces, des cycles biologiques pluri-annuels indépendants des conditions météorologiques.

Certaines espèces se sont très fortement développées une année pour disparaître presque complètement durant le reste de l'étude. Par exemple, *Cerastium brachypetalum* était très abondant en 1994, puis a presque disparu alors que 1998 a eu un printemps sensiblement identique à celui de 1994. *Campanula persicaefolia* et *Campanula patula*, qui étaient quasiment absents depuis 1994, ont fleuri abondamment en 1998, dans différents secteurs de Lorry-Mardigny et de Malzéville. Les fréquences d'apparition de *Linum catharticum* ont littéralement explosé en 1997 sur beaucoup de pelouses de Lorraine. Ces constats, réalisés sur des plantes de pelouses calcicoles, sont courants pour beaucoup d'espèces vivant dans d'autres milieux.

On a néanmoins pu constater qu'un début de printemps était très favorable aux thérophytes, sans pouvoir expliquer pourquoi le printemps pluvieux (avril) de 1994 a provoquer un développement conséquent de *Cerastium brachypetalum*, alors que le début de printemps pluvieux de 1996 a provoqué celui de *Linum catharticum*. Dans l'ensemble, les précipitations de mai influence beaucoup le développement de la biomasse des plantes pérennes, dont les graminées sociales (Brome et Brachypode) semble beaucoup profiter.

Aussi, les variations des effectifs d'une espèce ne peuvent être analysées sur une courte période, surtout si nous n'avons à notre disposition que la température et les précipitations d'une station météorologique située, dans notre cas, à presque 10 km du site d'étude, qui sont dans des conditions microstationelles totalement différentes.

Cependant, par rapport à ces résultats, les figures 90, 91 et 92 donnent des indications quant aux développements annuels des différents types biologiques depuis 1994. Ces informations permettent de nuancer l'ensemble des résultats que nous avons obtenus.

2.2. Résultats des A.F.C. par sites

La variabilité due au site d'étude est importante (10,1%). Une A.C.P. globale a été effectuée. Elle indique, selon les axes 1 et 2, que presque toutes les placettes sont regroupées par site. Il est donc difficile d'interpréter sur cette analyse l'effet du pâturage. Il est alors plus intéressant de procéder à des A.C.P. partielles, par site. Nous présentons dans ce travail uniquement les analyses par site.

Néanmoins, une première A.F.C. a été réalisée avec l'ensemble des résultats, mais, les distinctions floristiques des sites apparaissent comme majeures et ne laisser pas apparaître l'impact du pâturage sur les placettes de mesure sur les figures. Aussi, nous avons préférer travailler directement site par site. Le tableau qui rassemble l'ensemble des données récoltées durant les cinq années de l'étude sur le pâturage a été analysé par trois A.C.P., chacune correspondant à un site d'étude ; Lorry-Mardigny (figure 89) effectuée sur la base de 9 placettes, Jézainville (figure 88) effectuée sur la base de 8 placettes et Malzéville (figure 87) effectuée sur la base de 11 placettes.

2.2.1. Site de Malzéville

L'analyse (figure 87) permet de visualiser, selon les axes 1 et 2, la position, selon sa composition floristique, des mesures d'une année d'une placette ainsi que l'importance des espèces sur cette même analyse. Les placettes pâturées sont la 2 (O.B.T.), 3 (O.B.T.), 7 (O.B.O.), 9 (F.L.B.), 10 (O.B.T.) et 11 (F.L.B.). Les placettes non pâturées sont la 1 (F.L.B.), 5 (O.B.O.), 6 (F.L.B.), 8 (O.B.O.) et 12 (O.B.T.). Plus une espèce est éloignée du centre du cercle des corrélations (figure 87), plus elle a d'importance dans la signification des résultats.

Si nous nous référons à la figure 87 qui met en évidence la répartition des espèces selon les axes 1 et 2, nous observons un nuage de points centré sur l'intersection des deux axes, duquel prennent naissance trois groupes d'espèces partant dans trois directions différentes : la première s'étend le long des valeurs négatives selon l'axe 1 et selon l'axe 2. La deuxième s'allonge le long de la partie positive de l'axe 2 et au centre de l'axe 1, tandis que la troisième parcourt les valeurs négatives selon l'axe 2 et positives selon l'axe 1.

Nous découvrons, par conséquent, sur l'A.C.P. de Malzéville, trois groupes d'espèces, correspondant à trois significations écologiques différentes. Le premier (partie négative de l'axe 1 et 2) est représenté par *Asperula cynanchica*, *Euphorbia cyparissias*, *Thesium humifusum*, *Hieracium pilosella*, *Sanguisorba minor*, *Eryngium campestre*, *Koeleria cristata*, *Briza media*, *Tunica prolifera*, *Stachys recta*, *Anthyllis vulneraria*, *Potentilla neumanniana*, *Seseli montanum*, *Thymus praecox*, *Carex caryophyllea* et *Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados*. Ces plantes sont caractéristiques des pelouses calcaires oligotrophes, méso-xérophiles, du *Festuco lemanii-Brometum*.

Le deuxième ensemble d'espèces, localisé dans la partie positive de l'axe 1 et au centre de l'axe 2 est composé de *Brachypodium pinnatum*, *Agrostis capillaris*, *Genista tinctoria*, *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosa*, *Ranunculus bulbosus*, *Daucus carota*, *Agrimonia eupatoria*, *Centaurea jacea*, *Lotus corniculatus*, *Festuca pratensis*, *Senecio jacobaea*, *Pimpinella saxifraga*, *Vicia tenuifolia*, *Carlina vulgaris*, *Campanula rotundifolia*, *Fragaria viridis*, *Campanula rapunculus* et *Linum catharticum*. Ce groupe se caractérise par plusieurs espèces des ourlets des *Trifolio-Geranietea* (*Brachypodium pinnatum*, *Agrimonia eupatoria*, *Centaurea jacea*, *Vicia tenuifolia*, *Fragaria viridis*, *Campanula rapunculus*) qu'accompagnent des espèces prairiales telles que *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosa*, *Festuca pratensis*. Il

apparaît que ce deuxième groupe d'espèces est nettement plus mésophile, mésotrophe voire eutrophe, que le premier. De fait, ces deux premiers ensembles explicitent la dynamique des pelouses calcicoles, se traduisant par une fermeture du milieu, une modification des caractéristiques écologiques du biotope et une modification de la flore.

Dans la partie positive de l'axe 2 et au centre de l'axe 1 apparaît la troisième entité qui regroupe *Vicia sativa*, *Holcus lanatus*, *Plantago media*, *Veronica arvensis*, *Erophila verna*, *Capella bursa-pastoris*, *Bromus mollis*, *Trifolium striatum*, *Polygonum aviculare*, *Trifolium pratensis*, *Ononis spinosa*, *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, *Onobrychis viciifolia*, *Trisetum flavescens*, *Dianthus carthusianorum* et *Sieglingia decumbens*. Nous y retrouvons des espèces prairiales eutrophes (*Holcus lanatus*, *Bromus mollis*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Trisetum flavescens*) en compagnie des plantes de milieux ouverts favorisées par le pâturage (*Erophila verna*, *Trifolium striatum*). Les première et troisième entités décrivent nettement l'impact de la paissance. Cette répartition des espèces sur la figure 87 nous permet de déterminer la signification écologique de l'axe 1, que l'on peut rapporter au niveau de trophie, d'humidité et d'ouverture du milieu et l'axe 2, qui correspond aux perturbations et aux modifications floristiques induites par le pâturage. Les trois groupes d'espèces correspondent aux espèces qui caractérisent ces stades dynamiques.

Nous constatons que la plupart des placettes sont regroupées au niveau de l'intersection des deux axes, seules quelques unes se détachent plus ou moins nettement, les placettes 1, 7 et 9 entre autres. Les variations interannuelles ne peuvent être mises en exergue par la délimitation des zones décrites par les relevés. Chaque relevé, hormis le 7, varie peu autour du centre de gravité. L'évolution de la composition floristique des placettes depuis 1994 ne peut être déterminée par ce graphique.

2.2.2. Site de Jézainville

Une A.C.P. identique à celle réalisée à Malzéville a été effectuée (figure 88). Les placettes pâturées sont la 3 (O.B.T.), 4 (O.B.O.), 5 (O.B.T.), 6 (O.B.O.), et 8 (F.L.B.). Les placettes non pâturées sont la 1 (F.L.B.), 2 (O.B.O.) et 7 (O.B.T.). Si nous nous référons à la figure 88 qui met en évidence la répartition des espèces selon ces deux axes, nous observons un nuage de points condensé légèrement décentré en dessous de l'intersection des deux axes, lequel s'évase vers les valeurs positives selon l'axe 1, cependant qu'un cortège s'individualise dans le secteur des valeurs négatives selon ce même axe. Sur l'A.C.P. des espèces de Jézainville, nous observons seulement deux pôles distincts, car l'impact du pâturage ne ressort pas nettement sur l'analyse.

Le premier pôle occupe les valeurs négatives selon l'axe 1. Il est représenté par *Teucrium chamaedrys*, *Thymus praecox*, *Potentilla neumanniana*, *Sanguisorba minor*, *Festuca lemanii*, *Linum tenuifolium*, *Seseli montanum*, *Asperula cynanchica*, *Eryngium campestre*, *Scabiosa columbaria*, *Teucrium montanum*, *Anacamptis pyramidalis* et *Pulsatilla vulgaris*, que nous retrouvions précédemment dans la première entité décrite pour Malzéville. Ce pôle correspond aux espèces méso-xérophiles typiques des pelouses calcaires du *Festuco lemanii-Brometum*.

Dans le domaine des valeurs positives selon l'axe 1 s'étend le second groupe d'espèces. Ce sont *Vicia hirsuta*, *Galium verum*, *Primula veris*, *Anthericum ramosum*, *Listera ovata*, *Galium aparine*, *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*, *Quercus sp.*, *Vicia tenuifolia*, *Vicia sepium*, *Securigera varia*, *Poa pratensis*, *Tragopogon pratensis*, *Plantago media*, *Carlina vulgaris*, *Linum catharticum*, *Knautia arvensis*, *Pinus nigra*, *Trifolium montanum*, *Campanula rotundifolia*, *Inula salicina* et *Prunella grandiflora*. Ce sont des plantes liées aux ourlets et aux

milieux mésophiles. Il apparaît alors, entre ces deux groupes d'espèces, un gradient qui traduit la dynamique naturelle des pelouses calcicoles. La signification de l'axe 1 peut lui être attribuée.

Quant à l'axe 2, aucun groupe d'espèces ne se dégage nettement, et ce aussi bien dans la partie négative que positive de l'axe. Aucun impact, dû au pâturage ovin, ne peut être mis en évidence de manière synchronique. De plus, le pâturage mis en place en 1994 n'est pas encore suffisant pour modifier sensiblement la composition floristique de certaines placettes. A Malzéville, il en a été autrement car le pâturage existait avant la mise en place de l'étude. Les modifications sont donc très peu nettes.

Presque aucune parcelle n'a évolué de manière très significative entre 1994 et 1998, comme on peut le voir par leurs positions peu différentes d'une année à l'autre. Seules les placettes 7 et 8 ont évolué de manière assez sensible.

La placette 8, qui est pâturée, a beaucoup progressé entre 1996 et 1997, vers les pôles négatifs de l'axe 1 et 2. Le pâturage a fait évoluer cette parcelle vers le pôle xérophile de l'analyse. L'apparition et le développement de plantes comme *Teucrium chamaedrys, Seseli montanum, Carex flacca, Linum tenuifolium* et *Salvia pratensis*, peut être interprété comme l'action du pâturage.

La parcelle 7 apparaît totalement différente des autres sur l'A.C.P. En effet, les cinq points (un par année) qui lui sont relatifs sont excentrés dans le secteur des valeurs positives selon l'axe 1 et négatives selon l'axe 2: il semble alors que cette parcelle évolue, entre 1994 et 1998, d'un milieu méso-xérophile vers un milieu fermé plus eutrophe, cependant qu'apparaît un peuplement ligneux (*Cornus sanguinea, Pinus nigra, Ligustrum vulgare, Quercus sp.*). Nous notons donc, outre ces premières espèces, tout un cortège floristique inféodé à la parcelle 7. Ce sont *Galium aparine, Galium verum, Listera ovata, Vicia hirsuta, Vicia sepium, Vicia sepium, Vicia tenuifolia, Primula veris, Anthericum ramosum, Trifolium montanum, Campanula rotundifolia, Inula salicina* et *Origanum vulgare*. Au début de l'étude, cette parcelle était plus proche des autres. L'absence de pâturage, compte tenu que c'est une parcelle témoin, est sans doute responsable de son évolution.

2.2.3. Site de Lorry-Mardigny

A Lorry-Mardigny, les placettes pâturées sont la 1 (F.L.B.), 2 (F.L.B.), 4 (O.B.T.) et 6 (O.B.O.). Les placettes non-pâturées sont la 3 (O.B.T.), 5 (F.L.B.), 7 (O.B.O.), 8 (O.B.O.), et 9 (O.B.T.). La figure 89 indique à nouveau deux évolutions dynamiques possibles, à partir du cortège floristique, localisé dans la partie positive de l'axe 1 et négative de l'axe 2, formé par *Asperula cynanchica, Carex caryophyllea, Anthyllis vulneraria, Scabiosa columbaria, Stachys recta, Orchis militaris, Cirsium acaule, Euphorbia cyparissias* et *Hippocrepis comosa*. Ce sont des plantes qui caractérisent les milieux méso-xérophiles.

La première ébauche évolutive amène les relevés dans le domaine des valeurs négatives de l'axe 1, avec un ensemble floristique caractérisé essentiellement par *Brachypodium pinnatum*, mais aussi *Agrimonia eupatoria, Poa pratensis, Luzula campestris, Ranunculus bulbosus, Knautia arvensis, Dactylis glomerata* et *Medicago falcata*. Ces espèces indiquent une augmentation de la trophie, une diminution de la xérophilie, de la thermophilie et de l'héliophilie, à la faveur de la dynamique naturelle des pelouses calcicoles.

Dans le domaine des valeurs positives selon les axes 1 et 2, *Trifolium campestre, Eryngium campestre, Veronica prostrata, Koeleria cristata, Sedum acre, Medicago lupulina, Trifolium striatum, Cerastium brachypetalum, Thesium pyrenaicum, Campanula rapunculus* et *Thymus praecox* décrivent un troisième groupe d'espèces définissant les milieux très ouverts, les groupements de dalles. De plus, ces plantes sont presque toutes refusées par les ovins. Cette deuxième ébauche évolutive traduit l'action du pâturage. Il en découle donc que l'axe 2 concorde plus ou moins avec la paissance.

L'impact du pâturage mis en place a très peu fait évoluer les parcelles, sauf les placettes 6 et 7. Ces deux relevés sont relatifs aux parcelles méso-eutrophes dont l'étude n'a débuté qu'en 1995. Dans le cadran qui coïncide avec le cortège floristique des pelouses calcicoles typiques, nous observons un ensemble floristique dispersé basé sur la placette 6 et la placette 7. Le pâturage a permis en quatre ans de rapprocher la parcelle 6 des relevés méso-xérophiles du centre de l'analyse.

Comme cela est le cas au Plateau de Malzéville, le pâturage existe de manière continue depuis une vingtaine d'années. Les résultats obtenus sont le reflet de ces pratiques de gestion.

3. Impact du pâturage sur les trois principaux types biologiques

Comme, nous l'avons déjà démontré dans le chapitre méthodologie, il est très intéressant d'exprimer les résultats par types biologiques, ce qui donnera des indications sur le comportement de plantes ayant des modes de vie semblables et permettra, sans doute aussi, de mieux comprendre le comportement des espèces prises individuellement. Les résultats sont exprimés selon les 3 groupements végétaux en présence (F.L.B., O.B.T. et O.B.O.).

Au niveau des espèces, on trouvera la liste sur les figures 47 à 51. Nous avons suivi les indications de la flore de Belgique et des régions limitrophes (LAMBINON *et al.*, 1992) pour déterminer le type biologique auxquel se rattache ces espèces.

Au niveau des placettes, à Malzéville, celles qui ont été pâturées sont la 2 (O.B.T.), 3 (O.B.T.), 7 (O.B.O.), 9 (F.L.B.), 10 (O.B.T.) et 11 (F.L.B.). Les placettes non pâturées sont la 1 (F.L.B.), 5 (O.B.O.), 6 (F.L.B.), 8 (O.B.O.) et 12 (O.B.T.). A Jézainville, les placettes pâturées sont la 3 (O.B.T.), 4 (O.B.O.), 5 (O.B.T.), 6 (O.B.O.), et 8 (F.L.B.). Les placettes non pâturées sont la 1 (F.L.B.), 2 (O.B.O.) et 7 (O.B.T.). A Lorry-Mardigny, les placettes pâturées sont la 1 (F.L.B.), 2 (F.L.B.), 4 (O.B.T.) et 6 (O.B.O.). Les placettes non-pâturées sont la 3 (O.B.T.), 5 (F.L.B.), 7 (O.B.O.), 8 (O.B.O.), et 9 (O.B.T.).

L'ensemble des figures de cette partie de l'étude représente les moyennes des sommes des placettes d'un même groupement (F.L.B., O.B.T. et O.B.O.) ayant subi la même gestion (pâturé ou non pâturé), soit 6 combinaisons possibles (F.L.B. pâturée ou non pâturée, etc...). Le fait de calculer des moyennes permet de comparer des groupes de placettes (F.L.B. pâturé et non pâturée, par exemple), en supprimant le biais imposé par le nombre différent de placette par groupement et par type de gestion. Les échelles sont parfois très différentes d'un type biologique à l'autre, car comme nous l'avons déjà démontré, les richesses des groupements végétaux sont très différentes d'un type biologique à l'autre.

3.1. Le *Festuco lemanii-Brometum* (F.L.B.)

Les thérophytes dans le F.L.B. sont bien représentés (figure 90). C'est le groupement dans lequel elles sont les plus abondantes. Les placettes pâturées (54,4), au début de l'étude, sont un peu plus riches que les non pâturées (27,5). Durant les cinq années, des fluctuations très importantes sont constatées, puisque des différences du simple au quadruple sont observées (1995 et 1996). Cependant, après 1996, où les deux séries de placettes aboutissent à des abondances relatives de thérophytes équivalentes (20,7 et 20,15), l'action du pâturage ne se manifeste plus, puisqu'en 1997 et 1998, elles évoluent de la même manière. L'action du pâturage, dans le F.L.B., pour les thérophytes, est très importante durant les deux premières années. Les animaux, par les perturbations qu'ils occasionnent par leurs passages, les prélèvements de matière vivante, etc... devraient permettre à davantage de thérophytes de se développer. Ceci n'est pas constaté sur nos placettes, qui, surtout à Lorry-Mardigny, étaient déjà très favorables aux thérophytes. L'action des animaux n'a donc pas été très nette.

Pourtant, nous avons réalisé un pâturage estival et l'on sait qu'après quelques semaines de sécheresse durant l'été, les plantes cessent de pousser et l'impact du pâturage estival doit être limité sous peine du développement en peu de temps de faciès surpâturé, riches en thérophytes. Dans les parcelles non pâturées, la dynamique successionnelle a été assez rapide, puisque les graminées ont presque doublé entre 1994 et 1998, les thérophytes ont progressé. Les variations interannuelles des effectifs des thérophytes sont néanmoins si importantes qu'il est malheureusement difficile de conclure sur l'effet du pâturage dans le F.L.B. pour les thérophytes. Le climat a sur ces plantes une importance considérable, car leurs abondances sont très fortement liées aux conditions climatiques de la période de pré et post-germination, alors que pour des plantes pérennes, les conditions climatiques influencent seulement leurs phases de croissance sur des structures pérennes, contenant bien souvent quelques réserves nutritives. Ceci rend l'abondance des plantes pérennes un peu moins dépendantes des conditions climatiques, donc moins sujettes à des fluctuations importantes de leurs abondances.

Ainsi que le montre la figure 90, les géophytes sont fort peu abondants dans ce groupement végétal. Dans les zones témoins et les zones pâturées, le recouvrement des bulbeuses évolue de manière identique. Les géophytes progressent de manière constante entre 1994 et 1998. Cependant, plusieurs éléments nous incitent à rester prudent par rapport à cette augmentation et aux conclusions qui en découlent. Les géophytes sont des plantes à éclipses, qui peuvent réagir avec un certain décalage dans le temps à une perturbation. De plus, les effectifs comptabilisés sont très faibles. Aussi, dans le F.L.B., nous ne nous hasarderons pas à expliquer les variations d'effectifs des géophytes par l'action du pâturage mis en place. On sait cependant que les moutons sont responsables de 10 à 30% des dommages causés aux populations d'Orchidées, selon les espèces et les pressions de pâturage (WELLS, 1969) et que les feuilles et les fleurs d'Orchidées peuvent être compromises par le pâturage ou le fauchage durant la période estivale.

Les Chaméphytes connaissent une expansion sensible entre 1994 et 1998 qui fait passer les effectifs du simple au double (18 et 18,1 en 1994, contre 32,7 et 35,3 en 1998) (figure 90). Il existe une certaine évolution du recouvrement de ces végétaux sur les cinq années de l'étude menée sur les pelouses calcaires, autour d'une valeur moyenne de 25 environ. Au contraire, si nous exceptons l'année 1996, nous observons un accroissement régulier du recouvrement chaméphytique. Ceci permet d'évoquer l'opportunité de la gestion pastorale quant au développement de cette catégorie biologique. La pression de pâturage mise en place ne semble pas faire infléchir la progression des sous-ligneux. Il n'en est pas de même des ligneux dans les parcelles non pâturées, qui évoluent sensiblement entre 1994 (0.85) et 1998 (3.35), surtout en 1998, avec un doublement de leur importance. La paissance arrête quasi complètement le

développement des ligneux, qui de 1994 à 1998 ne se développent quasiment pas. Le pâturage fait régresser ou disparaître les arbres, les arbustes, les chaméphytes. Les animaux broutent les jeunes plantules et le piétinement les détruit. Les arbustes de plus grande taille se font brouter les jeunes pousses, ce qui arrête leur croissance.

Quant aux graminoïdes, qui constituent la base de l'alimentation des animaux, les abondances s'inversent depuis le début de l'étude entre les parcelles témoins et les parcelles pâturées. Les graminoïdes se développant plus rapidement dans les parcelles non pâturées. Les animaux ont donc un impact significatif sur les plantes graminoïdes. LOISEAU et BECHET (1975), ont montré que la biomasse herbacée totale diminue sous le pâturage. Ce « nettoyage du terrain » par l'animal est bien connu des éleveurs. Une pression de pâturage forte fait diminuer de manière beaucoup plus nette la biomasse totale herbacée. Le pâturage avec des moutons de race Mergellandschaap aboutit, en trois ans, à une transformation lente mais cependant apparente de l'aspect et de la composition de la végétation ; les graminées sociales dominent encore, mais la pelouse devient plus rase et plus ouverte tandis que la diversité floristique augmente avec l'apparition de plantes caractéristiques des sols maigres (PETIT, 1984). Malheureusement cet auteur ne précise pas le groupement végétal qui lui permette d'obtenir ces résultats. L'abondance des graminées est constante dans les parcelles pâturées, avec une valeur de 173.2 en 1994 et une valeur de 178.5 en 1998.

Des trois groupements végétaux envisagés, le FLB possède la plus forte richesse en hémicryptophytes. Nous observons sur la figure 90, un léger accroissement du recouvrement de 1994 (101.69 et 104.5) à 1997 (142.64 et 132.80). En 1995, soit après la première année de pâturage, l'évolution des hémicryptophytes est très importante, puis se stabilise autour de cette valeur dans la suite de l'étude. On ne peut attribuer ce changement au pâturage car les différences observées entre 1994 et 1995 sont identiques dans les parcelles pâturées et non pâturées. L'année 1997 est la première qui laisse entrevoir un impact du pâturage, avec une augmentation considérable des hémicryptophytes dans les parcelles pâturées (177,75). Mais, les résultats de l'année 1998 viennent démontrer le contraire. Il apparaît donc que les moutons n'ont pas une action très significative sur l'abondance des hémicryptophytes dans le F.L.B.

En conclusion, dans le *Festuco lemanii-Brometum*, l'action du pâturage se traduit par une stabilisation de l'importance des graminoïdes, une légère augmentation des chaméphytes, le non développement des ligneux. Le pâturage semble sans action sur les hémicryptophytes et les thérophytes. Enfin, le non-pâturage favorise les graminées et les ligneux.

3.2. L'*Onobrychido-Brometum typicum* (O.B.T.)

Les thérophytes sont souvent de bons indicateurs du degré d'ouverture du milieu (figure 91). La lumière reçue au niveau du sol influence la composition floristique (MITCHLEY et WILLEMS, 1995). Dans l'O.B.T., dans lequel les graminées sociales commencent à prendre de l'importance et limite le développement des thérophytes, les moutons ont un impact significatif. Les placettes non pâturées en 1994 (40) étaient plus riches en thérophytes que les parcelles pâturées (23,30), ce qui est le contraire en 1998. C'est l'année 1996, soit la troisième année de pâturage qui a provoqué cet inversement de tendance. Puis, l'action des moutons sur les thérophytes ne s'est plus faite sentir en 1997 et 1998.

Que les parcelles soient soumises ou non à l'action des ovins, le recouvrement des géophytes évolue de manière identique (figure 91). Comme nous l'avons signalé pour le F.L.B., il est difficile d'interpréter les fluctuations des géophytes, et donc très délicat d'estimer l'impact

du pâturage sur ce type de végétaux.

Pour les chaméphytes, après une hausse du recouvrement au début de l'étude dans les parcelles non pâturées (12,13 en 1994 et 38,5 en 1995), suivi d'une stagnation en 1996 et 1997, les résultats semblent recommencer à progresser en 1998. Les variations quantitatives annuelles sont très importantes et il est très délicat de conclure quant à l'impact sur les chaméphytes en l'absence de gestion. Au contraire, dans les parcelles broutées, nous observons une très légère augmentation de l'abondance qui passe de 17,85 en 1994 à 27,17 en 1998. Au contraire des parcelles non pâturées, cette tendance se vérifie d'année en année. Il apparaît donc que les moutons exercent une pression conduisant à une légère expansion des chaméphytes dans l'O.B.T. Les chaméphytes, avec leur point végétatif et leurs bourgeons situés au-dessus du sol, sont ainsi plus affectés par le pâturage intensif ou le fauchage fréquent que les hémicryptophytes. (MAUBERT *et al.*, 1995). Ceci se vérifie par notre étude.

Ces observations sont identiques à celles que nous avons faites dans le F.L.B. Il en est de même des ligneux, qui progressent sensiblement entre 1994 (0,13) et 1998 (2,67), avec un démarrage rapide de la dynamique arbustive à partir de 1997 (1,75), qui s'est poursuivi en 1998 (2,67). Les animaux arrêtent ou limitent les arbustes dans leur développement.

Les plantes graminoïdes ont une abondance identique, en 1994, dans les parcelles pâturées (185.63) et non pâturées (184.15) (figure 91). Les premières différences apparaissent après deux ans de pâturage, pour s'accentuer avec le temps. Les plantes graminoïdes se développent dans les parcelles non pâturées. Elles ont une abondance sensiblement identiques dans les parcelles pâturées entre 1994 et 1998. Les moutons arrêtent la progression du tapis herbacé par les prélèvements qu'ils opèrent. On notera que l'année 1998 n'a pas été favorable à la croissance des graminées. Un début de printemps sec suivi d'un été pluvieux n'a pas permis une croissance importante de ces plantes.

Les hémicryptophytes observent une même dynamique d'accroissement de leur recouvrement au sein de l'ensemble des parcelles de ce groupement végétal. Ainsi, le taux de recouvrement, dans des pâtures, passe de 79,75 en 1994 à 115,32 en 1998, alors que, en l'absence de pression ovine, il varie de 43,88 en 1994 à 67,75 en 1998. L'impact du pâturage n'est guère probant puisque dans les deux cas, les hémicryptophytes se développent, qui plus est, dans des proportions identiques. Comme dans le F.L.B., aucune action du pâturage sur les hémicryptophytes ne peut être mise en évidence.

Comme dans le F.L.B., les résultats les plus significatifs concernent les graminoïdes et les ligneux. La dynamique secondaire naturelle de densification du tapis herbacé et le développement des ligneux sont arrêtées par la paissance. De plus, les animaux permettent le développement des thérophytes et sans doute une légère ouverture du milieu, ce qui n'était pas le cas dans le F.L.B. Les chaméphytes et les hémicryptophytes sont indifférents au pâturage comme nous l'avions déjà constaté dans le F.L.B.

3.3. L'*Onobrychido-Brometum origanetosum* (O.B.O.)

L'évolution des thérophytes dans les milieux ourléifiés indique que les animaux agissent sur ces végétaux (figure 92). Lors de la mise en place de l'étude, les parcelles pâturées (17,13) et témoins (18,25) avaient des richesses équivalentes. Ceci a été le cas jusqu'en 1997, où l'action du pâturage à permis le développement d'un nombre plus important d'annuelles. L'année 1998 n'a fait qu'accentuer cette différence.

L'O.B.O. est le groupement le plus riche en géophytes (figure 92). Nous pouvons observer une nette diminution du recouvrement entre 1994 (5,62) et 1998 (2,15) dans les parcelles non pâturées. Les valeurs obtenues dans les parcelles soumises à l'action des moutons sont faibles, elles ne dépassant pas 1,75. Il est impossible de déterminer l'impact du pâturage dans les parcelles pâturées de ce groupement végétal. Une baisse des taux de recouvrement entre les deux premières années indique un effet défavorable de l'absence de gestion pour cette catégorie végétale. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, cette hypothèse s'avère injustifiable. Comme pour les deux premiers groupements, l'action du pâturage est difficilement interprétable avec nos données.

Le recouvrement des chaméphytes se caractérise dans ces milieux très fermés par leur développement dans les parcelles pâturées et non pâturées. La figure 92 montre une dynamique induite par le pâturage analogue à celle notée dans le paragraphe précédent. La différence (23 dans les parcelles pâturées contre 30,625 dans les parcelles témoins) s'estompe avec l'action des animaux au bout de deux ans de pâture. Ainsi, les chaméphytes sont-elles favorisées, dans une certaine mesure, par le broutage des zones à végétation fermée. Un développement des ligneux est constaté dans les parcelles pâturées et non pâturées. L'importance de ces végétaux double entre 1994 (1,37 dans les parcelles pâturées et 2,62 dans les parcelles non pâturées) et 1998 (5,25 dans les parcelles non pâturées et 3,12 dans les parcelles pâturées) (figure 92). Cette progression des ligneux correspond au démarrage de la dynamique successionnelle, qui dans le cadre de notre étude n'est pas arrêtée par la paissance puisque les placettes pâturées et témoins évoluent de manière identique. Une trop faible densité animale dans ce type de biotope peu favorable à la paissance ne permet pas de vaincre l'inertie du tapis herbacé.

Deux raisons peuvent être invoquées pour expliquer ces résultats. Premièrement, la pression de pâturage imposée par le programme de recherche n'est pas assez importante, donc les animaux ne peuvent éliminer tous les arbustes. On constate sur le terrain, que les moutons entrent très peu dans les brachypodaies pour se nourrir, mais préfèrent exercer une forte pression sur les milieux plus ouverts. La présence des moutons dans la parcelle ne signifie donc pas forcément que les carrés de mesure subissent leurs actions. Nos observations sur la physionomie de l'O.B.O. et l'observation du comportement des animaux des secteurs pâturés nous laissent plutôt croire le contraire, car les moutons ne fréquentent presque pas le centre des tâches des ourlets en nappe de Brachypode, laissant ainsi possible le démarrage de la dynamique successionnelle. La relative stabilité des graminoïdes dans les parcelles pâturées (225,12 en 1994 et 189,87 en 1998) le confirme. Les pertes de rendement herbacé sont beaucoup plus importantes si les animaux sont mis très tôt au printemps. Sur les parcelles témoins, les graminoïdes se développent considérablement la première année pour augmenter plus légèrement entre 1996 et 1998. L'absence de pâturage permet un développement encore plus accentué des graminoïdes dans l'O.B.O.

Approximativement stable sur les trois premières années, le recouvrement des hémicryptophytes, dans les parcelles pâturées, connaît une majoration sensible en 1997 et 1998, pour atteindre une valeur de 138,25. La dynamique de recouvrement des hémicryptophytes dans les parcelles non pâturées montre une relative stabilité. Il est donc tout à fait envisageable d'émettre l'hypothèse selon laquelle les hémicryptophytes sont favorisés par le pâturage dans un milieu très fermé. Ceci apparaît clairement après la quatrième année de pâturage.

3.4. Discussion

Le comportement des différents types biologiques est différent dans les trois groupements végétaux (figures 90, 91 et 92).

Au contraire du F.L.B., l'action des animaux sur l'O.B.T. et l'O.B.O. aboutit au développement des thérophytes. Au Pays-Bas, le pâturage est également favorable à la régénération des espèces annuelles (BAKKER *et al.*, 1983 ; HILLEGERS, 1993). GREVILLIOT (1996) montre aussi, dans les prairies de la Meuse, que le pâturage permet l'apparition d'espèces annuelles pionnières, d'espèces des milieux piétinés, d'espèces de milieux eutrophes ou refusés par les animaux. Au Pays-Bas, la mise en place de placettes de gestion, gérées par le pâturage, s'est traduit de manière spectaculaire par une augmentation du nombre d'espèces, essentiellement des annuelles (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Les résultats de notre étude sont donc semblables à ceux couramment observés.

Les animaux grattent le sol et créent de petits espaces ouverts. Les espèces vivaces en profitent pour rajeunir leur population, mais pour les espèces annuelles ces opportunités sont nécessaires chaque année. Les espèces annuelles qui germent suite à une perturbation peuvent soit être des graines autochtones entrées en dormance, soit des graines allochtones arrivées par les moyens de dispersion. De plus, la banque de graines des pelouses calcicoles est un mauvais indicateur prédictif de son évolution (MILBERG et PERSSON, 1994) et présente peu d'intérêt pour la restauration de pelouses diversifiées (BULLOCK *et al.*, 1994 ; SCHOPP-GUYH *et al.*, 1994 ; DUTOIT & ALARD, 1996). Les espèces qui apparaissent sont banales.

Le pâturage ovin est presque toujours sans effet sur l'expansion des hémicryptophytes, sauf dans l'O.B.O. où l'arrêt de la fermeture du milieu par les animaux permet leur développement. Cependant, dès que la végétation présente un certain degré d'ouverture, les hémicryptophytes deviennent indifférents à la gestion pastorale. Comme nous l'avons indiqué, l'impact du pâturage sur la catégorie des géophytes apparaît non exploitable dans le cadre d'une étude sur une aussi courte durée et avec ce type de protocole. Les thérophytes ne se développent vraiment que dans les milieux fermés (O.B.O.) où l'action des animaux permet la germination de ces plantes. Dans les milieux ouverts, le pâturage ne leur permet pas un développement plus important. Les ligneux se développent en l'absence de pâturage quel que soit le groupement végétal, mais avec plus d'intensité dans les milieux fermés où les animaux sont moins actifs. Les animaux arrêtent leur progression sauf dans l'O.B.O.. Au niveau des chaméphytes, les résultats sont proches d'un groupement à l'autre ; ils sont très légèrement favorisés par le pâturage.

Dans le F.L.B., l'écart entre la fin et le début de l'étude est peu significatif. En revanche, dans les parcelles non pâturées, la densification du tapis herbacé en l'absence d'intervention est effective, puisque entre 1994 (145,3) et 1998 (256.3), les graminées ont augmenté de plus de 70%. Les moutons maintiennent donc le tapis herbacé à son stade initial, arrêtant la progression des graminées sociales.

La tolérance des plantes vis-à-vis du pâturage est déterminée par des facteurs biotiques, tels que la morphologie des plantes (TER HEERDT *et al.*, 1991, MATCHES, 1992; WILLMS & QUINTON, 1995), la vitesse de croissance des feuilles après une coupe (GORDON *et al.*, 1990). Le cycle annuel de développement en liaison avec la période de pâturage a également une grande importance. Les espèces atteignant leur développement maximum au moment où les animaux pâturent seront, bien entendu, défavorisées par rapport à celles qui se développent avant et surtout après le passage des animaux. Les caractéristiques morphologiques favorisant une bonne

résistance au pâturage peuvent être la forte proportion des pieds reproducteurs (MATCHES, 1992), la protection des bourgeons floraux contre l'arrachage par les animaux, et la faculté de régénération par développement de rhizomes ou de stolons.

Les réactions diverses à une même pression de pâturage des différents types biologiques dans les différents groupements végétaux indiquent clairement que la compréhension d'une pratique de gestion doit tenir compte d'un nombre de facteurs très divers, sous peine d'entraîner des effets de surpâturage très néfastes à la plupart des espèces typiques des *Festuco-Brometea.*

4. Impact du pâturage sur les trois principales espèces graminéennes

L'ensemble des figures de cette partie de l'étude représente les moyennes des sommes des valeurs de masse des placettes d'un même groupement (F.L.B., O.B.T. et O.B.O.) ayant subi la même gestion (pâturé ou non pâturé). Le fait de calculer des moyennes permet de comparer des groupes de placettes (F.L.B. pâturé et non pâturée, par exemple), en supprimant le biais imposé par le nombre différent de placette par groupement et par type de gestion.

Il est aussi important de tenir compte de la baisse de la biomasse d'une espèce (exprimée en valeur de masse, par exemple sur la figure 93, 10,38 pour *Brachypodium pinnatum* dans les placettes pâturées du F.L.B. en 1994) que de son importance (exprimée en pourcentage par rapport aux autres graminoïdes (moins de 10% du total de la biomasse graminéenne pour le même exemple). Ce double système permet de tenir compte dans l'analyse, de la baisse ou de l'augmentation de biomasse d'une espèce, d'une année à l'autre (prise isolement), tout en étudiant son importance relative (exprimée en pourcentage) sur l'ensemble du cortège floristique considéré. Une espèce peut fortement diminuer en biomasse, tandis que son importance si on la compare à l'ensemble du cortège floristique. Ainsi, sur les figures 93, 94 et 95, les importances relatives (exprimée en %) de chaque espèce, d'une année à l'autre, se comprennent en comparant les pourcentages et les valeurs de masse (chiffres apparaissant entre les bâtonnets).

Les abondances relatives des trois principales graminées des pelouses calcicoles varient considérablement dans les trois groupements. Le *Festuco lemanii-Brometum* (figure 93) est dominé par *Festuca lemanii.* L'*Onobrychido-Brometum typicum* (figure 94) est dominé par le Brome et l'*Onobrychido-Brometum origanetosum* (figure 95) est dominé par *Brachypodium pinnatum.* Ces variations qualitatives et quantitatives de l'herbe disponible pour les animaux entraînent un comportement de prélèvement différent dans chaque groupement. Il est intéressant d'analyser leurs habitudes alimentaires en fonction des ressources disponibles.

Quatre groupes ont été définis : ce sont le Brachypode, le Brome, la Fétuque et le quatrième rassemble toutes les autres espèces graminoïdes, c'est-à-dire: *Agropyrum repens, Agrostis capillaris, Anthoxanthum odoratum, Arrhenatherum elatius, Avenula pratensis, Briza media, Bromus mollis, Carex caryophyllea, Carex flacca, Carex tomentosa, Cynosurus cristatus, Dactylis glomerata, Sieglingia decumbens, Holcus lanatus, Koeleria cristata, Koeleria pyramidata, Lolium perenne, Luzula campestris, Phleum phleoides, Poa pratensis* et *Trisetum flavescens.*

4.1. Le *Festuco lemanii-Brometum* (F.L.B.)

Entre 1994 et 1998, *Festuca lemanii* diminue fortement dans les parcelles pâturées depuis une valeur de 97,07 en 1994 jusqu'à 65,36 en 1998 (figure 93). Cette baisse est très brutale en

1996, avec une diminution de moitié, suivie d'une augmentation relative, mais qui ne peut permettre à l'espèce de retrouver l'abondance qu'elle avait en 1994. Au bout de 5 ans, *Festuca lemanii* est fortement défavorisé par la paissance en milieu ouvert. Nous ne pouvons imputer le résultat observé en 1996 à une année très défavorable à *Festuca lemanii*, car la même année, elle se développait dans les parcelles non pâturées. Ainsi, après une première année où l'espèce a peu réagi à la pâture, la seconde année a créé des différences importantes entre les placettes pâturées et non pâturées. L'arrêt du pâturage à Jézainville en 1997 et le ralentissement de la pression sur les autres sites ont contribué à la stabilisation des résultats pour cette espèce. Quand le choix en espèces est important, l'acceptabilité des graminées à feuilles larges (Brome, Brachypode moins apprécié) diminue et celle des graminées à feuilles fines, comme *Festuca lemanii* augmente (LOISEAU & BECHET, 1975). Ces résultats ont été obtenus dans les landes acides du Massif Central, mais il en est de même sur les pelouses calcicoles de Lorraine. Pour *Festuca lemanii*, il existe toujours une certaine ambiguïté, induite par le fait que cette plante disparaît sous l'effet de la paissance, mais également sous l'action de la dynamique naturelle. Ainsi, dans le cas d'une étude comme la notre, les résultats concernant cette plante ne doivent pas être trop affirmatifs.

Entre 1994 et 1998, *Bromus erectus* connaît des variations quantitatives annuelles aboutissant à son augmentation dans les placettes non pâturées (41,25 à 68,93) et une légère diminution dans les placettes pâturées (59,38 à 42,86) (figure 93). La diminution est très progressive sur les placettes pâturées. Dans les placettes non pâturées, après 1996, le Brome se développe. Ceci est important pour la gestion car BOBBINK (1987) a montré qu'une forte dominance du Brome érigé avait les mêmes conséquences sur la diversité floristique que le Brachypode. Le Brome et le Brachypode sont, en effet, des espèces redondantes, c'est-à-dire que ces plantes sont présentes à un faible niveau d'abondance mais sont prêtes à se multiplier en remplaçant l'espèce dominante si celle-ci disparaît. Ce n'est pas, comme pour la Fétuque, après deux ans de pratique pastorale que l'impact devient plus important. Le pâturage ovin apparaît, dans ce groupement, légèrement défavorable à *Bromus erectus*. Pourtant, on sait que les graminées sociales sont particulièrement résistantes au cisaillement et au piétinement.

Entre 1994 et 1998, les variations quantitatives annuelles de *Brachypodium pinnatum* peuvent être assimilées à une courbe allant d'une valeur de 31,40 à un taux de 69,20 (figure 93). Ceci est vrai en valeur absolue, mais pas en valeur relative, comme on le verra par la suite. De fait, l'étude a été propice à cette espèce dans les placettes non pâturées. L'augmentation a été progressive. Elle correspond à la dynamique naturelle de colonisation du Brachypode en l'absence de gestion. Déjà en 1922, P. ALLORGE avait observé que le Brachypode était pourvu d'un système très actif de drageons, qui multiplie la plante dans toutes les directions, en donnant naissance à autant d'individus qui deviennent libres et sont, à leur tour, capables de drageonner (MAUBERT *et al.*, 1995). Les placettes pâturées ont vu doubler son importance entre 1994 (10,38) et 1998 (24,96). A la faveur du pâturage ovin, *Brachypodium pinnatum* jouit d'un développement constant entretenu par les animaux qui exercent une forte pression sur le Brome et la Fétuque, et donc limitent la concurrence interspécifique. BOBBINK et WILLEMS (1996) ont montré que le pâturage ovin local limite la croissance du Brachypode et maintient cette espèce dans une biomasse aérienne constante. Ceci est vrai dans les groupements plus fermés, mais ce n'est pas le cas dans le F.L.B. De plus, le Brachypode est peu ou pas appétent et il est normal que les animaux prélèvent d'abord les espèces pour leurs rations alimentaires. Comme pour le nard raide, en milieu acide, dont l'appétence est très faible, le Brachypode possède des spicules siliceux sur le bord de limbe, accentuant la raideur du limbe. Dans le cas du nard, LOISEAU et BECHET, (1975), pensent que c'est la teneur en silice qui détermine ce refus. Cependant, la progression du Brachypode, en pourcentage, est à peu près identique entre les parcelles pâturées et non pâturées, au moins dans des groupements xérophiles.

On peut observer à Lorry-Mardigny un surpâturage des groupements ras du F.L.B.. Les animaux pâturent très intensément les pelouses à *Festuca lemanii*, tandis que les groupements à *Brachypodium pinnatum* servent simplement pour la circulation.

Les autres graminoïdes sont à peu près constantes dans les parcelles pâturées, tandis qu'elles contribuent dans les parcelles non pâturées à la densification du tapis herbacé. Il est difficile d'interpréter les résultats obtenus compte tenu que certaines espèces de ce groupe sont refusées par les animaux alors que d'autres ne le sont pas, certaines sont héliophiles et oligotrophes (*Briza media, Carex caryophyllea, Sieglingia decumbens, Luzula campestris, Phleum phleoides)* alors que d'autres sont mésophiles et eutrophes (*Agropyrum repens, Arrhenatherum elatius, Cynosurus cristatus, Dactylis glomerata, Holcus lanatus, Lolium perenne, Trisetum flavescens*). On peut simplement noter que le pâturage semble ralentir la colonisation des graminoïdes, car ils doublent en 5 ans dans les parcelles non pâturées. Les ovins consomment la plupart des plantes de ce groupe.

4.2. L'*Onobrychido-Brometum typicum (O.B.T.)*

On constate que le Brome et le Brachypode sont beaucoup plus abondants dans ce groupement que dans le *Festuco lemanii-Brometum.* La disponibilité herbagère est donc différente. Le Brome est caractéristique de ce groupement, avec un pourcentage de représentation compris entre 20% (parcelles non pâturées) et 25%. (parcelles pâturées).

Le recouvrement de *Festuca lemanii* est plus faible que dans le F.L.B. *Festuca lemanii* diminue dans les parcelles pâturées et non pâturées. Elle passe, si l'on considère sa valeur de masse, de 44,26, en 1994, dans les parcelles non pâturées à 28,83 en 1998. Des fluctuations importantes existent d'une année à l'autre, mais la diminution est nette sur les cinq ans. Elle se confirme si l'on considère son pourcentage de représentation qui diminue de moitié entre 1994 et 1998. Sur les parcelles pâturées, la diminution semble moins nette. L'espèce diminue en biomasse de 20% entre 1994 (59,29) et 1998 (47,4) (figure 94), tandis que son importance au sein des graminoïdes restent sensiblement identique.

Les causes de la diminution de la Fétuque sont différentes dans les deux cas. Dans les parcelles non pâturées, la colonisation des graminées sociales (Brome et Brachypode) élimine progressivement la Fétuque. Dans les parcelles pâturées, on peut attribuer la diminution de la Fétuque à la pression sélective exercée par les moutons, car, dans le même temps, le Brome et le Brachypode diminuent également. Il apparaît que dans ce groupement intermédiaire, plus fermé, *Festuca lemanii* est favorisé par l'intervention ovine qui rend le milieu plus propice au développement de cette plante, mais qui, dans le même temps limite son développement par la pression sélective des animaux.

Le recouvrement de *Bromus erectus* augmente nettement entre 1994 et 1998 dans les parcelles non pâturées, passant de 66,26 à 96,5. L'augmentation est progressive et constante. La présence de moutons empêche une dynamique de cette graminée dans les parcelles pâturées, puisqu'elle passe de 73,26 en 1994 à 51,5 en 1998. *Bromus erectus* apparaît comme sensible au broutage ovin. En absence de pâturage, c'est le Brome et le Brachypode qui progressent le plus. Le pâturage ovin limite leur développement. Le pâturage bovin est également très intéressant, car ces animaux sont très peu sélectifs et ils ont un rôle appréciable pour limiter la colonisation du Brome et du Brachypode (BACCON, 1990).

En ce qui concerne *Brachypodium pinnatum*, mieux représenté que dans le F.L.B., son recouvrement augmente dans les parcelles témoins pour diminuer sous l'action du pâturage dans

les autres parcelles (figure 94). En 1994, on note 58,65 en moyenne pour le Brachypode contre seulement 36,4 en 1998. Les animaux, qui n'avaient aucun impact sur cette plante dans le F.L.B. s'y attaquent dans ce groupement en le faisant diminuer.

Les autres graminoïdes ont une importance sensiblement identique entre 1994 et 1998. Comme nous l'avons souligné pour le F.L.B., l'interprétation des résultats pour cette catégorie végétale est délicate compte tenu de l'hétérogénéité des espèces qui la composent.

En résumé, au contraire du F.L.B., l'action des animaux est plus intense sur le Brome et le Brachypode, sans pour autant que la Fétuque soit épargnée par les animaux. Le pâturage a globalement une action favorable sur le milieu en faisant diminuer les graminées sociales.

4.3. L'*Onobrychido-Brometum origanetosum* (O.B.O.)

Dans les parcelles soumises à l'action des moutons, le Brome et surtout la Fétuque progressent (figure 95). Ces graminées sont naturellement favorisées dans ce groupement car les animaux ouvrent le milieu par le prélèvement herbacé qu'ils opèrent. On sait que les premières feuilles traversent la litière, qui est abondante dans le cas des Brachypodaies. La structure de la plante, et donc la disponibilité pour les animaux de ses organes, varient au cours du cycle phénologique (LOISEAU & BECHET, 1975). Dans le cas de *Festuca lemanii*, et sans doute d'autres espèces à faible développement, la densité du Brachypode limite leur accessibilité aux animaux, donc les prélèvements des animaux. *Festuca lemanii* passe ainsi de 19,59 en 1994 à 37,75 en 1998, avec une progression presque constante durant les cinq années. Seule 1997 (43,75) a été plus favorable à cette espèce. Dans les parcelles non pâturées, la Fétuque était plus abondante en 1994 (32,29), que dans les parcelles pâturées (19,59). C'est le fait de l'échantillonnage et du passé différent de la plupart des parcelles. L'absence de gestion conservatoire a entraîné sa régression au profit des graminées sociales. Le pâturage a une action très positive sur la Fétuque dans l'O.B.O. que l'on attribue sans le moindre doute à la réouverture du milieu.

On sait, en effet, que les espèces favorisées par le pâturage sont, pour l'essentiel, des espèces basses, supportant mal la concurrence des hautes herbes, ou des espèces à faible durée de vie qui germent dans les zones dénudées par le piétinement ou le surpâturage (WELLS, 1969) ou encore des nitratophiles (DELESCAILLE et al., 1991).

L'action du pâturage sur le Brome, dans l'O.B.O. est difficile à évaluer (figure 95). Cette espèce est très faiblement représentée, aussi bien dans les parcelles pâturées que dans les parcelles non pâturées. En 1994, dans les parcelles pâturées, la moyenne est de 9,12 pour atteindre 9,5 en 1998. Dans les placettes non pâturées, les résultats sont du même type avec une valeur de 18,69, en 1994, et 23,65, en 1998. Une faible augmentation du Brome est constatée. Le Brachypode se développe au détriment du Brome. On peut en conclure que le pâturage, dans l'O.B.O. n'a pas une action très significative sur l'abondance du Brome. Il est possible que la diminution du Brachypode, favorisant le Brome, soit compensée par le prélèvement de Brome effectué par les ovins.

Le recouvrement de *Brachypodium pinnatum* est élevé dans ce groupement. La productivité des pelouses à Brachypode est, en effet, comprise entre 3 à 6 t/ha (SCOPPOLA *et al.*, 1984). Pour GRIME (1979), le Brachypode est « stress-tolerant competitor ». Ainsi, il excède largement la valeur de 100 pour atteindre 176,50 dans les parcelles pâturées et 205,45 dans les parcelles non pâturées. Les variations quantitatives montrent une légère augmentation dans les parcelles non pâturées (200,25, en 1988). Dans les parcelles pâturées, les effectifs sont à

peu près stables jusqu'en 1996, suivis d'une baisse importante en 1997 (127,25) et en 1998 (112,96).

Si nous comparons ces données à celles obtenues dans les zones non pâturées, nous nous apercevons qu'il existe une différence assez significative à partir de 1997, ce qui suggère que *Brachypodium pinnatum* est indifférent durant les trois premières années, puis défavorisé par l'action des moutons. Dans les pelouses à faible pression de pâturage, les espèces ont le choix et ce dernier s'oriente surtout vers les graminées à feuilles fines et les « espèces diverses ». Quand la pression devient plus forte, le Brachypode commence à être attaqué (LOISEAU et BECHET, 1975). A Grand Pierre et Vitain, les moutons Ile de France ont refusé de consommer l'herbe de pelouses non pâturées récemment, et ce là où la litière d'herbes sèches et les mousses étaient abondantes (MAUBERT, 1996). Les animaux ont, en effet, beaucoup plus de mal à pâturer les pelouses de l'O.B.O. que les pelouses du F.L.B.. De plus, les lapins sont abondants à Lorry-Mardigny et on sait que les lapins amènent les touffes puissantes de *Brachypodium pinnatum* à l'état de galettes dont ils grignotent le pourtour et qu'ils finissent par anéantir, comme d'ailleurs presque tous les arbustes (sauf le buis), le sol devenant alors squelettique (JOVET, 1949). C'est peut-être le cas dans les carrés de mesure que nous avons installés. Nous ne pouvons en avoir aucune certitude pour le moment.

En ce qui concerne les autres graminoïdes, elles sont à peu près aussi abondantes dans les parcelles pâturées que dans les parcelles non pâturées, entre 1994 et 1998. La progression et la diminution du Brome, de la Fétuque et du Brachypode ne peuvent être attribuées à l'action d'une autre graminoïde.

Le pâturage ovin, dans l'O.B.O. est défavorable au Brachypode, favorable à la Fétuque et quasiment sans effet sur le Brome (figure 95). Les résultats du pâturage mis en place dans la réserve de Grand Pierre et Vitain aboutissent également à la régression ou à la stabilisation des graminées sociales (MAUBERT, 1996). Dans la réserve de Grand-Pierre et Vitain, les moutons solognotes consomment le Brome et le Brachypode, même sur des pelouses vieillies et non pâturées depuis 30 ans (MAUBERT, 1996). Les résultats de ces deux expériences sont donc similaires.

4.4. Discussion

Si le FLB, par ses conditions biotiques, est favorable à la croissance de *Festuca lemanii*, ce même groupement est défavorable à la graminée par la pression sélective exercée lors d'une gestion pastorale. Lorsque la végétation tend à se fermer, ce que nous observons dans l'O.B.T. et dans l'O.B.O., l'ouverture à laquelle concourent les moutons favorise le développement de la fétuque. Cependant, cette espèce, très appréciée des moutons, subit une pression de pâturage qui compense l'apparition de conditions de développement plus favorables à l'espèce.

Quel que soit le groupement végétal, *Bromus erectus* n'apparaît nullement favorisé par la paissance. Lorsque le milieu est ouvert (F.L.B.), cette graminée est défavorisée par le pâturage. Elle l'est davantage dans l'O.B.T. et semble indifférente dans l'O.B.O.

Dans les milieux ouverts ou intermédiaires (O.B.T.), *Brachypodium pinnatum* est favorisé, de manière circonscrite, par le pâturage ovin. Cependant dans un milieu très fermé (O.B.O.), la gestion pastorale s'avère assez défavorable à cette graminée. Compte tenu que la progression de cette plante doit être limitée, il faut que les animaux pâturent au maximum dans l'O.B.O. et pâturent le moins possible dans le F.L.B. et l'O.B.T.

La pratique d'une gestion pastorale a un impact variable selon l'espèce graminéenne et le groupement végétal dans lequel elle est réalisée. Les ovins opèrent une sélectivité des graminées. Dans un milieu ouvert du type *Festuco lemanii-Brometum*, le pâturage ovin a un impact très négatif sur le développement de l'espèce qui domine le groupement, *Festuca lemanii*. Cette dernière espèce graminéenne réagit très fortement à la paissance. En milieu intermédiaire, soit l'*Onobrychido-Brometum typicum*, dominé par le Brome et au sein duquel la Fétuque est indifférente, le Brome est la graminée qui subit la plus forte diminution. Dans le groupement fermé qu'est l'*Onobrychido-Brometum origanetosum* l'impact est très négatif sur l'espèce qui domine le groupement, *Brachypodium pinnatum*. Pour des raisons différentes dans chaque groupement, c'est l'espèce qui domine physionomiquement le groupement qui subit l'impact le plus négatif par les animaux. La biologie des espèces, notamment la pression individuelle de chaque espèce, peut conduire à la différenciation de nombreux faciès physionomiques (GUYOT, 1967). Dans notre cas, le pâturage aurait plutôt tendance à limiter la formation de faciès graminéen, car l'espèce la plus abondante est toujours la plus broutée par les animaux. C'est *Festuca lemanii* qui est l'espèce la plus appétente, on aurait pu penser que quel que soit le groupement végétal, elle subirait un net recul. Mais la combinaison de l'appétence, des exigences écologiques de développement des espèces, de la disponibilité et de l'accessibilité pour les animaux entraîne un impact différent des animaux sur les différentes espèces dans les différents groupements.

Enfin, l'impact du pâturage évolue au cours du temps. Les animaux semblent changer leurs comportements sur les différentes espèces au cours du temps. Les effets, positifs ou négatifs, apparaissent parfois rapidement, en une seule année parfois, tandis que dans d'autres cas, il faut attendre trois ans pour voir apparaître des différences significatives de résultats. Ceci a déjà été démontré dans les landes acides du Massif Central, où à l'intérieur des graminées fourragères, il semble se produire au cours du deuxième cycle un report de consommation des graminées à feuilles fines vers les graminées à feuilles larges. Au fil des deux années de pâturage, la proportion « d'espèces diverses » et de nard dans le bol alimentaire diminue au profit des graminées à feuilles larges (LOISEAU et BECHET, 1975).

4. De l'impact du pâturage sur les espèces

5.1. Evolution de l'indice de SHANNON

La diversité est calculée par l'indice de Shannon dont la formule est :

$$H'_a = - \Sigma\, p_i \log_2 p_i$$

Ou **pi** représente l'abondance relative de l'espèce **i**

L'indice de Shannon varie de 0 (une seule espèce présente) à $\log_2 S$. Cet indice dépend de la richesse du peuplement.

Toutes les espèces étant indifféremment consommées, celles montrant les plus grandes vitesses de repousse ou de multiplication vont être automatiquement sélectionnées dans la régénération du tapis végétal. Elles vont dominer très rapidement. La diversité s'en trouve diminuée.

L'augmentation du nombre d'espèces est généralement considérée comme un critère

d'évaluation de la gestion. Cependant, on a vu dans le chapitre dynamique que les milieux ourléifiés recèlent plus d'espèces que les pelouses xérophiles. Le pâturage entraîne également une augmentation de l'équitabilité ($E = H'_x / \log_2 S$)(DUTOIT *et al*, 1995), mais nous préférons exprimer les résultats par l'indice de SHANNON calculé pour chaque placette de mesure (figure 96), car les résultats tiennent mieux compte des espèces faiblement représentées. La diversité augmente dans les parcelles pâturées, quel que soit le groupement végétal, alors que dans les parcelles non pâturées, cet indice reste stable ou diminue très légèrement. Dans le F.L.B., la diversité des parcelles pâturées était, en 1994, bien inférieure aux parcelles non pâturées (3.46). En 1998, après seulement quatre ans de pâturage, les deux indices de diversité sont quasi identiques. Les résultats sont encore plus nets dans les milieux méso-xérophiles (O.B.T.) avec un écart de 1 point apparu entre la mise en place du pâturage en 1994 et 1998. C'est surtout dans l'O.B.O. où les deux indices étaient quasi identiques (2,82 et 2,89) qu'un peu plus d'un point d'écart est apparu en 1998 (2,86 dans les parcelles non pâturées contre 3,98 dans les parcelles pâturées).

On peut constater que l'évolution de cet indice de diversité est progressive (figure 96). L'impact des moutons se fait sentir dans les trois groupements sur la végétation de plus en plus et cela d'année en année. C'est bien sûr le groupement le plus fermé (l'O.B.O.) qui réagit le plus violemment à cette perturbation, ce qui est logique car il constitue un stade de la succession formé d'une période de stabilité plus longue que les deux autres groupements. Le piétinement et toutes les perturbations induites par les animaux diversifient les niches écologiques et permettent à des espèces d'apparaître. On sait, en effet, que le pâturage crée une diversité structurale, comme la fauche, qui agit au niveau de la diversité et de la répartition spatio-temporelle des biomasses. Quant au pâturage extensif, il agit également sur la diversification de la structure de la végétation (WELLS, 1969 ; HILLEGERS, 1993 ; WILLEMS, 1983 ; BOBBINK, 1989). Le surpâturage aboutit également parfois à un bilan positif en matière de richesse floristique (avec apparition d'espèces nitratophiles et/ou liées au piétinement), mais le bilan en terme de valeur patrimoniale est généralement négatif.

Le pâturage provoque une augmentation de l'indice de SHANNON, donc une diversification de la flore, ce qui est globalement positif pour la pelouse, mais ne saurait être suffisant pour évaluer l'impact du pâturage. Une analyse plus fine des résultats au niveau des espèces qui apparaissent où disparaissent, est indispensable. C'est l'objet des paragraphes suivants.

5.2. Impact du pâturage sur les espèces prises individuellement

Nous traiterons des tendances évolutives spécifiques à chaque espèce dans les trois groupements végétaux (tableaux 63, 64, 65 et 66). Pour ce faire, nous n'avons retenu que les premières et dernières années d'observation, ce qui introduit un premier facteur d'hétérogénéité, car les espèces, encore plus que les types biologiques, peuvent avoir des abondances contrastées d'une année à l'autre. Mais, il fallait prendre une année de référence pour tirer un premier bilan et l'année 1998 est la plus adéquate. Nous tiendrons compte des variations annuelles observées entre 1994 et 1998 pour valider les résultats obtenus. Si les variations annuelles sont beaucoup plus importantes que les différences observées entre 1994 et 1998, on ne pourra pas apporter de réponse valable à l'action du pâturage.

Le taux de variation du recouvrement selon Braun-Blanquet (voir méthodologie) entre ces deux années, dans chaque groupement végétal, pour les parcelles témoins, d'une part, et celles pâturées, d'autre part, a été calculé. Les taux de variations indiquées sur les trois tableaux correspondent au rapport des indices de masse entre l'année 1998 sur l'année 1994. Une valeur supérieure à 1 signifie que l'espèce a augmenté entre 1994 et 1998, tandis qu'une valeur inférieure à 1 signifie que l'espèce a régressé durant la même période (cf. légende du tableau 63).

Pour les espèces très peu représentées, souvent considérées en phytosociologie comme accidentelles, nous avons préféré ne pas les enlever de ne pas entraîner une certaine subjectivité dans l'interprétation des résultats.

Dans les zones témoins non pâturées, la végétation suit la dynamique naturelle des pelouses calcicoles et explique les variations observées. En effet, certaines espèces sont apparues tantôt hors pacage, tantôt en pacage, d'où une impossibilité, dans certains cas, de calculer l'impact du pâturage, ce que nous avons traduit, dans le tableau synthétique par « ? », lorsqu'il été impossible de connaître le comportement de la plante. Les résultats sont présentés par groupement végétal, puis une synthèse est effectuée sur la base de groupes d'espèces réagissant de la même manière à la pâture.

5.2.1. Le *Festuco lemanii-Brometum (F.L.B.)*

Le F.L.B. (tableau 63) est un groupement végétal que les moutons affectionnent particulièrement. On l'observe très bien à Lorry-Mardigny, dans un enclos d'une dizaine d'hectares, où les animaux sont libres et où l'on constate qu'ils ont une forte pression sur le F.L.B.

Dans le F.LB. non pâturé, les espèces qui apparaissent sont *Tragopogon pratensis, Phleum phleoides, Trifolium striatum, Cynosurus cristatus, Leucanthemum vulgare, Trifolium montanum, Luzula campestris, Gymnadenia conopsea, Trifolium repens, Trifolium montanum, Trifolium pratense*, ainsi que d'autres espèces qui se développent plus abondamment : *Prunus spinosa, Arrhenatherum elatius, Senecio jacobaea, Quercus sp., Prunella vulgaris, Tunica prolifera, Senecio jacobaea, Vicia sativa, Vicia hirsuta, Trifolium rubens, Carlina vulgaris* et *Daucus carota.* Ces plantes sont presque toutes mésophiles, mésotrophes à eutrophes (*Cynosurus cristatus, Arrhenatherum elatius, Trifolium pratense*). L'absence de pâturage se traduit surtout par l'apparition de plantes des ourlets comme *Trifolium montanum, Leucanthemum vulgare, Tragopogon pratensis*, ainsi que du développement des plantes ligneuses (*Quercus sp, Prunus spinosa*). L'absence de pâturage aboutit à une fermeture du milieu favorable au développement de plantes moins héliophiles, xérophiles et thermophiles, donc au démarrage de la dynamique successionnelle secondaire des pelouses calcicoles. Mais ces résultats, comme tous ceux obtenus, n'ont de valeur que dans la mesure où ils peuvent être comparés à ceux des parcelles pâturées. De plus, la plupart de ces espèces sont faiblement représentées dans le groupement. Leur disparition n'a donc pas beaucoup de significations sur le plan écologique.

Dans le F.L.B. non pâturé (tableau 63), les espèces qui disparaissent sont *Rosa rubiginosa, Silene vulgaris, Prunella laciniata, Leontodon hispidus, Holcus lanatus, Cerastium arvense, Dianthus carthusianorum* et *Erophila verna.* Ce cortège floristique est hétérogène au niveau de la signification écologique que l'on peut en tirer. La disparition de plantes comme *Cerastium arvense, Prunella laciniata, Erophila verna, Leontodon hispidus* traduit la fermeture du milieu. Dans le même temps, des plantes de milieux ourléifiés disparaissent également (*Rosa*

rubiginosa, Silene vulgaris). Mais ces deux plantes sont faiblement représentées dans l'effectif global et l'on peut penser que ces résultats expriment effectivement une fermeture du biotope.

Dans le F.L.B. pâturé, les espèces qui disparaissent, entre 1994 et 1998, sont *Polygonum aviculare, Leontodon hispidus, Trifolium pratense, Vicia tenuifolia, Sedum acre, Seseli libanotis, Holcus lanatus, Arrhenatherum elatius, Capsela bursa-pastoris, Koeleria pyramidata, Erophila verna, Medicago falcata, Delia segetalis, Veronica arvensis.* Dans le F.LB. pâturé, les espèces qui apparaissent sont *Prunella laciniata, Onobrychis viciifolia, Salvia pratensis, Carlina vulgaris, Trifolium repens, Stachys recta, Prunella vulgaris, Taraxacum erythrosperma, Ononis spinosa, Cerastium arvense, Sieglingia decumbens* et *Cirsium acaule.* L'ensemble de ces résultats, ainsi que ceux des espèces qui augmentent ou diminuent, est analysé dans le paragraphe de synthèse sur le comportement des espèces dans les trois groupements végétaux.

5.2.2. L'*Onobrychido-Brometum* sous association typique (O.B.T.)

Dans l'O.B.T. non pâturé (tableau 64), les espèces qui apparaissent sont *Inula conyza, Lathyrus pratensis, Centaurea scabiosa, Seseli montanum, Primula veris, Bupleurum falcatum, Vicia tenuifolia, Euphorbia cyparissias, Senecio jacobaea, Rosa canina, Origanum vulgare, Potentilla neumanniana* et *Sanguisorba minor.* Ce sont toutes (sauf *Potentilla neumanniana*) des plantes mésophiles des *Trifolio-Geranietea.* Bien plus que dans le F.L.B., l'absence de pâturage se traduit par la colonisation des plantes d'ourlets. Dans l'O.B.T. (tableau 64) non pâturé, les espèces qui disparaissent sont *Lathyrus tuberosus, Prunella laciniata, Cerastium arvense, Campanula glomerata, Anthyllis vulneraria, Hieracium pilosella, Scabiosa columbaria, Helianthemum nummularium, Asperula cynanchica, Cirsium acaule, Salvia pratensis, Eryngium campestre, Teucrium chamaedrys, Trifolium medium, Lathyrus nissolia* et *Fragaria viridis.* Une autre série d'espèces, plus abondantes en 1994, disparaît également (*Onobrychis viciifolia, Luzula campestris, Bunium bulbocastanum, Rhinanthus minor, Campanula rapunculus, Trifolium montanum, Cerastium brachypetalum, Thymus praecox, Plantago media, Pimpinella saxifraga, Leontodon hispidus, Allium sphaerocephalon, Thesium humifusum, Veronica arvensis* et *Prunella vulgaris).* La plupart d'entre elles sont très abondantes dans les milieux xéro-thermophiles des pelouses calcicoles (*Anthyllis vulneraria, Scabiosa columbaria, Asperula cynanchica, Teucrium chamaedrys*; etc...). L'absence de gestion entraîne une modification du biotope, la fermeture du milieu et leur disparition.

Dans l'O.B.T. pâturé, les espèces qui apparaissent sont *Agropyrum repens, Senecio jacobaea, Tunica prolifera, Veronica prostrata, Prunella laciniata, Platanthera sp, Thlapsi perfoliata, Vicia sativa, Polygala calcarea, Trifolium repens, Ranunculus bulbosus, Salvia pratensis* et *Plantago lanceolata.* Ce sont pour la plupart des plantes xéro-thermophiles qui profitent de l'ouverture du milieu pour se développer. Il est intéressant de noter l'apparition de *Veronica prostrata,* assez rare autour de Metz, espèce typique des dalles rocheuses calcicoles des *Sedo-Scleranthetea.* Les autres espèces ont des significations écologiques diverses (niveau de trophie important, milieux perturbés, fort piétinement), elles sont assez banales.

Dans l'O.B.T. pâturé, les espèces qui disparaissent sont *Reseda lutea, Cirsium arvense, Trifolium pratense, Veronica arvensis, Crataegus monogyna, Calystegia sepium, Aster amellus.* Ces plantes ont des origines phytosociologiques diverses et l'on ne peut dégager de véritables tendances évolutives sur la base de ces 7 taxons. L'ensemble de ces résultats, ainsi que ceux des espèces qui augmentent ou diminuent dans ce groupement, sont analysés dans le paragraphe de synthèse sur le comportement des espèces dans les trois groupements végétaux.

5.2.3. L'*Onobrychido-Brometum* sous association à *Origanum vulgare* (O.B.O.)

Dans l'O.B.O. non pâturé (tableau 65), les espèces qui apparaissent sont, *Rosa canina, Hieracium pilosella, Prunella laciniata, Anacamptis pyramidalis, Ligustrum vulgare, Senecio jacobaea, Tragopogon pratensis, Pimpinella saxifraga, Potentilla neumanniana, Cornus sanguinea, Listera ovata, Vicia tenuifolia, Polygala calcarea, Prunus spinosa, Ranunculus bulbosus* et *Trifolium montanum.* Comme c'est le cas dans le F.L.B. et l'O.B.T., ces plantes (sauf *Polygala calcarea, Hieracium pilosella* et *Prunella laciniata*) indiquent la fermeture du milieu, conséquence de l'absence de gestion. Dans l'O.B.O. non pâturé, les espèces qui disparaissent sont *Fragaria viridis, Inula salicina, Salvia pratensis, Stachys recta, Trisetum flavescens, Thesium humifusum, Carex caryophyllea, Vicia sepium, Anthyllis vulneraria, Prunella vulgaris, Trifolium campestre, Orobanche teucrii, Prunella laciniata, Bellis perennis* et *Globularia bisnagarica.* Ce sont pour la plupart des espèces méso-xérophiles typiques des pelouses de Lorraine. Certaines sont relativement rares dans le Nord de la région (*Globularia bisnagarica, Thesium humifusum, Orobanche teucrii*), ce qui confirme que l'absence de gestion peut être responsable de la disparition de plantes rares.

Il est intéressant de constater que les arbustes se développent dans l'O.B.O. non pâturé. L'action faible des animaux dans ce groupement n'arrive pas à éliminer la germination et le développement des jeunes arbustes.

Dans l'O.B.O. pâturé (tableau 65), les espèces qui apparaissent sont *Prunus spinosa, Ligustrum vulgare, Cornus sanguinea, Carex tomentosa, Listera ovata, Polygala calcarea, Prunella grandiflora, Senecio jacobaea, Teucrium montanum* et *Trifolium montanum.* On note également que *Teucrium montanum*, une des plantes les plus thermophiles, a germé dans l'O.B.O. Malheureusement, il est peu probable que ces individus se maintiennent.

Dans l'O.B.O. pâturé, les espèces qui disparaissent sont *Arenaria serpyllifolia* subsp. *leptoclados, Bellis perennis, Cirsium arvense, Dianthus carthusianorum, Fragaria viridis, Inula conyza, Koeleria cristata, Medicago lupulina, Orobanche teucrii, Quercus sp, Salvia pratensis, Thesium humifusum, Trifolium campestre, Trisetum flavescens* et *Vicia sepium.* La plupart de ces plantes préfèrent les milieux ouverts et la colonisation du Brachypode fait disparaître rapidement ces espèces.

L'ensemble de ces résultats, ainsi que ceux des espèces qui augmentent ou diminuent sous l'action du pâturage, sont analysés dans le paragraphe de synthèse sur le comportement des espèces dans les trois groupements végétaux.

5.3. Bilan de l'impact du pâturage sur les espèces, dans les différents groupements

Les espèces sont indépendantes les unes des autres (tableau 66). Chaque espèce réagit différemment face à une contrainte écologique ou anthropique. Ceci n'exclut cependant pas les nombreuses interactions qui existent entre les différents taxons d'une communauté et qui permettent de comprendre que la même espèce peut avoir des réactions différentes dans des groupements différents.

Certaines espèces végétales présentent une réponse homogène (dans plusieurs groupements) au pâturage, qui se traduit par une augmentation de leur recouvrement au sens strict, ou par une apparition au cours de l'étude. Comme l'ont montré WEDIN et TILMAN

(1996) et TILMAN et WEDIN (1991), pour la fertilisation, le pâturage influence les espèces de la communauté végétale selon plusieurs modalités. Il peut provoquer l'apparition ou la disparition d'espèces, la variation de la fréquence d'apparition et la différence d'abondance. Dans certains cas, le pâturage ne semble avoir aucune influence sur certaines plantes. Quant à LOISEAU et BECHET (1975), ils définissent trois types d'espèces : le premier type est composé de plantes mangées à proportion de l'offre, le second correspond aux espèces refusées et le troisième correspond aux espèces recherchées par les animaux. L'appétibilité, selon YOUNG (1968), est la réponse hédonistique à un aliment selon son goût, son odeur, sa température, son toucher, son apparence. Les plantes ont donc des réactions parfois convergentes, parfois divergentes en fonction du contexte de pâturage.

Certains résultats pour quelques espèces n'apportent aucune indication sur leurs comportements (tableau 66). C'est le cas de toutes les plantes présentes uniquement dans les parcelles témoins. Pour les taxons présents uniquement dans les parcelles pâturées, on tiendra seulement compte des résultats obtenus dans ces conditions pour estimer l'impact du pâturage sur ces plantes, mais il n'est pas exclu de penser qu'un comportement identique aurait été observé dans les parcelles non-pâturées. Ceci explique notre prudence.

11 groupes d'espèces ont été identifiés, correspondant à des comportements quasi identiques de la plante entre les trois groupements végétaux. Certains groupes sont importants (16 taxons), tandis que d'autres ne sont représentés que par une seule espèce (*Vicia tenuifolia*) (tableau 66). Les résultats et les discussions sont présentés par groupe d'espèces ayant le même comportement.

5.3.1. Les espèces indifférentes au pâturage

Un certain nombre d'espèces végétales se caractérise par une indifférence notable face à l'action des moutons, réaction constante sur l'ensemble des groupements phytosociologiques envisagés (tableau 66) ou sur une partie d'entre eux. Les espèces indifférentes au pâturage sont *Erophila verna, Lolium perenne, Holcus lanatus, Phleum phleoides, Allium sphaerocephalon, Trifolium medium, Orchis militaris, Briza media, Senecio jacobaea, Anacamptis pyramidalis, Bellis perennis, Cornus sanguinea, Inula salicina, Listera ovata, Orobanche teucrii* et *Vicia sepium.*

D'après la bibliographie, les espèces annuelles augmentent grâce au pâturage. C'est le cas d'*Erophila verna*, mais aussi, aux Pays-Bas, de *Saxifraga tridactylites, Myosotis spp., Minuartia hybrida, Erodium cicutatrium, Cerastium spp., Centaurium pulchellum, Arenaria serpyllifolia* et *Veronica spp* (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Ceci qui n'est pas mis en évidence dans nos résultats pour *Erophila verna.*

Pour *Inula salicina*, nous n'avons pas d'indications bibliographiques. On sait seulement que *Inula conyza* est refusé par les animaux (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Quant à *Senecio jacobaea*, il a la propriété de contenir des alcaloïdes vénéneux, ce qui lui permet d'échapper au broutage animal, mais son apparition peut être imputable à la germination de ses semences, permise par l'action des moutons. Cette espèce devrait être favorisée par le pâturage, ce qui n'est pas mis en évidence dans notre étude dans le F.L.B.. Néanmoins, dans l'O.B.O. et l'O.B.T., elle apparaît uniquement dans les parcelles pâturées, ce qui laisse entendre qu'effectivement ce taxon est favorisé par le pâturage.

En ce qui concerne les géophytes et les plantes à éclipses, *Listera ovata, Orchis militaris, Allium sphaerocephalon, Anacamptis pyramidalis* et *Orobanche teucrii*, le pâturage reste sans action. Le mode de vie très particulier de ces plantes, à système souterrain très développé, peut expliquer en partie leur indifférence face au pâturage. Néanmoins pour ce type de végétaux, il faut analyser leurs comportements sur un grand nombre d'années afin de tenir compte du temps de réaction, parfois supérieur à trois ans, entre la germination des graines, le développement des feuilles et la floraison.

5.3.2. Les espèces défavorisées par le pâturage dans les trois groupements végétaux

Les espèces défavorisées par le pâturage dans les trois groupements végétaux sont *Campanula rotundifolia, Pimpinella saxifraga, Brachypodium pinnatum* (sauf dans le F.L.B.) et *Koeleria pyramidata* (tableau 66). Les pelouses pâturées se caractérisent par une régression des floraisons (DUVIGNEAUD, 1983), mais il est impossible d'attribuer à la chute des floraisons les diminutions d'effectifs pour des hémicryptophytes (*Pimpinella saxifraga, Campanula rotundifolia*, etc...) après seulement quatre années, qui plus est pour des plantes qui se multiplient abondamment de manière végétative (*Brachypodium pinnatum et Koeleria pyramidata*). La sélectivité des animaux est donc la raison principale de leur diminution. On sait, en effet, que *Campanula rotundifolia* est refusé par les animaux (HILLEGERS, 1993). Il devrait donc progresser dans les pâturages, ce qui n'a pu être observé dans notre étude. Quant à *Brachypodium pinnatum* et *Koeleria pyramidata* (HILLEGERS, 1993), ils sont, au contraire, appréciés des moutons, ce qui explique leur diminution.

5.3.3. Les espèces défavorisées dans le F.L.B.

Les espèces défavorisées dans les milieux ouverts sont *Medicago falcata, Seseli libanotis, Sedum acre, Capsella bursa-pastoris, Trifolium striatum, Delia segetalis, Polygonum aviculare, Koeleria cristata, Veronica arvensis, Hypericum perforatum, Trifolium rubens, Trifolium pratense* et *Galium verum* (tableau 66). Selon HILLEGERS (1993), *Hypericum perforatum* est refusé par les animaux. Les résultats du pâturage mis en place dans la réserve de Grand Pierre et Vitain aboutissent également au développement d'espèces refusées par les moutons (*Hypericum perforatum*). Quant à DUVIGNEAUD (1983), il indique que le millepertuis (*Hypericum perforatum*) n'est pas mangé par les lapins. Malgré cela, cette plante ne se développe pas sensiblement plus sur les pelouses et semble se développer très légèrement sous l'action du pâturage. *Hypericum perforatum* est trois fois plus abondant dans les parcelles pâturées, entre 1994 et 1998, mais dans le même temps, il est cinq fois plus abondant dans les parcelles non pâturées, pour la même période, d'où la difficulté de conclure de la même manière que les auteurs cités ci-dessus. Pour ce qui est des légumineuses (*Medicago falcata, Trifolium rubens, Trifolium pratense* et *Trifolium striatum*), leur richesse en azote en fait des plantes très appréciées des animaux, qui leur font subir de gros dégâts.

5.3.4. Les espèces défavorisées par le pâturage dans l'O.B.T

Les espèces défavorisées par le pâturage dans l'O.B.T. sont *Aster amellus, Avenula pratensis, Lathyrus nissolia, Festuca pratensis, Agrostis capillaris, Cynosurus cristatus, Genistella sagittalis, Centaurea scabiosa, Sanguisorba minor, Crataegus monogyna, Anthericum ramosum* et *Cirsium arvense* (tableau 66).

Ceci s'explique très bien car selon HILLEGERS (1993), *Centaurea scabiosa* et *Scabiosa columbaria* sont refusés par les animaux. Il n'en est pas de même pour *Sanguisorba minor* et *Avenula pratensis*, qui sont consommées par les animaux HILLEGERS (1993).

5.3.5. Les espèces défavorisées par le pâturage dans l'O.B.O.

Les espèces défavorisées par le pâturage dans les milieux ourléifiés (O.B.O.) sont *Prunus spinosa, Quercus sp., Bupleurum falcatum, Centaurea jacea, Rosa canina, Knautia arvensis, Primula veris* et *Viola hirta* (tableau 66). Selon HILLEGERS (1993), *Knautia arvensis* et *Bupleurum falcatum*, sont refusés par les animaux. Ils devraient donc être favorisés par la paissance. Nous notons, ici, que le pâturage ovin conduit à une régression nette des espèces des pelouses mésophiles (*Primula veris, Centaurea jacea, Knautia arvensis*) (MAUBERT & DUTOIT, 1995) et d'espèces caractéristiques des ourlets de l'*Origanetalia vulgaris* (*Bupleurum falcatum, Viola hirta*) (MÜLLER, 1961 *in* MAUBERT & DUTOIT, 1995), ce qui semble évoquer une certaine efficacité de la paissance dans l'ouverture des milieux mésophiles fermés amenant à des pelouses plus xériques. Quant aux arbustes, ils étaient soit broutés par les animaux, soit dégagés par les bergers.

5.3.6. Les espèces défavorisées dans le F.L.B. et favorisées ou indifférentes dans l'O.B.T. et l'O.B.O.

Les espèces défavorisées dans le F.L.B. (tableau 66) et favorisées ou indifférentes dans l'O.B.T. et l'O.B.O. sont : *Arrhenatherum elatius, Veronica prostrata, Trisetum flavescens, Achillea millefolium, Lotus corniculatus, Trifolium montanum, Asperula cynanchica, Bromus erectus, Festuca lemanii, Anthyllis vulneraria, Medicago lupulina, Carex caryophyllea* et *Hippocrepis comosa. Anthyllis vulneraria, Achillea millefolium, Trisetum flavescens, Arrhenatherum elatius, Bromus erectus*, sont consommés par les animaux, ce qui explique leur régression dans le F.L.B. Ce groupement n'est pas le biotope le plus favorable à leur croissance. Les espèces préfèrent les milieux un peu plus fermés, dans lesquels elles résistent mieux à l'action des ovins. Quant à *Asperula cynanchica* et *Veronica prostrata*, ce sont des espèces xérophiles refusées par les animaux selon HILLEGERS (1993). Ils sont cependant défavorisés dans le F.L.B. par les perturbations que provoquent les ovins. Ces mêmes animaux, par leur action d'ouverture des milieux xérophiles rendent le biotope plus accueillant pour ces plantes et leur développement en est accéléré.

5.3.7. Les espèces défavorisées dans le F.L.B. et l'O.B.T. et favorisées dans l'O.B.O.

Seul *Vicia tenuifolia* est défavorisé dans le F.L.B. et l'O.B.T. et favorisé dans l'O.B.O. (tableau 66). Cette plante est consommée par les animaux, mais son accessibilité dans les ourlets est faible. Les animaux vont donc en prélever dans les endroits les plus accessibles et permettre indirectement à la plante de proliférer dans les ourlets. Ceci s'observe très bien à Lorry-Mardigny.

5.3.8. Les espèces à comportements différents selon les groupements végétaux sans montrer de tendances très nettes

Certaines espèces ont des comportements différents selon les groupements végétaux sans montrer de tendances très nettes (tableau 66). Cependant, ces plantes sont globalement défavorisées par le pâturage. Ce sont *Sieglingia decumbens, Dactylis glomerata, Taraxacum*

laevigatum, Cerastium arvense, Peucedanum cervaria, Teucrium montanum, Teucrium chamaedrys, Arenaria serpyllifolia subsp. *leptoclados, Scabiosa columbaria* et *Dianthus carthusianorum.* Dans cette liste, selon HILLEGERS (1993), seul *Teucrium chamaedrys* est refusé par les animaux. Il est très difficile de comprendre le comportement de ces plantes, dont l'origine écologique et le comportement face aux ovins sont très variables.

5.3.9. Les espèces à comportements très différents d'un groupement à l'autre

Pour ce groupe d'espèces, il est difficile de dégager une tendance, car les comportements sont très différents d'un groupement à l'autre (tableau 66). Ce sont *Calystegia sepium, Agrimonia eupatoria, Genista tinctoria, Stachys recta, Globularia bisnagarica, Potentilla neumanniana, Seseli montanum, Poa pratensis, Plantago media, Leucanthemum vulgare, Thalictrum minus* et *Anemone pulsatilla.* On sait pourtant que, selon HILLEGERS (1993), *Stachys recta, Genista tinctoria* et *Pulsatilla vulgaris* sont refusés par les animaux. Ils devraient se développer sous l'action du pâturage, mais la combinaison de la perturbation du milieu occasionnée par le passage des animaux, la modification du biotope, le prélèvement de certaines espèces rendent parfois complexe l'interprétation possible de l'effet des ovins. C'est le cas pour ces espèces. Dans le cas de *Globularia bisnagarica,* BOUXIN et GAUTIER (1982) ont montré que son développement était maximal dans les pelouses ouvertes et il ne dépendait que faiblement des facteurs mésologiques ou du mode de reproduction de la plante. Il est un peu favorisé dans l'O.B.O. car les moutons rendent le milieu plus favorable à sa croissance. La même interprétation peut être faite pour *Seseli montanum.*

5.3.10. Les espèces favorisées par le pâturage

Les espèces suivantes sont favorisées par le pâturage, à des degrés divers (tableau 66). Elles sont classées par ordre d'impact croissant de développement sous l'action des ovins. Ce sont *Prunella laciniata, Prunella vulgaris, Leontodon hispidus, Onobrychis viciifolia, Salvia pratensis, Thesium humifusum, Cirsium acaule, Linum catarticum, Ononis spinosa, Carex flacca, Eryngium campestre, Thymus praecox, Carlina vulgaris, Hieracium pilosella, Linum tenuifolium* et *Euphorbia cyparissias.* Pour huit d'entres elles, ces observations s'expliquent facilement, puisque, selon HILLEGERS (1993), *Carex flacca, Thymus praecox, Euphorbia cyparissias, Hieracium pilosella, Eryngium campestre, Leontodon hispidus, Linum catharticum* et *Ononis spinosa* sont refusés par les animaux. Quant aux résultats du pâturage mis en place dans la réserve de Grand Pierre et Vitain, il aboutit au développement d'espèces refusées par les moutons comme *Euphorbia cyparissias* (MAUBERT, 1996), ce que nous constatons aussi en Lorraine.

Parallèlement à cela, RUSCH et VAN DER MAAREL (1992) ont montré que dans les pelouses pâturées oligotrophes, la plupart des espèces des pelouses calcicoles peuvent coloniser les habitats créés par les ovins. C'est surtout le cas pour les thérophytes mais aussi pour les espèces opportunistes. La densité des espèces est, en effet, fonction de leurs aptitudes à coloniser les espaces de sols nus par germination des graines ou par multiplication végétative (émission de stolons, croissance des rhizomes, développement des touffes, etc...) (MITCHLEY, 1990).

La mise en pâture d'une terre s'accompagne d'une densification du sol dans les premiers centimètres induite par le piétinement des animaux. Aucune de ces plantes n'a une préférence particulière pour les sols tassés mais *Salvia pratensis* et *Hieracium pilosella* s'observent souvent sur les chemins où le sol est très tassé. Il est possible que la présence d'un sol tassé contribue à leur développement, mais ce n'est sans doute pas la raison essentielle.

Les espèces favorisées dans les espaces pâturés peuvent être des espèces nitratophiles (*Prunella vulgaris, Salvia pratensis*), des espèces des sols dénudés et des espèces toxiques (*Thymus praecox, Hieracium pilosella, Euphorbia cyparissias*) ou piquantes (*Eryngium campestre, Cirsium acaule, Ononis spinosa*). *Eryngium campestre* est dédaigné par les animaux (JOVET, 1949). Dans le cas du pâturage mis en place dans la réserve de Grand Pierre et Vitain (pâturage tournant avec une forte pression animale pendant une faible période), on ne constate pas le développement d'espèces nitratophiles. Dans cette réserve, une vingtaine de brebis Solognote pâturent, durant une huitaine de jours sur un parc mobile d'une surface comprise entre 500 et 1000 m^2, que l'on déplace pendant toute la période de végétation.

Prunella vulgaris diminue dans les pâtures, ce qui est confirmé par l'étude menée par DAVIS *et al.* (1993). Nous obtenons quant à nous un résultat contraire. Le port en rosette favorise pourtant une réaction positive à la paissance (MAUBERT & DUTOIT, 1995). C'est le cas pour *Prunella laciniata, Prunella vulgaris, Leontodon hispidus, Salvia pratensis, Cirsium acaule, Carex flacca, Thymus praecox, Carlina vulgaris* et *Hieracium pilosella.* Beaucoup d'espèces résistant bien au pâturage forment des rosettes que les animaux ont du mal à atteindre.

5.3.11. Les espèces favorisées uniquement dans l'O.B.T

Les espèces favorisées par le pâturage (tableau 66) sont, pour l'essentiel, des espèces basses, supportant mal la concurrence des hautes herbes, ou des espèces à faible durée de vie qui germent dans les zones dénudées par le piétinement ou le surpâturage (WELLS, 1969) ou encore des nitratophiles (DELESCAILLE, HOFMANS & WOUE, 1991). Les espèces favorisées uniquement dans l'O.B.T. lorrain sont *Cerastium brachypetalum, Trifolium repens, Campanula rapunculus, Tunica prolifera, Vicia sativa, Campanula glomerata, Fragaria viridis, Helianthemum nummularium, Polygala calcarea, Prunella grandiflora, Trifolium campestre, Ranunculus bulbosus, Agropyrum repens, Bunium bulbocastanum, Platanthera sp* et *Thlapsi perfoliata.*

Ranunculus bulbosus et *Helianthemum nummularium* sont refusés par les animaux (HILLEGERS, 1993), ce qui explique leur augmentation dans ce groupement. Les lapins ne broutent pas non plus *Helianthemum nummularium* (BOULLET, 1986). BULLOCK *et al.* (1994) ont observé également un impact positif du pâturage sur *Trifolium repens*, ce que nous avons aussi pu mettre en évidence. Les espèces annuelles qui augmentent aux Pays-Bas, grâce au pâturage sont *Cerastium spp., Arenaria serpyllifolia* et *Veronica spp* (VERBEKE & LEJEUNE, 1996). Il en est de même en Lorraine pour *Tunica prolifera, Cerastium brachypetalum, Trifolium campestre* et *Thlapsi perfoliata.*

5. Conclusions

Les moutons broutent la végétation de manière sélective et graduelle. Presque toutes les espèces réagissent au pâturage ; très peu n'ont pas montré de réaction après quatre ans de pâture. Le pacage des ovins, des caprins ou des bovins, la conduite et la charge du bétail, la périodicité et la durée du pâturage, le broutement des lapins, des lièvres et des chevreuils sont autant d'éléments qui induisent des modifications tangibles de la végétation, chacune d'entre elles constituant une variante puisée dans un fond synfloristique commun, l'association (BOULLET, 1986). Ceci s'est confirmé dans notre étude où les modifications floristiques maintiennent les associations végétales dans des groupements assez proches floristiquement au cours du temps. Ainsi, comme le souligne MOLINIER (*in* BOBLOS, MOLINIER et MONSERRAT, 1958 : note

infrapaginale p. 127), concernant la végétation de l'île de Majorque : " J'ai un peu l'impression que l'intense fréquentation des troupeaux superpose aux groupements naturels une note diffuse de nitratophile qui peut atteindre la plupart des groupements, sauf ceux où le bétail ne peut pénétrer ". Les espèces herbacées à épines se développent mieux sous le pâturage et la même remarque vaut pour les espèces très poilues, à forte odeur, les plantes rudérales, certaines nitratophiles et les espèces toxiques. En revanche, les plantes appréciées des animaux subissent une diminution de leur effectif, mais presque jamais de disparition.

Les modalités du pâturage doivent être définies en fonction des objectifs de gestion conservatoire. La pression ovine et le mode de pâturage ont une grande importance. Un pâturage libre avec une pression ovine faible suffira à maintenir ouvertes les pelouses du F.L.B. et de l'O.B.T., mais ne ralentira pas la dynamique de colonisation herbacée et arbustive de l'O.B.O.. Un pâturage libre avec une forte pression va permettre de stopper la colonisation ligneuse des ourlets, mais provoquera un surpâturage du F.L.B. et de l'O.B.T.. Un pâturage trop intensif nuit, en effet, par le tassement du sol, l'apport d'azote, au maintien des pelouses calcicoles dans leur physionomie et leur composition typique (BOCK, 1986). L'idéal consiste à exercer la pression la plus importante possible sur les milieux fermés et à exercer une faible pression ovine sur les milieux ouverts du F.L.B.

Les ovins souffrent lorsqu'ils pâturent les milieux ourléifiés. La mise en parcs mobiles des moutons du Plateau de Malzéville s'est traduite, au bout de trois semaines, par une chute de leur taux engraissement. L'agriculteur a dû les enlever. Selon GARBE (1994), il apparaît impossible de calculer le niveau de ressources fourragères d'un parcours indépendamment de la pratique qui va y être effectuée. Une gestion en mosaïque, alternant dans le temps des zones appétentes et moins appétentes, avec des pressions de pâturage appropriées pour chaque type de groupement constitue la solution idéale pour le gestionnaire d'espace naturel. Ceci n'est réalisable que par un gardiennage du troupeau ou par l'installation d'enclos mobiles déplacés progressivement sur la pelouse.

Le système de parcours ovin avec une race rustique permet d'éviter tous les effets néfastes du pâturage en enclos (apparition de zones surpâturées et sous pâturées, faciès d'espèces refusées, surpiétinement des zones de repos des animaux, développement des espèces nitratophiles (DUVIGNEAUD *et al.*, 1990). Le surpâturage est, en effet, évité grâce au pâturage extensif tournant grâce à l'utilisation d'enclos mobiles électrifiés (NATURE CONSERVANCY COUNCIL, 1982). Ce pâturage permet de sélectionner les zones de la pelouse et donc, entre guillemets, de faire un pâturage sélectif, et donc de limiter l'installation de zones sous ou sur-pâturées. L'installation d'un pâturage itinérant avec un berger est un moyen de limiter les effets du surpâturage (DUTOIT *et al.*, 1995). Malheureusement, pour des raisons économiques, il est parfois difficile de pratiquer un pâturage sélectif sur la parcelle. Dans ce cas, un pâturage à faible pression, tel celui qui a été mis en place en Lorraine (3 à 5 moutons/hectare/an), est la solution qui nuit le moins au tapis herbacé en rendant possible l'exploitation agricole du site.

Le pâturage lorsqu'il est possible, reste, en effet, la meilleure gestion, à condition de déterminer sa durée, sa périodicité, de choisir des animaux d'une race qui soit bien adaptée au but recherché et d'en contrôler sa densité (BOCK, 1986). Pour ce faire, une analyse du site, de son passé cultural, de l'évolution de ses potentialités fourragères au cours de la saison de végétation, doit être effectuée. La mise en place d'un protocole de suivi de l'impact du pâturage, qui prend en compte l'ensemble des paramètres influençant les résultats (site, groupement végétal, pression animale, période de pâturage) est la solution la plus complète et objective pour déterminer la gestion optimale d'une pelouse calcicole.

Chapitre 17 : Conclusions, synthèses et perspectives

Les pelouses calcaires de Lorraine n'avaient pas, jusqu'à présent, fait l'objet d'une étude complète ni sur le plan phytosociologique, ni sur le plan de l'impact des mesures de gestion conservatoire.

La typologie que nous avons établie est un outil indispensable aux gestionnaires de l'environnement pour les guider dans l'inventaire des richesses phytocoenotiques et les potentialités floristiques d'un site ainsi que dans la détermination des priorités régionales d'intervention. Le nombre de syntaxons décrits est important, malgré la faible diversité des associations en présence. L'ensemble des unités décrites appartienne au *Mesobromion*, dont la Lorraine possède l'ensemble des variations possibles, c'est à dire : typiques, marneuses, thermophiles, eutrophes, mésophiles et xérophiles.

Le facteur biogéographique, comme dans toutes les régions, contribue au déterminisme des unités syntaxonomiques, sans en être l'élément principal. Les influences méridionales, submontagnardes, sub-continentales et sub-atlantiques sont ressenties de manière différente sur chaque pelouse et pour chaque groupement végétal de la région.

On constate qu'il existe un lien très net entre le substrat géologique et le groupement végétal. La diversité des groupements trouve en grande partie son origine dans la diversité des substrats géologiques. En Lorraine, des substrats très différents, allant des marnes du Müschelkalk au calcaire massif du Rauracien, entraînent des pédogénèses, des fonctionnements hydriques du sol, des compositions chimiques du sol, des contextes géomorphologiques et des séries de végétation très différentes.

On n'oublie pas d'ajouter à ces phénomènes la diversité des passés culturaux (vignes, cultures céréalières, parcelles fauchées, pâturages ovins et quelquefois bovins), peu étudiés dans ce travail, mais dont l'action est ressentie dans la répartition d'espèces ou de syntaxons au sein de l'ensemble des pelouses, ainsi qu'au sein d'une même pelouse. Ainsi, l'hétérogénéité des groupements végétaux d'une pelouse résulte d'une histoire agro-pastorale complexe, mais aussi de mécanismes dynamiques variés, qui aboutissent dans un premier temps à la sélection de quelques taxons (Brome, parfois Seslérie et Brachypode le plus souvent) et d'un cortège floristique reflétant son histoire.

On constate également que la quasi-totalité des pelouses calcicoles de Lorraine se trouve en exposition Sud, alors que dans des contrées plus méridionales, divers auteurs ont pu montrer des distinctions floristiques entre des pelouses situées sur des pentes à expositions variées. Le fait de se trouver dans le Nord de la France contribue fortement à ce net préférundum pour l'exposition méridionale.

Les prospections effectuées ont eu aussi pour but d'évaluer l'état de conservation des dernières pelouses de Lorraine afin que les gestionnaires de l'environnement puissent élaborer une stratégie de conservation et définir les priorités d'intervention. Malheureusement, les considérations écologiques sont souvent subordonnées aux considérations économiques, aboutissant à une marge de manœuvre très faible de la part des organismes de gestion. Aussi, l'objectif principal de cette première étude phytosociologique à l'échelle de la région a-t-elle

été de donner un bilan phytosociologique des syntaxons présents les pelouses prospectées en vue de la remise en valeur d'une partie de ces pelouses, tout en espérant que les conclusions phytosociologiques qui pourront être tirées de nos prospections serviront, après l'état des lieux qu'elles ont permis d'établir, à motiver la mise en place d'une véritable politique régionale de conservation des espèces végétales menacées.

Sur l'ensemble des sites étudiés, moins de 20% font l'objet d'une gestion conservatoire et l'on constate partout une diminution de surface couverte par la pelouse au profit de fourrés d'épineux à flore très banale. Quasiment aucune des pelouses que nous avons prospectées n'échappe à ce phénomène. Ceci exclut, bien entendu, les nombreuses pelouses non prospectées, car déjà disparues, alors qu'elles abritaient, il y a seulement 40 ans de cela, une flore riche et diversifiée.

Enfin, le niveau de dégradation des sites due à l'abandon à des époques variées des pratiques agropastorales aboutit à des distinctions floristiques importantes. On a malheureusement pu constater la disparition totale de sites dont les relevés floristiques anciens indiquaient la présence de plantes devenues rares aujourd'hui. La quasi-totalité des sites sont concernés par ce phénomène à des stades différents selon la date d'abandon, mais l'on ressent sur toutes les pelouses de la région, que l'équilibre instable qui était maintenu au sein des communautés végétales a bien souvent basculé en faveur des mécanismes naturels de colonisation ligneuse de la végétation.

Les activités anthropiques ont créé également des habitats secondaires refuges pour des plantes xérothermophiles calcicoles, aujourd'hui rares, qui peuvent prendre parfois le relais de ces pelouses de faible surface qui disparaissent. Par exemple, les bords de routes, les accotements de voies ferrées, les constructions militaires de la guerre de 1870 et de 1914-1918, sont des habitats pionniers qu'il est important de gérer habilement. Par exemple, il ne faut surtout pas végétaliser les carrières avec des espèces herbacées banales afin de recréer une ambiance de pelouse, car tout un groupe de plantes xérothermophiles, souvent rares, ne pourront s'y installer par la suite. Ces biotopes secondaires xérothermophiles sont, et seront encore plus dans l'avenir, des milieux refuges pour les biocéonoses latéméditerranéennes en limite d'aire de répartition.

La gestion des bords de routes, quelquefois riches en Orchidées des *Festuco-Brometea*, peut être améliorée avec des périodes de fauche respectant à la fois les cycles biologiques des espèces et la sécurité routière. Les friches agricoles jouaient autrefois un rôle important de refuge pour des annuelles calcicoles, mais la dégradation des sols ainsi que les trop nombreux intrants (engrais, pesticides) ont annihilé ce réservoir biologique.

L'ensemble de ces habitats secondaires, peu prospectés, ont sans doute un rôle non négligeable pour la faune inféodée aux pelouses calcicoles et les plantes qui s'y maintiennent contribuent aussi à l'équilibre général des populations végétales des pelouses calcicoles de la région.

Malgré ce bilan en demi-teinte, les pelouses calcicoles restent, en Lorraine, l'un des milieux naturels les plus diversifiés. Les relevés phytosociologiques font apparaître des richesses taxonomiques moyennes de l'ordre de 27 à 35 espèces pour 25 m^2, ce qui place les pelouses calcaires parmi les milieux plus diversifiés de Lorraine. Certains relevés dépassent 45 espèces pour 25 m^2.

Des taxons rares pour la région, souvent en limite d'aire de répartition septentrionale, s'y maintiennent. Presque un quart des espèces protégées en Lorraine sont inféodées à des milieux xérophiles calcaires liés écologiquement aux pelouses des *Festuco-Brometea*, soit des dalles rocheuses, des pelouses, des ourlets thermophiles ou encore des lisières forestières thermophiles calcicoles.

L'avenir de ces milieux dépend en grande partie, à notre avis, du bon vouloir des agriculteurs qui doivent trouver ou retrouver un intérêt à faire pâturer ou à faucher ces surfaces plutôt que du financement d'autres travaux de recherche complémentaires. C'est l'un des volets du programme de recherche mis en place en 1994 (pelouses pâturées, pelouses sauvegardées), dont les conclusions économiques, si elles sont favorables à la conservation des pelouses calcicoles, devront être largement diffusées auprès des professionnels du monde agricole, qui détiennent en grande partie leur avenir. Notre travail s'est donc inscrit dans cette problématique de préparation et d'optimisation des interventions agricoles à pratiquer sur le plus grand nombre possible de pelouses du territoire régional.

Alors que les menaces de banalisation de la flore de ces milieux sont grandes, les problèmes que soulève leur gestion ont fait l'objet de protocoles dans le cadre de ce travail. Les nombreuses publications concernant la gestion de ces milieux ne sont, bien souvent, pas directement transposables d'une région à l'autre. Les conditions écologiques stationnelles et les potentialités de chaque espèce ne sont pas les mêmes dans les différents contextes biogéographiques et même au sein d'une pelouse dont les différentes parcelles ont des passés différents.

Dans le cadre de cette thèse, on a jugé utile d'étudier les mécanismes de la dynamique successionnelle afin de mieux comprendre, les modifications floristiques induites après leur abandon. On savait que les espèces qui coexistaient avaient des dynamiques interactives. On a pu montrer que le Brachypode avait un rôle majeur dans la détermination du cortège floristique d'un stade de la dynamique successionnelle. Il est le principal responsable de la disparition des espèces xérothermophiles et agit comme facilitateur dans l'amélioration des conditions écologiques qui permettent aux espèces mésophiles et aux espèces eutrophes de se développer. Le Brome a parfois aussi un rôle important dans la détermination de la composition floristique du groupement, mais il reste toujours, sauf exception, subordonné à celui de Brachypode. Les autres graminées sont moins déterminantes sur la physionomie et la composition du milieu.

Les espèces à faible développement, dont les annuelles, sont rapidement éliminées au fur à mesure que la biomasse de Brachypode augmente. Un seuil, autour de 200 g/m^2 a pu être identifié, au-delà duquel la dynamique végétale s'accélère et où la plupart des espèces à forte valeur patrimoniale disparaissent.

Nous avons cherché dans un autre volet de cette étude à préciser les mécanismes écologiques en ne considérant plus uniquement l'absence ou la présence d'une espèce comme bioindicateur du groupement, mais d'évaluer son comportement depuis le stade où elle apparaît jusqu'au moment ou les conditions écologiques deviennent trop défavorables à son maintien. Il était impossible de vouloir étudier ces mécanismes sur l'ensemble du cortège floristique. Les espèces choisies réagissent morphologiquement presque toutes à la colonisation du Brachypode. Leurs formes évoluent graduellement en fonction de la biomasse de Brachypode.

Nous avions émis l'hypothèse que *Teucrium chamaedrys* était un très bon phytomètre, ce qui s'est avéré, en effet, être le cas. L'étude fine de cette plante a permis de préciser les phénomènes pressentis, sur la base d'un lien très net unissant les conditions phytocoénotiques et la morphologie des individus de cette espèce. Une faible plasticité morphologique des individus existe dans cette espèce, ne permettant pas aux individus de s'adapter avec des formes diverses dans des contextes écologiques identiques, allant, dans notre cas, des pelouses xérophiles du *Festuco lemanii-Brometum* aux ourlets relativement fermés des *Trifolio-Geranietea.*

La quantité totale de biomasse de *Teucrium chamaedrys*, diminue avec la colonisation du Brachypode. Les feuilles et les fleurs sont moins abondantes, tandis que les individus deviennent de plus en plus grands. La régénération végétative des individus diminue progressivement. Leur taille, en moyenne, augmente en même temps que leur âge moyen et que la hauteur moyenne du tapis herbacé. On passe progressivement d'un groupement du F.L.B., contenant plusieurs centaines de jeunes *Teucrium chamaedrys* de moins de 10 centimètres, dont moins de la moitié fleurissent à quelques vieux sujets âgés et de grande taille (plus de 20 centimètres) qui fleurissent tous.

De ces travaux, plusieurs considérations écologiques doivent être retenues. La présence d'une espèce dans un groupement n'est pas garante de sa pérennité. La présence de fleurs ne l'est pas non plus, puisque les graines ne peuvent s'y développer. Les mécanismes de la reproduction végétative et sexuée fonctionnent différemment et ont chacun leur utilité dans l'installation et la vie de la population d'une espèce. Les graines produites par *Teucrium chamaedrys* lui permettent de coloniser de nouveaux secteurs géographiques de la pelouse, tandis que la multiplication végétative des brins, par ses tiges souterraines et rampantes, lui permet après son installation de se maintenir avec la densification du tapis herbacé.

On aurait pu penser que la plante arrêterait dans un premier temps sa multiplication sexuée avec la détérioration de son biotope, mais l'on constate, dans le cas de *Teucrium chamaedrys*, que la multiplication sexuée stoppe uniquement lors de la disparition totale de la plante.

Au niveau des mesures de gestion, ces résultats ont plusieurs conséquences. Dans le but de limiter les interventions de gestion, on sait que *Teucrium chamaedrys* est capable, par diverses stratégies, de se maintenir en vie ou de produire des graines dans des groupements fermés, mais n'a plus les capacités de régénérer chaque année une grande quantité de brins potentiellement florifères. La densification du tapis herbacé n'oblige pas à une opération de gestion immédiate, car la plante trouve des moyens de s'adapter à ce nouveau milieu. Néanmoins, sa reproduction est quasiment stoppée, et sans intervention, l'espèce est amenée à disparaître à court terme, car les graines de cette plante n'ont pas une vie très longue dans la banque de graines du sol. La biomasse critique semble se situer vers 150 g/m2 de Brome et de Brachypode. A partir de cette densité, la régénération végétative se ralentit, tandis que la biomasse consacrée à la floraison par les individus restant augmente, mais chute progressivement si l'on tient compte de l'ensemble des brins du milieu. Grâce à la grande taille des vieux individus, des fleurs s'observent jusqu'à la disparition totale de l'espèce du groupement. Il est d'autant plus important de conserver des plantes fleuries que certaines espèces ne sont pas présentes dans la banque de graines du sol, d'où une disparition certaine si ces individus disparaissent. La plante cherche à produire le maximum de graines jusqu'à sa disparition complète en espérant qu'elles trouveront de nouveaux milieux pionniers favorables à leur installation. Puis, elles vont couvrir la plus grande surface possible grâce à

leur capacité de multiplication végétative, avant que les graminées sociales ne les obligent à s'installer dans un nouveau secteur de la pelouse.

L'ensemble des résultats obtenus par cette étude indique qu'une gestion appropriée devra limiter au maximum la prolifération des graminées sociales et maintenir leurs biomasses totales en dessous de 150 g/m^2, sous peine de voir apparaître les espèces mésophiles et eutrophes, ainsi que les premiers ligneux.

Les deux méthodes traditionnelles d'entretien des pelouses calcaires, la fauche et le pâturage, ont été testées. Ces méthodes, complémentaires, sont applicables dans des contextes techniques et écologiques différents. Par exemple, les pelouses de pentes et les biotopes très rocheux ne peuvent être fauchés. Les pelouses non desservies par des chemins carrossables ne permettent pas aux engins d'y accéder. Quant au pâturage, il est techniquement délicat, car il nécessite un travail annuel du berger, ainsi que des bergeries, un suivi attentif de son troupeau, mais il est praticable sur presque tous les terrains. En effet, on a constaté que la gestion des Brachypodaies denses était difficile pour ces animaux, malgré l'emploi de races rustiques. Les moutons souffrent et maigrissent à brouter de l'herbe peu appétente.

L'ensemble des résultats, aussi bien sur le pâturage que la fauche, indique clairement qu'il faut concentrer son attention dans les biotopes dans lesquels le Brachypode est dominant, ou dans les milieux où l'abandon des pratiques de gestion commence à le faire progresser.

Un pâturage rapide (blitz grazing) tous les ans, voire tous les deux ans suffit à maintenir les groupements du F.L.B. au stade dynamique où ils se trouvent. La fauche de ces groupements n'est pas intéressante économiquement et écologiquement. Les dégâts causés aux plantes (surtout lors de la floraison) sont importants, tandis que les biomasses exportées sont en dessous d'une tonne à l'hectare, donc économiquement non rentables pour l'agriculteur. De plus, ces milieux sont presque toujours impraticables pour les engins.

Dans l'O.B.T., la fauche ou le pâturage peuvent être envisagés. Une intervention annuelle est souhaitable, si on envisage de pâturer, tandis qu'une intervention tous les deux ou trois ans suffit si on envisage le faucher. Si on décide de diminuer l'importance du tapis herbacé, une fauche estivale pratiquée tous les ans durant quatre à cinq ans suffit à réduire l'importance des herbacées. Un pâturage avec une pression ovine moyenne, pratiqué au début du printemps, suffit à maintenir le groupement végétal au stade dynamique où il se trouve. Si l'on décide d'ouvrir le milieu, une fauche avec une forte pression animale au printemps, suivi d'un second pâturage à l'automne suffit, en quelques années, à faire diminuer la densité du tapis herbacé. Avec une gestion plus agressive, c'est la vie des espèces qui est mise en cause, surtout leurs floraisons dans un premier temps.

Si on veut restaurer une pelouse calcicole abandonnée, les efforts doivent être surtout concentrés vers les surfaces recouvertes par l'O.B.O.. Il n'existe malheureusement pas de désherbants spécifiques pour le Brachypode. Une fauche annuelle à la fin du printemps et au début de l'été, au moment où le brachypode est à épiaison est la meilleure période d'intervention pour le faire régresser au profit du Brome et de la Fétuque. Avec une intervention à cette période, on élimine une biomasse épigée maximale, chargée d'éléments minéraux, encore non stockés dans le système racinaire. Une repousse d'automne produit une petite quantité de matière qui s'accumule sur le sol, mais qui n'est plus suffisante pour nuire

aux développements ultérieurs des plantes herbacées, annuelles et vivaces. Cette biomasse sèche peut être néanmoins fauchée à l'automne si l'on désire accélérer la ré-ouverture du milieu. Le pâturage des milieux recouverts par le Brachypode (O.B.O.) est très difficile, car il met les animaux à l'épreuve. Ces derniers doivent être parqués avec une forte charge animale à l'hectare pendant une durée suffisamment longue pour qu'ils commencent à consommer le Brachypode. En effet, un pâturage trop bref d'une brachypodaie est quasiment sans effet sur la dominance du Brachypode. Les animaux vont consommer l'ensemble des plantes appétentes avant de s'attaquer au Brachypode. De plus, on a constaté que cette gestion était presque incompatible avec une gestion rentable du troupeau, car les animaux souffrent beaucoup à pâturer dans des milieux très peu favorables à leur croissance et à l'agnelage. Les groupements de l'O.B.O. devront, autant que possible, être fauchés, ce qui sera plus efficace et plus rapide pour restaurer une végétation florigène et diversifiée. Le pâturage des groupements de l'O.B.O. est un moyen beaucoup plus long que la fauche pour restaurer une pelouse diversifiée. Il est économiquement peu rentable, et atteint la santé des animaux si l'on désire un impact fort sur la végétation.

Quant à la gestion de milieux couverts d'une strate arbustive, bien qu'elle n'ait pas fait l'objet d'une attention dans ce travail, on a constaté qu'elle nécessitait plusieurs années d'efforts. Une coupe à la fin du printemps, suivie d'une seconde coupe à la fin de l'automne, répétée pendant au moins trois ans, suffit à réduire considérablement la vigueur des individus. Cette intervention lourde, si elle est suivie d'un pâturage de début de printemps, suffit à faire quasiment disparaître les arbustes. Cependant, il est capital de maintenir des buissons, à la fois pour maintenir une certaine harmonie paysagère, mais aussi pour permettre, à toute une zoocéonose, de s'installer et de vivre au sein de la pelouse.

En ce qui concerne la généralisation des observations réalisées sur l'ensemble des pelouses lorraines, les conditions climatiques, et surtout édaphiques sont tellement différentes d'une vallée à l'autre, qu'il est délicat de transposer les résultats obtenus dans la vallée de la Moselle aux autres vallées. En effet, sur ce point, la complexité des mécanismes écologiques et anthropiques qui conduisent à une réaction biologique est telle, que l'on doit s'en tenir aux observations générales que l'on retrouve dans les publications de différents pays publiées depuis une trentaine d'années. Il est, en effet, impossible de présumer de manière précise de la réaction d'une communauté végétale à la mise en place d'une pratique de gestion. L'apparition de faciès, des variations considérables de l'importance de certaines espèces s'observent couramment avec la mise en place d'une pratique de gestion. Dans notre cas, l'étude à permis de caractériser un comportement différent de chaque groupement végétal en présence d'une fauche ou d'un pâturage. Mais d'une manière générale, on retrouve les résultats que beaucoup d'auteurs avaient déjà démontrés par le passé. L'analyse, par type biologique et par espèce pour une grande majorité des cas est en accord avec la bibliographie existante. Aller au delà de considérations générales dans la généralisation des résultats est difficile, tant les mécanismes qui unissent interventions anthropiques, biotopes, et phytocoénose sont complexes. Les résultats obtenus, confirmés par la bibliographie existante, peuvent être utilisés comme base dans la mise en place d'un plan de gestion de pelouses calcicoles, en gardant en mémoire que pour chaque site, en adéquation avec chaque mesure de gestion proposée, on aboutira à un nouvel équilibre de la végétation spécifique.

Quant à la définition de conditions optimales d'intervention dans une optique de gestion conservatoire de la flore, il faut bien comprendre que les contingences agronomiques (gestion sanitaire et technique d'un troupeau, problèmes financiers) sont presque toujours prioritaires et que les gestionnaires de l'environnement ne pourront aboutir qu'à quelques

adaptations de la conduite du troupeau. Par expérience, on a constaté qu'un berger ne pouvait laisser voir dépérir ses animaux et compromettre son agnelage, même en contrepartie d'une compensation financière. La contractualisation entre les gestionnaires de l'environnement et les professionnels du monde agricole passe obligatoirement par ces concessions. Sans cela, il est possible aux gestionnaires de l'environnement de conduire leurs propres troupeaux, en contrepartie de l'acquisition d'une technicité suffisante. Cependant, je pense que la gestion agricole des milieux naturels, et encore plus pour les milieux semi-naturels (fauche et surtout pâturage) doit être effectuée par les professionnels du monde agricole. Les gestionnaires de l'environnement, par la mise en place d'un suivi de l'impact des mesures de gestion et des conclusions qui en découlent doivent aboutir à des ajustements des opérations agricoles, mais ne peuvent modifier sensiblement la conduite d'un troupeau ovin. Cette coordination doit se faire pelouse par pelouse et les ajustements qui s'y opèrent également. La diffusion des acquis scientifiques dispersés dans la littérature contribue à définir et à guider le gestionnaire pour la définition d'une politique globale de gestion, mais celle-ci doit être adaptée et ajustée par la suite à chaque site.

Quant aux problèmes de la définition de priorité d'intervention en Lorraine, deux grands types de politiques peuvent être entreprises ; soit concentrer l'ensemble des efforts sur les pelouses les plus intéressantes écologiquement et représentatives de la diversité phytocoénotique de la région, soit au contraire, intervenir sur le maximum de pelouses, même si ces pelouses ont de faibles surfaces, en sachant qu'il est impossible avec les moyens actuels mis en œuvre dans notre région, d'endiguer l'ensemble de la dynamique végétale des pelouses calcicoles de la région.

Les contraintes technico-économiques actuelles font qu'il est délicat aujourd'hui de mettre en place une gestion conservatoire financière attractive pour les bergers sur des parcelles de grandes surfaces ; on comprend qu'il est difficile d'envisager la sauvegarde par les agriculteurs de pelouses de faibles surfaces.

Il est donc difficile d'être optimiste quant à la sauvegarde de pelouses de petites tailles, bien que l'importance écologique et génétique de ces micromilieux soit une évidence pour tous les écologistes.

Mais dans la gestion des milieux naturels, il y a le mot « naturel » et que reste- t'il de « naturel » si les organismes conservatoires doivent jardiner des espaces de quelques hectares pour sauver les reliques d'un paysage et d'une flore dont on fixe arbitrairement l'apogée au moment où le pâturage ovin était important. Pourtant, il est clair aux yeux des écologues qu'il est tout aussi évident de vouloir sauver des plantes et des milieux qui disparaissent par un processus naturel que de restaurer un tableau d'un grand peintre italien du XVI ^{ème} siècle qui se dégrade par un processus tout aussi naturel. Il faut simplement admettre que l'homme cherche à sauver actuellement beaucoup de milieux anthropiques, quasi-absents avant l'apparition de l'agriculture, mais qui abritent une forte biodiversité. Aussi, je pense qu'il faut poursuivre les efforts pour convaincre le monde agricole de l'utilité de conserver ce patrimoine. Quant à l'action des gestionnaires de l'environnement, je crois qu'il est préférable d'intervenir ponctuellement sur les pelouses calcaires les plus représentatives de la diversité régionale, afin de maintenir le milieu à un degré de naturalité faible, au risque de certaines critiques de la part de certains écologues favorables à l'abandon de ces milieux.

En conclusion, les perspectives de conserver les pelouses calcicoles de Lorraine dans leur état actuel sont très faibles. On peut penser que malgré tous les efforts des gestionnaires

de l'environnement, des bénévoles des associations de conservation de la nature, et des scientifiques pour optimiser les interventions de gestion, il est aujourd'hui presque impossible de croire pouvoir endiguer la dynamique naturelle de l'ensemble des pelouses calcaires de la région. Seule une prise de conscience générale d'une communauté de personnes, comme cela s'observe dans quelques villages lorrains, soucieux de protéger leurs pelouses calcaires, peut permettre d'en sauver le plus grand nombre. Un programme LIFE « Pelouses calcaires » va démarrer en 1999 et permettre de restaurer des activités agropastorales sur un certain nombre de sites prioritaires au niveau régional pour les gestionnaires de l'environnement, dans le but de conserver un élément important de notre patrimoine écologique et paysager lorrain, les « pelouses calcicoles ».

Bibliographie

ACLOQUE A.N. (1907). Flore du nord-est de la France, des Vosges et de l'Alsace Lorraine. Paris, J.B. Baillière, 816 p. et 165 fig. (2ème édition).
ACOT P. (1993). La phytosociologie de Zurich-Montpellier dans l'écologie française de l'entre deux guerres. Bull. Ecol., t, **24 (1)**, 52-56.
ALARD D. (1998). Echelle et dynamique de la biodiversité dans les écosystèmes prairiaux. Thèse HDR. Université de Rouen.
ALARD D. & DUTOIT T. (1995). Conservation des pelouses sèches du nord-ouest de l'Europe: vers des modèles de gestion où l'homme a sa place. Le Courrier de la Nature n°**152**, 16-19.
ALLORGE P. (1922). Les associations végétales du Vexin français. Thèse, Paris, 336 p.
ARLOT C. (1979). Végétation et gestion des milieux calcicoles : Etude bibliographique. C.D.P.N.E. Ministère de l'environnement, Paris 152 pp.
ARLOT C. & HESSE J. (1981). Eléments pour une gestion d'un milieu calcicole de plaine: l'exemple de la réserve naturelle de la Grande-Pierre et de Vitain (Loir-et-Cher). Bull. Ecol. **12**, 249-294.
BACCON J.C. (1990). The use of livestock in calcareous grassland management. In Hillier (S.H.), Walton (D.W.H.) et WELLS (D.A.). Eds. Calcareous grassland. Ecology and management. Bluntisham Books, Bluntisham, Huntingdon, 121-127.
BAKKER P.J. (1989). Nature management by grazing and cutting. Ph.D. thesis, University of Groningen.
BAKKER J.P., DE LEEUW J. & WIEREN S.E. (1983). Micro-patterns in grassland vegetation created and sustained by sheep. Vegetatio, **55**, 153-161.
BAKKER J.P., POSCHOLD P., STRYKSTRA R.J., BEKKER R.M. & THOMPSON K. (1996). Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. Acta Bot. Neerl. **45**, 461-490.
BAKKER J.P., OLFF H., WILLEMS J.H. & ZOBEL M. (1996). Why do we need permanent plots in the study of long-term vegetation dynamics? J. Veg. Science **7**, 147-156.
BANCE J.F., ALARD D. & FRILEUX P.N. (1991). Etude phytosociologique et agronomique des prairies permanentes de la vallée de l'Andelle. Doc. Phyto., **13**, 105-139.
BARBAULT R. (1992). Ecologie des peuplements. Structure, dynamique et évolution. Masson, Paris: 273 pp.
BARBICHE R-TH. (1866). Indication de quelques plantes phanérogames appartenant au département de la Moselle. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle.
BARBICHE R.-TH. (1870). Florule de l'arrondissement de Thionville. Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle, **12**, 51-90.
BARBICHE R. (1878). Herborisations aux environs de Longuyon. Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle. **15**. 99-112.
BARBICHE R. (1891). Excursion botanique du 12 juin 1888 dans les bois de Chatel et aux fonds de Montvaux. Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle. **18**. 83-92.

BARBICHE R. (1904). Contribution à la révision de la flore de la Lorraine allemande (notice posthume publiée par A. FRIREN). Bull. Soc. His. Nat. Moselle. Sér. 2, **11**; 81-103.
BARRETT S.C.H. & KOHN J.R. (1991). Genetic and evolutionary consequences of small population size. In : FALK D.A. & HOLSINGER K.E. (eds) Genetics and conservation of rare plants, pp. 3-30. Oxford University Press, New-York.
BEAUZEE O. (1890). L'excursion du 29 mai 1890. Mém. Soc. Ama. Nat. N. Meuse, **2**, 85-93.
BECKER M. (1979). Une étude phytoécologique sur les plateaux calcaires du nord-est (Massif de Haye) Ann. Sci. Forest. **36 (2)** : 93-124.
BEGUINOT J., NECTOUX P. et LAROCHE M. (1997). Evolution phytosociologique progressive de pelouses du *Bromo-Chloretum perfoliatae* sous l'effet de la déprise pastorale, document provisoire.
BENOIT J. (1929). Elément de phytostatistique pour le département de la Moselle (publié d'après les notes de feu l'abbé R. Th. BARBICHE). Bull. Soc. His. Nat. Moselle. Sér. 3, **8**; 83-162
BEISEL J.N. (1996). Microrépartition des invertébrés benthiques en eau courante : caractéristiques des microhabitats et organisation de leurs peuplements. Université de Metz. 242 p.
BOBBINK R. (1987). Increasing dominance of *Brachypodium pinnatum L.* Beauv. in chalk grasslands. A threat to a species rich ecosystem. Biol. Cons. **40**, 301-314.
BOBBINK R. (1989). *Brachypodium pinnatum* and the species diversity in chalk grassland. Ph. D. Thesis, Utrecht: 141 p.
BOBBINK R. (1990). *Brachypodium pinnatum* and the spicies diversity in chalk grassland. in actes du colloque "Gérer la nature ?". Trav. Cons. de la Nat. Région Wallonne. 525-528.
BOBBINK R., (1991). Effects of nutrient enrichment in Dutch chalk grassland. Journal of applied ecology, **28**, 28-41.
BOBBINK R., BIK L. & WILLEMS J. H., (1988). Effects of nitrogen fertilization on vegetation structure and dominance of *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. in chalk grassland. Acta bot. Neerl. **37(2)**, p. 231-242.
BOBBINK R., DURING H.J., SCHEURS J., WILLEMS J.H. & ZIELMAN R. (1987). Effects of selective clipping and mowing times on species diversity in chalk grassland. Folia Geobot. et Phytotax. **22**, 363-376.
BOBBINK R., DEN DUBBELDEN K. & WILLEMS J.H. (1989). Seasonal dynamics of phytomass and nutrients in chalk grassland. Oikos, **55**, 216-224.
BOBBINK R. & WILLEMS J.H. (1987). Increasing dominance of *Brachypodium pinnatum (L.)* Beauv. in chalk grasslands: a threat to a species-rich ecosystem. Biol. Cons., **40**: 301-314.
BOBBINK R. & WILLEMS J.H. (1988). Effects of management and nutrient availability on vegetation structure of chalk grassland. Diversity and pattern in plant communities, pp 183-193, edited by H.J. During, M.J.A. Werger and J.H. Willans, SPB Academic publishing.
BOBBINK R. & WILLEMS J.H. (1991). Impact of different cutting regimes on the performance of *Brachypodium pinnatum* in Dutch chalk grassland, Biol. Conserv. **56** 1-21.
BOBBINK R. & WILLEMS J.H. (1993). Restoration management of abandoned chalk grassland in the Netherlands. Biodiv. and Conserv., **2**, 616-626.

BOBBINK R. & WILLEMS J.H. (1996). La gestion des pelouses calcicoles aux Pays-Bas. Colloque "la Gestion des pelouses calcicoles".
BOCK C. (1986). Boisement spontané et conservation des pelouses calcaricoles. Cah. Nat. Par., **42**, 73-90.
BOULLET V. (1980). Les pelouses calcaires et leur appauvrissement thermophile entre Seine et Somme. DEA, Lille.
BOULLET V. (1984). Première contribution à l'étude des pelouses calcaires du crétacé des charentes. Colloques phytosociologiques, 1982, **11**, 15-36.
BOULLET V. (1986). Les pelouses calcicoles (*Festuco-Brometea*) du domaine atlantique français et ses abords au nord de la Gironde et du Lot. Essai de synthèse phytosociologique; Thèse, Lille, 333 pp.
BOULLET V. (1987). Approches méthodologique et phytosociologique de la protection et de la gestion des pelouses calcicoles planitiaires. Coll. Phyto., **15**, 417-430.
BOULLET V. (1989). Organisations et dynamiques structurales des anciens parcours pastoraux en milieux calcicoles atlantiques. Coll. Phyto., **16**, 157-193.
BOURNERIAS M. (1984). Guide des groupements végétaux de la région parisienne. 3ème édition, SEDES/MASSON, Paris: 483 p.
BOURNERIAS M. & PRELLI R. (1970). La chorologie à grande échelle et les indications qu'elle peut donner sur les climats locaux: exemple des pelouses calcicoles du Laonnois. C. R. Soc. Biogéogr., **414**, 79-92.
BOUXIN G. & GAUTIER N. (1982). Pattern analysis in Belgian limestone grassland. Vegetatio., **49**, 65-83.
BRAUN-BLANQUET J. (1964). Pflanzensoziologie, 3rd edn. Wien, New York, Springer.
BRAUN-BLANQUET J. & MOOR M. (1938). Verband des *Bromion erecti* – Prodromus der Pflanzen, **5**, 1-64.
BRETON C. (1901). Flore de la Meuse. Plantes vasculaires. Tableaux dichotomiques des familles et des genres et des espèces. Soc. Nat. Archéol. N. Meuse, 10-11 (Sci. Nat.) (1898-1899); tiré à part : Montmédy, Impr. Pierrot, 362 pp.
BRIANE J.P., LAZARE J.J. & SALAMON R. (1978). L'analyse en données groupées de très grands tableaux de correspondance (données groupées), Les cahiers de l'analyse des données, vol III, n°2, 167-173.
BULLEMONT (de) L. (1890). Plantes rares ou peu communes observées aux environs de Dun et d'Aincreville. Mém. Soc. Amat. Nat. N. Meuse, **2** : 5-23.
BULLOCK J.M., CLEAR HILL B. & SILVERTOWN J. (1994a). Demography of *Cirsium vulgare* in a grazing experiment. Journal of ecology, 89-103.
BULLOCK J.M., CLEAR HILL B., DALE M.P. & SILVERTOWN J. (1994b). An experimental study of the effects of sheep grazing on vegetation change in a species-poor grassland and the role of seedling recruitment into gaps. Journal of applied Ecology, **31**, 493-507.
BUSH M.B. (1993). An 11400 year paleoecological history of a British chalk grassland. J. Veg. Sci. **4**: 47-66.
BUSH M.B. & FLENLEY. (1987). The age of the British chalk grassland. Nature vol **329**, 434-436.
CEZARD N. (1938). Note pour la flore Lorraine. Bull. Soc. Sci. Nancy, **3**, 135-140.
CEZARD N. (1951). Notes botaniques, Bull. Soc. Sci. Nancy, **X**, n°1, 1-6.

CEZARD N. (1971). Compte rendu botanique de l'excursion intersociétés du 21 juin 1970. Bulletin Académie et Société Lorraine des Sciences, Tome **X**, n°1, 2-9.
CHESSEL D. et DOLEDEC S. (1993). A.D.E. version 3.6 : Hypercad stacks & Quickbasic Microsoft Programme Library for the Analysis of Environmental data. User's manual. URA CNRS 1451, Université de Lyon I, 725 p.
CHESSEL D. ET DOLEDEC S. (1994). Co-inertie analysis : an alternative method for studying species-environment relationships. Freshwater Biology **31**, 277-396.
CHOUARD P. (1930). Limites de la végétation dans le Tonnerrois et les Pays bourguignons. C.R. sommaire scéances Soc. Biogéographie, **52**, 1-12.
COLMANT L. (1996). Contribution à la reconnaissance des pelouses calcicoles dans la région du Virion : facteurs déterminants pour la gestion. Communication au colloque « La Gestion des pelouses calcicoles » du 28 au 31 mai 1996, Vierves-sur-Virion.
CORNISH M.W. (1954). The origin and structure of the grassland types of the central north Downs. J; Ecol., **42**, 359-374.
DAGET P. & GODRON M. (1982). Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés. Paris, Masson.
DARDAINE P. (1975). Présence en Lorraine de *Centranthus angustifolius* D.C. **382**, Le Monde des Plantes.
DARDAINE P. (1976). Une station de *Ptychotis saxifraga* (L.) Lor. et Barr. en Lorraine méridionale. Le monde des Plantes. n°**387**.
DAUDON M. (1993). Caractérisation de la flore et de la végétation des basses vallées angevines (Maine et Loire). Intérêt patrimonial et déterminisme écologique. LPO, 46p et annexe.
DAUL J.P. (1978). Flore du Mont Saint-Quentin à Metz. Bull. Acad. et Soc. Agric. (Dép.) Seine, **14** : 213-287.
DAVIS B.N.K., LAKHANI K.H. & BROWN M.C. (1993). Experiments on the effects of fertilizer and rabbit grazing treatments upon the vegetation of a limestone quarry floor. Journal of applied Ecology, **40**, 615-628.
DE FOUCAULT B. (1984). Systémique, structuralisme et synsystématique des prairies hygrophiles des plaines atlantiques françaises. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université de Rouen: 2 tomes, 645 et 248 tablx h. t..
DE LANGHE J.E., DELVOSALLE L., DUVIGNEAUD J., LAMBINON J. & VANDEN BERGHEN C. (1983). Flore de Belgique. Edition du patrimoine de jardin botanique de Belgique, 956 p.
DELESCAILLE L.M. (1996). Les plans de gestion. Communication au colloque « La Gestion des pelouses calcicoles » du 28 au 31 mai 1996, Vierves-sur-Virion.
DELESCAILLE L.M., DUVIGNEAUD J. & WOUE L. (1990). La gestion intégrée des pelouses sèches de la région du Virouin. In: Actes du colloque "Gérer la nature?". trav. Cons. de la Nat., Région Wallone: 503-519.
DELESCAILLE L.M., HOFMANS K. & WOUE L. (1991). Les réserves naturelles du Viroin. Trente années d'action d'Ardenne et Gaume dans la vallée du Viroin.
DELPECH R. (1989). Historique de la phytosociologie herbagère en Europe occidentale, particulièrement en France. Coll. Phyto., **16**, 23-59
DERVIN C. (1988). Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances ?. Institut Technique des céréales et des Fourrages. Paris, 75 p.

DIERSCHKE H. & ENGELS M. (1991). Response of a *Bromus erectus* grassland (*Mesobromion*) to abandonment and cutting regimes. In: Esser G. & D. Overdieck (eds). Modern Ecology: Basic and applied aspects. Elsevier, Amsterdam.
DOISY Ch. (1835). Essai sur l'histoire naturelle du département de la Meuse. Première partie : Flore de la Meuse. Verdun et Paris, Villet-Collignon édit. ; **2 vol. in 8** ; 1108 pp.
DODELEC S. et CHESSEL D. (1994). Co-inertia analysis : an alternative method for studying species-environment relationships. Freshwater Biology, **31**, 277-396.
DOLMAN P.W. & SUTHERLAND W.J. (1994). The use of soil disturbance in the management of Breckland Grass Heaths for nature conservation. Journal of Environmental Management, **41**, 123-140.
DROUIN J.M. (1994). Histoire et écologie végétale: les origines du concept de succession. Ecologie, 25, 147-155
DUBY G. & WALLON A. (1976). Histoire de la France rurale, édition du Seuil. 1024 p.
DUFFEY E, MORRIS M.G., SHEAIL J., WARD L.K., & WELLS T.C.E. (1974). Grassland ecology and wildlife management : 281 p. Chapman and Hall, London.
DUFFEY E. & WATT A.S. (1971). The scientific management of animal and plant communities for conservation. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
DURIN L. (1957). Quelques aspects de la végétation des terrains calcaires du bassin de la Meuse. bull. Soc. Bot. N Fr., **10**, 46-64.
DURIN L. (1982). Les pelouses calcaires. Actes du premier séminaire d'évaluation des richesses naturelles de Lorraine, organisé par l'Institut Européen d'Ecologie les 14 et 15 avril 1982.
DURIN L., MULLENDERS W. & VAN DER BERGHEN C. (1955). Phytogéographie - Sur la végétation xérique du bassin de la Meuse. Note in C. R. Acad. Sciences de Paris. **241**. pp 1844-1846.
DURING H.G., KEIZER P.J. & VAN TOOREN B.F. (1984). The influence of bryophytes on germination and establishment of phanerogams in a chalk grassland. Coll. Phyto. **11**, 457-469.
DUTOIT T. & ALARD D. (1995). Mécanisme d'une succession végétale secondaire en pelouse calcicole: une approche historique. C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie/ Life sciences, **318**: 897-907.
DUTOIT T. & ALARD D. (1995). Permanent seed banks in chalk grassland under various management regimes: their role in the restoration of species-rich plant communities. Biodiv. & Conserv.
DUTOIT T. & ALARD D. (1995). Mineral contents and plant diversity in chalk grassland under different management. A case study in Normandy, France.
DUTOIT T. & ALARD D. (1995). Mesures agri-environnementales et conservation des pelouses sèches: premier bilan en Seine-Maritime. Courrier de l'Environnement de l'INRA, **25**, 61-68.
DUTOIT T. et ALARD D. (1996a). Restauration d'un système de parcours sur les pelouses calcicoles de la vallée de la Seine (Haute-Normandie, France). Colloque "La Gestion des pelouses calcicoles".

DUTOIT T. & ALARD D. (1996b). Les pelouses calcicoles du nord-ouest de l'Europe (*Brometalia erecti* Br. Bl. 1936): analyse bibliographique. Ecologie **27**, 5-34.
DUTOIT T. & ALARD D. (1996c). Gestion des pelouses calcicoles: conservation des habitats ou de certains insectes ? Insectes **101**, 11-14.
DUTOIT T., ALARD D., LAMBERT J. & FRILEUX P.N. (1995). Biodiversité et valeur agronomique des pelouses calcicoles: effets du pâturage ovin. Fourrages, **142**, 35-49.
DUVIGNEAUD J. (1955). Note sur la distribution de *Quercus lanuginosa* Lamk. Bulletin de la société royale botanique de Belgique, Tome **88**.
DUVIGNEAUD J. (1982). Le mont Saint Quentin. Inventaire hiérarchisé des zones naturelles du département de la Moselle, fiche XXIII. Institut Européen d'Ecologie, Metz, 175 p.
DUVIGNEAUD J. (1983a). La gestion des pelouses calcaires, Association multidisciplinaire des biologistes de l'environnement (A.M.B.E.), acte du colloque "Le patrimoine naturel régional Nord-Pas de Calais, inventaire et gestion des milieux naturels et semi-naturels, organisé les 23, 24, et 25 novembre 1983 à Lille.
DUVIGNEAUD J. (1983b). La gestion des pelouses calcaires. Actes du colloque "Inventaires et gestion des milieux naturels". Institut Européen d'Ecologie, les 25 et 26 mai 1983.
DUVIGNEAUD J. (1983c). Quelques réflexions sur la protection et la gestion des pelouses calcaires, Les naturalistes belges, 1983, **64**, 2.
DUVIGNEAUD J. (1983d). La Côte de Delme (pp 130-133), in : Inventaire hiérarchisé des zones naturelles du département de la Moselle. Metz, Institut Européen d'Ecologie, 175 pp.
DUVIGNEAUD J. (1984a). Géologie, géomorphologie, végétation et flore du site de Pagny-la blanche-Cote (Département de la Meuse). Linneana Belgica, **IX, 7**, 335-339.
DUVIGNEAUD J. (1984b). Les pelouses calcaires de la partie septentrionale de la Champagne crayeuse (département des Ardennes, France). Un exemple d'appauvrissement floristique et ecologique. Colloques phytosociologiques, 1982, **11**, 281-296.
DUVIGNEAUD J. (1985a). Les pelouses calcaires dans la région d'Ars-sur-Moselle. Actes du colloque " Inventaire et gestion des milieux naturels" organisé par l'Institut Européen d'Ecologie les 25 et 26 mai 1983.
DUVIGNEAUD J. (1985b). Le pré à *Bromus erectus* et *Thalictrum minus* subsp. *majus* de la plaine alluviale de la Moselle (Lorraine, France). Un exemple d'appauvrissement écologique et floristique. Colloques phytosociologiques. XI. Les pelouses calcaires. Strasbourg 1982 : 269-280.
DUVIGNEAUD J. (1987). Un des sites importants de l'entre Sambre et Meuse. La réserve naturelle de la Montagne aux Buis. Nat. Belg., **68**. 57-58 pp.
DUVIGNEAUD J. (1990). Le pâturage des moutons, tel qu'il est organisé aujourd'hui, n'est pas nécessairement la bonne solution pour la gestion des pelouses calcaires. in "Actes du colloque "Gérer la nature ?". Travaux Cons. de la Nature, Région wallonne, 521-522 pp.
DUVIGNEAUD J. (1993a). Espèces rares des milieux cultivés. Journée d'information sur les espèces végétales ares et protégées de Lorraine. Institut Européen d'Ecologie. Metz, 13 octobre 1993.

DUVIGNEAUD J. (1993b). Espèces rares des pelouses calcaires. Journée d'information sur les espèces végétales ares et protégées de Lorraine. Institut Européen d'Ecologie. Metz, 13 octobre 1993.
DUVIGNEAUD J. DURIN L. & MULLENDERS W. (1970) La végétation des éboulis de Pagny-la-Blanche-Côte (Meuse, France). Vegetatio, **20**, 48-73.
DUVIGNEAUD J., MERIAUX J.L. & VAN SPEYBROECK D. (1982). La conservation des pelouses calcaires de Belgique et du nord de la France. Nécessité de leur protection, propositions d'intervention et méthodes de gestion. Metz. Institut Européen d'Ecologie; in-4° ; 42 pp., 7 photos, 2 fig.
DZWONKO Z. & LOSTER S. (1998). Dynamics of species richness and composition in a limistone grassland restaured after tree cutting. J. of Veg. Sci., **9**, 387-394.
ELBERSE W.T., VAN DEN BERGH J.P. & DIRVEN J.G.P. (1983). Effects of use and mineral supply on the botanical composition and yield of old grassland on heavy-clay soil. Neth. J. Agric., **31**, 63-88.
ELLENBERG H. (1963). Vegetation mitteleuropas mit den alpen. Eugen Ulmer, Stuttgart, 943 p.
ELLSTRAND N.C. & ELAM D.R. (1993). Population genetic consequences of small population size : implications for plant conservation. Ann. Rev. Ecol. Syst. **24**, 217-242.
ERRARD P. (1914). Excursion de Carignan à Inor (14 juin 1914). Bull. Soc. Natur. N. Meuse, **26**, 37-42.
ERRARD P. (1925). Excursion à Villecloye et Velosnes (30 avril 1925). Bull. Soc. Nat. Archéo. N. Meuse, **37**, 17-18.
FOURNIER P., (1961). Les quatre flores de France, édition Paul Lechevallier, Paris, 1091 p.
FRANQUET E. et CHESSEL D. (1994). Approche statistique des composantes spatiales et temporelles de la relation faune-milieu. C.R. Acad. Sci., Paris, **317**, 202-206.
FRILEUX P.N. (1977). Les groupements végétaux du pays de Bray (Seine-Maritime et Oise, France). Th. Doc. Etat., Rouen, 209 pp.
FRIREN (A. abbé). (1878). Plantes rares ou nouvelles pour la circonscription de l'ancien département de la Moselle. Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle, **15** : 147-154.
FRIREN (A. abbé). (1904). Observations sur quelques plantes de la Lorraine. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle, **23**, 13-17.
FRIREN (A. abbé). (1909). Observations sur quelques plantes de la Lorraine. Bull. Soc. Nat. Moselle **26**, 97-129.
FRONTIER et PICHOT-VIALE (1991). Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Masson, 392 p.
GAULTIER C. (1989). Relations entre pelouses eurosibériennes (*Festuco-Brometea*) et des groupements méditerranéens (*Ononido-Rosmarinetea*). Etude régionale (Diois) et synthèse sur le pourtour méditerranéen nord-occidental. Thèse Doc. Etat, Paris sud-Orsay, 230 p. annexes.
GARBE L. (1994). Parcours pastoraux de haute-provence. CERPAM, 104 p.
GEHU J.M. (1979). Pour une approche nouvelle des pays végétaux: la symphytosociologie. Bull. Soc. Bot. Fr., **126**, Lettres Botaniques (**2**), 213-223.
GEHU J.M. (1980). La phytosociologie d'aujourd'hui. Méthodes et orientations. Notiziario della societa di Fitosociologia, n° **16**, 1-16.
GEHU J.M. (1982). La végétation des pelouses calcaires. Colloques Phytosociologiques **11**, Cramer 1984, Vaduz, 647 p..

GEHU J.M., GEHU-FRANCK J. & SCOPPOLA A. (1982). Les pelouses crayeuses et les prairies humides. Deuxième rapport : Gestion et entretien. A.E.N.R., Lille, 73 pp.
GEHU J.M. & FRANCK J. (1982). Les pelouses nord-armoricaines à *Brachypodium pinnatum* des sables du littoral. Colloques phytosociologiques, **11**, les pelouses calcaires, Strasbourg 1982
GEHU J.M., GEHU-FRANCK J., & SCOPPOLA A. (1984). Les pelouses crayeuses du boulonnais et de l'Artois (Nord de la France). I: Analyse phytosociologique, écologique et dynamique. Colloques phytosociologiques, **11**, 65-104.
GEHU J.M. & RIVAS MARTINEZ S. (1980). Notions fondamentales de phytosociologie. Syntaxonomische colloque. Berichte Int Symp. Verein. Vegetat. Herausg. R. Tuxen, 5-53.
GIBSON C.W.D. & BROWN V.K. (1992). Grazing and vegetation change deflected or modified succession ?. Journal of applied Ecology, **29**, 120-131.
GIGLEUX I. (1984). Les pelouses calcaires du Mont Saint-Quentin (Moselle). Proposition pour la mise en place d'un protocole de gestion. Institut Européen d'Ecologie, Metz, 59 p.
GIGLEUX I. (1986). Intérêt floristique du Mont-Saint-Quentin (Moselle). Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle, **44**, 199-216, 2 cartes.
GODFRIN J. (1913). Atlas de la flore de Lorraine de J. GODFRIN à M. PETITMENGIN. Paris, P. Klincksieck, Libr. des Sciences Naturelles et L. L'homme successeurs; **VIII**, 201 pp. de pl. (229 pp. en tout ; 1608 fig.).
GODRON D.A. (1961). Flore de Lorraine. Eds Grosjean (Paris), 2 tomes, 1061 pp.
GODRON D.A. (1862). Essai sur la géographie botanique de la Lorraine. Mém Acad. Stanislas; Documents pour servir à l'histoire scientifique de la Lorraine, 1861 : 39-245; tiré à part, Nancy, Veuve Raybois et Co., 211 pp.
GODRON D.A. (1875a). Notice sur les explorations botaniques faites en Lorraine de 1857 à 1875 et leurs résultats. Mém. Acad. Stanislas 1874, 126-150.
GODRON D.A. (1875b). Migrations de quelques végétaux dans les vallées de la Moselle et de la Meurthe. Annuaire club alpin Français, **2** : 575-581; tiré à part, 7 pp.
GODRON D.A. (1890). Les migrations des végétaux qui se sont produites dans les bassins de la Moselle et de la Meurthe. Bull. Soc. Sci. Nancy, **12** (1879). 2 ème sér. t 4, fas. 10. 65-78.
GORDRON I.J., DUNCAN P., GRILLAS P. & LECOMTE T. (1990). The use of domestic herbivores in the conservation of the biological richness of European Wetlands. Bull. Ecol., **21 (3)**, 49-60.
GORIUP L.D.W., BATTEN L.A., & NORTON J.A. (1991). The conservation of lowland dry grassland birds in Europe. Joint Nature Conservancy Committee, Reading, U.K., 136 pp.
GRANT S.A. (1985). Comparative studies of diet selection by sheep and cattle: the hill grasslands. J. Ecol., **73**, 987-114.
GREEN B.H. (1971). The management of heathland and grassland communities for wildlife conservation and amenity. In aspects of landscape ecology and maintenance. Wye Collège Conference. 1-34.
GREEN B.H. (1973). Practical aspects of chalk grassland management in the nature Conservancy's South East Region. In Jemmy (A.C.) and STOOT (P.A.) Eds. Chalk grassland : Studies on its conservation and management in South East England. Kent Trust for Nature Conservation, Maidstone.

GREEN B.H. (1990). Agricultural intensification and the loss of habitat, species and amenity in British grasslands: a review of historical change and assesment of future prospects. Grass and Forage Science, **45**, 365-372.
GREVILLIOT F. (1996). Les écosystèmes prairiaux de la plaine alluviale de la Meuse lorraine : phytosociologie, dynamique et fonctionnement, en relation avec les gradients hydriques et les modifications des pratiques agricoles. Thèse, Université de Metz, 217 p.
GRIME J.P. (1979). Plant strategies and vegetation processes. Willey, Chichester.
GRIME J.P. (1990). Mechanisms promoting floristic diversity in calcareous grasslands. Grass and Forage Science, **45**, 365-372.
GRUBB P.J. (1976). A theorical background to the conservation of ecologically district groups of annuals and biennals in the chalk grassland. Biol. Cons., **10**, 53-76.
GRUBB P.J. (1982). Control of relative abundance in roadside *Arrhenatherum*: results of a long-term garden experiment. J. Ecol., **70**, 845-861.
GRUBB P.J. & KEY B.A. (1975). Clearance of scrub and re-establishment of chalk grassland on the devel's Dyke. Nature Cambs, **18**, 18-22.
GUGGERLI F. (1993). Samenbank als Grundlage für die Rückführung von Fettwiesen zu extensiv genutzten, artenreichen Wiesen ? Botanica helvetica, **103**, 177-191.
GUINIER Ph. (1923). La flore de la région de Nancy. C.R. Congr. Assoc. Fr. Avanc. Sci., Nancy, **31**, 467-472.
GUINIER Ph. & MAIRE R. (1908). Rapports sur les excursions de la société botanique de France en Lorraine (Juillet-Août 1908). Bull. Soc. Bot. Fr., **55** : LXXIX-CL.
GUINIER Ph. (1939). Le reboisement des friches calcaires en Lorraine. Le problème au point de vue géobotanique, sa solution. C.R. Soc. Savantes Est. Juin 1938, t. II : **1-9**; Bull. Soc. Sci. Nancy. 193-201.
GUYOT L. (1967). Les microassociations végétales au sein du Brometum-erecti. Vegetatio, **7**, 321-354.
GUINOCHET M. (1973). Phytosociologie. Paris: Masson, 162 p.
HAFFNER P. (1957). Die Pflanzengeographische Bedeutung des "Hammelsberges" bei Perl. Natur und Landschaft, **I**, p. 6-7.
HAFFNER P. (1960), Pflanzensoziologie und pflanzengeographische Untersuchungen im Muschelkalkgebiet des Saarlandes mit besonderer Berücksichtigung der Grenzgebiete von Lothringen und Luxemburg, Naturschutz and Landschaftspflege im Saarland, **2**, 66-164.
HARPER H. (1977). Population Biology of Plants. Academic Press, London.
HEDINGER C. (1982). Naturschutzgebiet Latschgetweid. Vegetationsausnahme, Pflegeplan und Uberwachungsprogramm : unpubl, 40 p. Bericht zuhanden des Scw. Bundes für Naturschutz, Basel.
HILLEGERS H.P.M. (1993). Heerdgang in Zuidelijk Limburg. Ph D Thesis. Maastricht, Belgium. 153 p.
HILLIER S.H., WALTON D.W.H. & WELLS D.A. (1990). Calcareous grassland. Ecology and management. Bluntisham Books. Bluntisham. Huntingdon. 193 pp.
HOEFLER P. & PARENT G.H. (1993). Etudes écologiques et chorologiques sur la flore Lorraine : note 12, *Viola rupestris* dans le département de la Meuse,

Données chorologiques, écologiques et taxonomiques, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle, **46**, 77-96.
HOLANDRE M. (1842). Nouvelle flore de la Moselle, Manuel d'herborisation, 2ème édition, edt Verronais, 946 pp.
HOPKINS J.J. (1991). The effect of the 1976 drought on chalk grassland in Sussex, England. Biol. Cons., **14**, 1-12.
HOPKINS J.J. (1991). Management of semi-natural lowland dry grasslands. in Goriup P.D., Batten L.A. et NORTON J.A. Eds. The conservation of lowland dry grassalnd birds in Europe. Joint Nature Conservation Committee, Reading, 119-124.
HOUZELLE F. (1897). L'excursion de Mont devant Sassey (20 mai 1897). Mem. Soc. Amat. Natur. Nord Meuse, **9**, 129-132.
HUBER R. (1994). Changes in plant species richness in a calcareous grassland following changes in environmental conditions. Folia geobot. Phytotax., **29**, 469-482.
HULME P.E. (1996). Herbivory, plant regeneration, and species coexistance. Journal of Ecology, **84**, 609-615.
HUMBERT F. (1876 et 1877). Essai monographique sur les roses du bassin de la Moselle. Bull. Soc. Sci. Nancy. **sér. 2, Tom 2. Fasc. 4**, 9 ème année (1876). 46-82.
HUMBOLDT A. de (1807). Essai sur la géographie des plantes. Paris, Réédition Erasme, Nanterre, 1990, 155 p.
HUSSENOT L.C. (1835-1836). Chardons nancéiens ou prodrome d'un catalogue des plantes de Lorraine. Nancy, 2 fasc.: **I**, 1-55 pp. **II**, 56-113 pp.
JACAMON M. & TIMBAL J. (1981). Société botanique de France, 112ème session extraordinaire, Lorraine, du 13 au 18 juillet 1981; stencilé, 32 pp., 6 cartes en annexe.
JANSSENS F., PEETERS A., LAMBERT J. & WOUE L. (1993). Le phosphore, élément limitant de la diversité botanique. Cas des prairies de la vallée du Virouin, Les Cahiers des Réserves Naturelles RNOB n°**5**, 59-70.
JOVET P. (1949). Le Valois: phytosociologie et phytogéographie, Th. Doc. Etat, Paris, 389 p.
JULIEN, GODFRIN & PETITMANGIN (1909). Flore analytique de poche de Lorraine et ses contrées limitrophes.
KEDDY P.A. (1990). The use of functional as opposed to phylogenic systematics: a first step in predictive community ecology. In: KAWANO S. (eds), Biological Approaches and Evolutionary trends in Plants. Harcourt Brace Jovanovitch, London, 387-406.
KEEL A. (1995). Vegetationskundlich-ökologische Untersuchungen und Bewirtschaftungsexperimente in Halbtrockenwiesen (Mesobromion) auf dem Schaffhauser Randen : 181 p. Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich, 124.
KRATOCHWILL A. (1984). Quelques observations sur la phénologie des plantes à fleurs et des insectes butinants dans un *Mesobrometum* avec des espèces d'ourlets au Kaiserstuhl (Allemagne). Coll. Phyto., **11**. 421-456.
KRUIJNE A.A., DE VRIES D.M. & MOOI H. (1967). Bijdrage tot de oecologie van de Nederlandse grasslandplanten. Versl. Landbouwk. Onderz. **696**, 1-65 (English summary).

KRUSI B. (1981). Phenological methods in permanent plot research. Veröff. Geobot. Inst. ETH. Stift. Rübel, Zürich, **75**, 1-116.
KUSS F.R. (1986). A review of major factors influencing plants responses to recreation impacts. Env. Manag., **10**, 637-650.
LACOSTE A. & ROUX M. (1972). L'analyse multidimentionnelle en phytosociologie et en écologie. Oecol. Plant., **7 (2)**, 125-146.
LAMBERT J. (1992). Modes opératoires : analyse des végétaux. Laboratoire d'écologie des prairies, Michamps, Belgium.
LAMBINON J., DE LANGHE J.E., DELVOSALLE L. & DUVIGNEAUD J. (1992). Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché du Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines (Ptéridophytes et spermaphytes). Eds du patrimoine du jardin national de Belgique, quatrième édition, 1092 p.
LANDE R. (1988). Genetics and demography in Biol. Conserv. ; Science **241**, 1455-1460.
LAURENT J. (1921). La végétation de la Champagne crayeuse: étude de gépgraphie botanique. Orlhac, Paris, 355 p.
LEBRUN J., NOIRFALISE A., HEINEMANN P. & VAN DEN BERGHEN C. (1949). Les associations végétales de Belgique. Gembloux.
LECOMTE T. avec la collaboration de L. NICAISE, C. LE NEVEU & E. VALOT (1995). Gestion écologique par la pâturage: l'expérience des réserves naturelles : 77 pages Ministère de l'Environnement. Réserves Naturelles de France. Conférence permanente des Réserves Naturelles. L'Atelier Technique des Espaces Naturels.
LEHURAUX E. (1904). Excursion du 2 juin 1904 (à Mont devant Sassey). Bull. Soc. Natur. Archéo. N. Meuse, **16**, 41-43.
LEHURAUX E. (1926). Excursion à Sivry sur Meuse. Bull. Soc. Natur. Archéo. N. Meuse, **38**, Sci. Nat, 41-44.
LIGER J. & DUVIGNEAUD J. (1969). La végétation des éboulis crayeux de la basse vallée de la Seine (Seine-Maritime et Eure, France). Bull. Jard. Bot. Nat. Belg., **39**, 191-200.
LOISEAU P. (1977). Morphologie de la touffe et croissance de *Nardus stricta* L. Influence de la pâture et de la fauche. Ann. Agron., **28 (2)**, 185-213.
LOISEAU P. & BECHET G. (1975). Implications agronomiques de la sélection alimentaire exercée par les ovins sur les constituants d'une végétation pâturée. Ann. Agron., **26** (3), 209-307.
MAHDI A. & LAW R., (1987). On the spatial organization of plant species in a limestone grassland community. J. Ecol., **75**, 459-476.
MANDIN J.P. (1992). Optimum de présence et optimum de développement d'espèces végétales en conditions naturelles. Bull. Ecol. 151-162.
MASIUS N. (1960). Plantes trouvées à Sierck-Montenach. Les cahiers lorrains, nouv. sér., **12 (2)**: 21-22 (C.R. séance du 18 VI 1959).
MATCHES A.G. (1992). Plant Respons to Grazing : A Review. J. Prod. Agric., **5**(1), 1-5.
MAUBERT P. (1978). Contribution à l'étude phytosociologique des pelouses calcicoles du bassin parisien. Thèse, Orsay, 73 pp.
MAUBERT P. (1982). Etude sur l'écologie des pelouses calcicoles et les problèmes liés à leur conservation. C.D.P.N.E., Blois, 32 pp.

MAUBERT P. (1996). Synthèse de la gestion par pâturage et fauchage réalisée dans la réserve naturelle de Grand-Pierre et Vitain (Loir-et-Cher, France). Colloque "La gestion des pelouses calcicoles".
MAUBERT Ph. & DUTOIT T. (1995). Connaître et gérer les pelouses calcicoles. Atelier Technique des Espaces Naturels, Ministère de l'Environnement, Montpellier, cahier ATEN/CDPNE, 64 p.
MAUBEUGE L. (1980). Anomalies géobotaniques sur les plateaux dominant Nancy. Un problème de phytogéographie du quaternaire ancien ? Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci., **19 (1)** : 32 (C.R. du 13.02.1980).
MAYOT J. (1977). Essai d'interprétation de la végétation de la partie inférieure du Jura central (feuille 1/50 000ème d'Orgelet). Thèse, Besançon, 248 p.
MEYER M. (1960). Observations botaniques dans la région de Thionville. Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle, **38**, 115-174.
MEYER M. (1966). Notes floristiques sur le département de la Moselle et secteurs avoisinants. Bull. Soc. Nat. Moselle **39**, 105-131.
MILBERG P. & HANSSON M. (1994). Soil seed bank and species turnover in a limestone grassland. J. Veg. Sci., **5**, 35-42.
MILBERG P. & PERSSON T.S. (1994). Soil seed bank and species recruitment in road verge grassland vegetation. Ann. Bot. Fenn., **31**, 155-162.
MITCHLEY J., (1988a). Control of relative abundance of perennials in chalk grassland in southern England II. Vertical canopy structure J. Ecol., **76**, 341-350.
MITCHLEY J. (1988b). Control of relative abundance of perennials in chalk grassland in southern England III. Shoot phenology. J. Ecol., **76**, 607-716.
MITCHLEY J. (1988c). Restoration of species-rich calcicolous grassland on ex-arable land in Britain. Tree, **3**, 125-127.
MITCHLEY J. (1990). Control of relative abundance of perennial dicotyledons in chalk grassland. In calcareous grasslands -. Ecology and management, ed., S.H. Hillier, D.H.W. Walton and D.A. Wells. Bluntisham books, Hungtingdon, 67-73.
MITCHLEY J. & WILLEMS J.H. (1995). Vertical canopy structure of Dutch chalk grasslands in relation to their management. Vegetatio, **117**, 17-27.
MORRIS M.G. (1971). Differences between the invertebrate faunas of grazed and ungrazed chalk grassalnd. IV. Abundance and diversity of Homoptera-Auchenorhyncha. J. Appl. Ecol., **8**, 37-52.
MORRIS M.G. (1990). The effects of management on the invertebrate community of calcareous grassland. In: HILLIER S.H., WALTON D.W.H. & WELLS D.A. (eds), Calacareous grassland: ecology and management. Bluntisham Books, Bluntisham, Hungtindon, 128-133.
MORTIMER S.R. (1992). Root lengh/leaf area ratios of chalk grassland perennials and their importance for competitive interactions. J. Veg. Sci., **3**, 665-672.
MULLENDERS W., DURIN L. DUVIGNEAUD J. & VANDEN BERGHEN C. (1972). Les pelouses calcaires de la Lorraine mosane et du Chatillonnais. Docum. Phytosociol., **2** (novembre 1972): 45-52.
MULLER S. (1986). La végétation du pays de Bitche (Vosges du nord), analyse phytosociologique, application à l'étude synchronique des successions végétales. Thèse, Orsay, 283 pp.

NATURE CONSERVANCY COUNCIL (1982). Chalk grassland: its conservation and management. NCC, London, 22 p.
NOIRFALISE A. & DETHIOUX A. (1985). Les pelouses calcaires de la Belgique et leur protection. *Colloques phytosociologiques*. XI. La végétation des pelouses calcaires, Strasbourg 1982. 201-218.
OBERDORFER E. (1978). Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil 2. G Fischer Verlag, Iena, 355 p.
OBERDORFER E. (1990). Pflanzensoziologische Exkursions Flora (6ème édit.). Ulmer, Stuutgart, 1051 pp.
OLFF H., PEGTEL D.M., VAN GROENENDAEL J.M. & BAKKER J.P. (1994). Germination strategies during grassland succession. Journal of ecology, **82**, 69-77.
OLIVIER L., GALLAND J.P. & MAURIN H. (1995). Livre rouge de la flore menacée de France, tome 1, espèces prioritaires, Ministère de l'environnement, 486p.
OLIVIERI I. & GOUYON P.H. (1992). Fondements théoriques d'une gestion dynamique de la bioversité. In: Rencontres MEDPAN III. 5-7 octobre 1992. Alicante, Espagne, 1-3.
OUBORG N.J. (1993). On the relative contribution of genetic erosion to the chance of population extinction. Thèse de doctorat, Université d'Utrecht, Utrecht.
PACALA S.W. & CRAWLEY M.J. (1992). Herbivores and plant diversity. American Naturalist, **140**, 243-260.
PARENT G.H. (1970a). Nouvelles additions et corrections à la flore de la Meuse, 2ème partie.
PARENT G.H. (1970b). La buxaie meconnue du vallon du ruisseau d'Esche (Lorraine française) et son interêt biogéographique, note préliminaire. Bull. Acad. Soc. Lor. Sci., tome **X**, n°1.
PARENT G.H. (1973a). Quelques taxons phanérogamiques nouveaux ou méconnus de la flore Lorraine. Bull. Acad. et Soc. Lorr. Sci. **12 (4)**. 297-312.
PARENT G.H. (1973b). Le sites scientifiques du nord de la vallée de la Moselle française. Aperçu synoptique des principaux centres d'intérêts et bibliographiques commenté (pp 151-172), in : inventaire hiérarchisé des zones naturelles du département de la Moselle. Metz, Institut Européen d'Ecologie.
PARENT G.H. (1973c). Notes chorologiques et écologiques sur la flore de la province de Luxembourg. Lejeunia, nvl. sér., **68**, 1-88.
PARENT G.H. (1974). Contribution à la phytogéographie de la Lorraine et des régions limitrophes. Thèse, Univ. Louvain, Fac. Sci., 471 pp.
PARENT G.H. (1975). Etudes écologiques et chorologiques sur la flore lorraine. L'irradiation par les Côtes de Moselle. Bull. Soc. Nat. Moselle **41**, 169-196.
PARENT G.H. (1976a). Relation entre la flore actuelle et le réseau hydrographique ancien en Lorraine française et belge. Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci., **15 (4)** : 165-171, 3 fig.
PARENT G.H. (1976b). L'âge éemien présumé des buxaies mosellanes. Bull. Acad. Soc. Lorr. Sc. **XV, 4** : 173-176.
PARENT G. H. (1979). Etudes écologiques et chorologiques sur la flore Lorraine. Note 4. Les chutes floristiques entre Ardenne et Bourgogne. Essai d'interprétation des dinsjonctions d'aire. Bull. Soc. hist. Nat. Moselle, **42** (1978): 113-208.

PARENT G.H. (1986). Etude écologique et chorologique sur la végétation Lorraine. Note 7. La limite entre le domaine atlantique et le domaine médio-européen en Lorraine française. Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle, **44**, 141-182.
PAUL F. (1977). Rôle du brachypode (*Brachypodium pinnatum*) dans l'appauvrissement de la flore des pelouses xérophiles. Bull. Soc. Bot. Fr., **124**, 465-468.
PAUTZ F. (1994). Les pelouses calcicoles de la vallée de la Moselle, trois sites faisant l'objet d'un gestion pastorale. Mém. DESS. PARIS Sud ORSAY, 51 pp.
PAUTZ F. (1996). Etude synchronique de l'impact du pâturage ovin sur les pelouses du *Festuco lemanii-Brometum* des Côtes de Lorry-Mardigny. Bulletin de la Société d'histoires naturelles de la Moselle, **47**, 213-221.
PETERNEL J. (1992). La réserve naturelle volontaire de Montenach (Moselle). L'orchidophile **23**. 96-97.
PETIT J. (1984). Propos sur un symposium consacré à la protection et à la gestion des pelouses calcaires de la basse Meuse. Nat. Mos., **37**, 1-16 pp.
PETITMENGIN M. (1900a). Sur quelques plantes rares et adventices en Lorraine. Le Monde des Plantes.
PETITMENGIN M. (1900b). Sur quelques Orchidées du Plateau de Malzéville. Bull. Acad. Intern. Géogr. Bot. (Le Mans), **9, n°127** (1 VI 1900), 130-131.
PETITMENGIN M. (1901). Herborisation en Lorraine en 1900. Le Monde des Plantes, n°11.
PETITMENGIN. (1902). Promenades botaniques en Lorraine 1901. Bull. Acad. Internationale de Géographie botanique, Le Monde des Plantes.
PETITMENGIN M. (1903). Contribution à la flore de Meurthe et Moselle. Le monde des Plantes, 5 ème année (2ème série), n°**19**, 10.
PETITMENGIN M. (1904). Notes sur quelques nouveautés de la flore française. Le Monde des Plantes, 6 ème année, n°**30**, 45-48.
PETITMENGIN M. (1906). Sur quelques nouveautés de la flore lorraine. Bull. Séa. Soc. Sci. Nancy 7 (**série III**): 17-27.
PETITMENGIN M. (1907). Mise au point de la flore lorraine. C.R. Assoc. Fr. Avanct. Sci. 36 ème session, Reims : 234 et Mém : 504-519.
PIERROT Ph. (1877). Additions à la flore de la Meuse. Explorations faites dans les environs de Montmédy. Mém Soc. Philom. Verdun, **8** : 295-327.
PIERROT Ph. (1883a). Notice sur quelques plantes rares trouvées dans le voisinage de la frontière franco-belge aux environs de Virton-Montmédy. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg., **21 (2)**, 237-241.
PIERROT Ph. (1889). L'excursion du 16 mai 1889, à Villecloye, Bazeilles et Velosnes. Mém. Soc. Amat. Natur. Nord. Meuse, **1**, 35-40.
PUTS C. (1990). Montagne Saint-Pierre: Les nouveaux gestionnaires sont arrivés. Réserves naturelles, **3**, 76-77.
RABINOVITZ, D., CAIRNS, S., & DILLON, T. (1986). Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In: SOULE M.E. (ed) Conservation Biology. The Science of Scarcity and Diversity, 182-204. Sinauer, Sunderland.
RAMEAU, J.C. (1971). Etude phytosociologiques des pelouses de l'Oxfordien haut-Marnais. Annales Scient. Univ. Besançon, Botan., 3 ème série., **fasc. 10** : 139-163, 7 tabl h.t.
RISTON V. (1880). Le Plateau de Malzéville, près de Nancy. Fe. Je. Nat., **10**, n°111 (1.1.1880): 31-32.

RIVAS-MARTINEZ S. (1977). Sur la syntaxonomie des pelouses thérophytiques de l'Europe occidentale. Coll. Phyto., **6**, 56-71.
ROACH A. (1995) ; Management of a regional sheep flock for chalk grassland grazing in the Chilterns. Biological Journal of the Linnean Society **56** (suppl.), 45-46.
RORISON I.H. (1960). Some experimental aspects on the calcicole-calcifuge proble. I. The effects of competition and mineral nutrition upon seedling growth in the field. J. Ecol. **48**, 585-599.
ROSEN E. (1982). Vegetation development and sheep grazing in limestone grasslands of south Oland, Sweden. Acta-Phytogeogr. Suec., **72**, Uppsala, 104 pp.
ROSEN E. (1988). Shrub expansion in alvar grassland on Oland. in Sjögren E. Ed. Plant cover on the limestone Alvar and Oland : Ecology-Sociology Taxonomy. Sjögren E., Acta Phytogeogr. Suec., **76**, Upssala. 87-100.
ROSEN E. & SJOGREN E. (1973). Sheep grazing and changes of vegetation on the limestone heath of Oland. Zoon. Suppl. **1**, 137-151.
ROYER J.M. (1973). Essai de synthèse sur les groupements végétaux des pelouses, éboulis et rochers de Bourgogne et de Champagne méridionale - Thèse, faculté des sciences de Besançon.
ROYER J.M. (1977). Les pelouses sèches à thérophytes de Bourgogne et de Champagne méridionale. Coll. Phyto., **6**, 134-145.
ROYER J.M. (1978). Nouvelles données sur le *Mésobromion* Br. Bl. et Moor 38 em. Oberd. 49 de Bourgogne et Champagne. Documents Phytosociologiques, N.S., **2**, 393-399.
ROYER J.M. (1981). Etudes phytosociologiques des pelouses du Barséquanais, du Barsuraubois, du Tonnerrois et de l'Est auxerrois. Bull. Soc. Sc. Hist. Nat. Yonne, **113**, 217-247.
ROYER J.M. (1982). Contribution à l'étude phytosociologique des pelouses du Périgord et des régions voisines. Doc. Phyto., **6**, 203-220.
ROYER J.M. (1984). Caractérisation, répartition et origine du *Xerobromion*. Coll. Phytosociologiques, "Les pelouses calcaires", Strasbourg 1982, **XI**, 243-267.
ROYER J.M. (1985). Liens entre chorologie et différenciation de quelques associations du *Mesobromion erecti* d'Europe occidentale et centrale. Végétatio, **59**, 85-96 pp.
ROYER J.M. (1985). Caractérisation, répartition et origine du *Xérobromion*. Colloques phytosociologiques. XI. La végétation des pelouses calcaires, Strasbourg 1982.
ROYER J.M. (1987). Les pelouses calcicoles des *Festuco-Brometea*. D'un exemple régional à une vision eurosibérienne: étude phytosociologique et phytogéographique. Thèse Doc. Etat, Besançon, 424 p.
ROYER J.M. (1989). *Gagea lutea* en Haute-Marne. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle et d'Archéologie de la Haute-Marne, fasc. 5, n°**64**, 131-133.
ROYER J.M. et BIDAULT (1966). Etude phytosociologique des pelouses xérophiles calcaires de Saône-et-Loire. Bull. Sc. Bourgogne, **24**, 139-180.
ROYER J.M. & RAMEAU J.M. (1971). A propos de la végétation des éboulis de la montagne châtillonnaise et du pays de Champlitte. Ann. Sci. Univ. Besançon (Botanique), **10**, 131-138.

RUSCH G. (1988). Reproductive regeneration in grazed and ungrazed limestone grassland communities on Oland : preliminary result. In : SJOGREN, E. (eds), Plant cover on the limestone Alvar and Oland : ecology-sociology-taxonomy. Act. Phytogeo. Suec., **76**, 113-124.
RUSCH G. & VAN DER MAAREL E. (1992). Species turnover and seedling recruitment in limestone grasslands. Oikos, **63**, 139-146.
RYSER P., LANGENAUER R. & GIGON A. (1995). Species richness and vegetation structure in a limestone grassland after 15 years management with six biomass removal regimes. Folia Geobot. Phytotax., **30**, 157-167.
SANKEY J. (1966). Chalkand ecology. Heinemann Educational books Ltd, London, 137 pp.
SCHOPP-GUTH A., MAAS D. & PFADENHAUER J. (1994). Influence of management on the seed production and seed bank of calcareous fen species. J. Veg. Sci. **5**: 569-578.
SCHWABE-BRAUN A. (1979). Les groupements d'ourlets et de manteaux des complexes de landes pâturées de la forêt noire. Colloque phytosociologique, **8**, 211-227.
SCOPPOLA A., GEHU J.M., GEHU-FRANCK J., BLERVAQUE M. & MARCHAND M. (1984). Les pelouses crayeuses du Boulonnais et de l'Artois (Nord, France), III. Données sur la phytomasse aérienne des principaux groupements. Coll. Phyto., **11**, 601-612.
SHAFFER M.L. (1981). Minimum population sizes for species conservation. Bioscience **31**, 131-134.
SHIMWELL D.W. (1971a). *Festuco-Brometea* Br.-Bl. and R.Tx. 1943 in the British Isles : phytogeography and phytosociology of limestone grasslands. I : General introduction and *Xerobromion* in England. Vegetatio, **23**: 1-28.
SHIMWELL D.W. (1971b). *Festuco-Brometea* Br.-Bl. and R.Tx. 1943 in the British Isles : phytogeography and phytosociology of limestone grasslands. II : *Eu-Mesobromion* in the British Isles. Vegetatio, **23**, 29-60 pp
SILVERTOWN J.W. (1983). The distribution of plants in limestone pavement : tests of species interaction and niche separation against null hypotheses. J. Ecol., **71**, 819-828.
SMITH A.R. (1969). Sites of ecological interest. In: SHEAIL J. & WELLS T.C.E. (eds), Old grassland: its archaeological and ecological importance. The Nature Conservancy, Monks Wood Experimental Station, 6-12.
SMITH C.J. (1980). Ecology of the English chalk. Academic Press, London, 573 p.
STOTT P.A. (1970). The study of chalk grassland in Northern France: An historical review. Biol. J. Linn. Soc., **2**, 173-207 pp.
STOTT P.A. (1975). Sur l'importance phytogeographique de la flore micro-endemique des éboulis crayeux et calcaires dans le nord de la France. Documents phytosociologiques, fasc. **9-14**. 245-256.
SUARD (1845). Catalogue des plantes vasculaires du département de la Meurthe (Extrait de LEPAGE H.: Le département de la Meurthe, Statistique historique et administrative). Nancy, Ed. Pfeiffer, impr. J; Troup ; in-8 ; pp. 140-183, tiré à part, 46 pp.
SUN D. (1992). Trampling resistance, recouvery and growth rate of eight plant species. Agriculture, Ecosystems and Environment, **38**, 265-273.

SYDES C.L. (1984). A comparative study of leaf demography in limestone grassland. J. Ecol., **72**, 331-345.
TANSLEY A.G. (1939). The British islands and their vegetation. Cambridge University Press, 1953, Cambridge, 930 p.
TANSLEY A.G. & ADAMSON R.S. (1926). Studies of the vegetation of the English chalk. IV. A preliminary survey of the chalk of the Sussex Downs. J. Ecol., **14**, 1-32.
TERBORGH J. & WINTER B. (1980). Some causes of extinction. In " Conservation Biology : An Evolutionary-Ecological Perspective, SOULE M.E. et WILCOX B.A. (eds). Sunderland, Mass., Sinauer, 119-133.
TER HEERDT G.N.J., BAKKER J.P. & DE LEEUW J. (1991). Seasonal and spatial variation in living and dead plant material in a grazed grassland as related to plant species diversity. J. of applied ecology, **28**, 120-127.
THOMAS A.S. (1960). Changes in the vegetation since the advent of myxomatosis. J. Ecol., **48**, 287-306.
TIHON C. (1984). La gestion de la montagne Saint-Pierre du Néolithique à nos jours.. Réserves naturelles, **5**, 14-15 et **6**, 14-15.
TILMAN D. (1985). The resource ratio hypothesis of plant succession. Amer. Natur., **125**, 827-852.
TILMAN D. & WEDIN D. (1991). Dynamics of nitrogen competition between successional grasses. Ecology, **72**, 1038-1049.
TITLYANOVA A., RUSH G. & VAN DER MAAREL E. (1988). Biomass structure of limestone grasslands on Oland in relation to grazing intensity. In Sjogren E. Ed. Plant cover on the limestone Alvar of Oland: Ecology-Sociology-Taxonomy. Sjogren E. Acta. Phytogeogr. Sue. **76**. Uppsala. 125-134.
USHER M.B. (1973). Biological management and conservation. Chapman and Hall, London, 394 pp.
VAN DEN BERGHEN C. (1955). Etudes sur les irradiations de plantes méridionales dans la vallée de la Meuse Wallonne. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg., **87**. 29-55.
VAN DER MAAREL E. & SYKES M. T. (1993). Small-scale plant species turnover in a limestone grassland: the carousel model and some comments on the niche concept.
VAN ROSSUM F. (1993). Biologie, démographie et génétique des populations de plantes rares ou menacées d'extinction des pelouses sèches en Belgique: *Silene nutans* et le complexe *Helianthemum nummularium H. apenninum*. Les cahiers des réserves naturelles. RNOB n°**5**.
VAN TOOREN B.F. (1988). Decomposition of bryophyte material in two dutch chalk grasslands. J. Bryo., *15*, 343-352.
VERBEKE W. (1990). Expériences de gestion dans un milieu naturel: les pelouses calcaires de la partie Belge de la Montagne Saint-Pierre. in Actes du colloque "Gérer la nature ?" Trav. Cons. de la Nat. région wallonne 113-126.
VERBEKE W. & LEJEUNE M. (1996). Pâturage ou fauchage, la meilleure gestion pour la flore des pelouses calcicoles? Colloque "La gestion des pelouses calcicoles."
VERKAAR H.J., SCHENKEVELD A.J., & BRIAND J.M., (1983). On the ecology of short-lived forbs in chalk grassland: micro-site tolerance in relation to vegetation structure. vegetatio, **52**, 91-102.

VERKAAR H.J., SCHENKEVELD A.J., & VAN DE KLASHORST M.P., (1983). The ecology of short-lived forbs in chalk grasslands: dispersal of seeds, New. Phyt., **95**, 335-344.
VERKAAR H.J., SCHENKEVELD A.J. (1984). On the ecology of short-lived forbs in chalk grasslands : life history characteristics. New Phytol., **98**, 659-672
VERRIER J.L., (1982). Etudes phytosociologiques sur les pelouses calcicoles du Quercy. Doc. Phyto., **6**, 407-441.
VUILLEMIN P., (1887). Herborisation au Plateau de Malzéville. Assoc. Fr. Avanc. Sci., 15è session Nancy, 1886, **1**, 141-142.
VUILLEMIN P. (1901). Anomalies de la fleur produites par un excès de nourriture chez *Odontites lutea*. Bull. Soc. Sci. Nancy, Réunion Biol., 3ème sér. **2** (1901). 124-128.
VUILLEMIN P. (1902). Evolution, anatomie et biologie de *Gentiana ciliata*. Bull. Scéance Soc. Sci. Nancy. Réunion biol., 3 ème sér. **3**. 157-174. 1 pl.
WATT A.S. (1981). A comparaison of grazed and ungrazed grassland a at Est Anglian Breckalnd. J. Ecol., **69**, 499-508.
WATTEZ J.R. (1982). Répartition et ecologie de Tetragonolobus maritimus dans le Nord de la France. Nat. Belges, 63, 141-168 – E.a. étude de l'influance du pâturage en pelouses calcicoles.
WATTEZ J.R. & DE FOUCAULT B. (1984). Les junipéraies calcicoles pionnières de la Picardie et du Nord de la France. Coll. Phyto, **11**, 117-155.
WEDIN D.A. & TILMAN D. (1996). Influence of nitrogen loading and secies composition on the carbon balance of grasslands. Sciences, vol 274, 1720-1723.
WELLS T.C.E. (1965). Chalk grassland nature reserves and their management problems. The nature conservancy Ed. Handbook of the Society for the Promotion of nature Reserves. Monks Wood Experimental Station, 1-9.
WELLS T.C.E. (1967). *Pulsatilla vulgaris* and changing land use. The nature conservancy. Natural environment Research Council.
WELLS T.C.E. (1967). Changes in the botanical composition of a sown pasture on the chalk in Kent 1956-64. J. Brit. Grass. Soc., **22**, 277-291.
WELLS T.C.E. (1967). Changes in a population of *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. At knocking hoe national nature reserve, bedfordshire, 1962-65. The journal of ecology, **55**, 83-99.
WELLS T.C.E. (1969a). Botanical aspects of conservation management of chalk grassland. Biol. Cons. **2**, 36-44.
WELLS T.C.E. (1969b). The management of sites of ecological value. in Sheail J. and Wells T.C.E. Eds. Old grassland: Its archaeological and ecological importance. The Nature Conservancy, Monks Wood Experimental Station, 68-72.
WELLS T.C.E. (1971). A comparaison of the effects of sheep grazing and mechanical cutting on the structure and botanical composition of chalk grassland. In Duffey E. and Watt A.S. Eds. The scientific management of animal and plant communities for conservation. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 497-515.
WELLS T.C.E. (1973). Botanical aspects of chalk grassland management. in Jermy A.C. Scott P.A. Eds. Chalk grassland : studies on its conservation and management in South-Est England. Kent Trust for Nature Conservation, Maistone. 10-15.

WELLS T.C.E. (1974a). Some concepts of grassland management, in grassland ecology and wildlife management, ed, by E. Duffey. 163-174. London. Chapman and Hall.
WELLS T.C.E. (1974b). The use of fire, fertilizers and herbicides in management. In grassland ecology and wildlife management, ed. by E. Duffey, 197-207. London, Chapman et Hall.
WELLS T.C.E. (1980). Management options for lowland grassland. in Rorison I.H. and Hunt R. Eds. Amenity grassland : An ecological perspective. John Wiley and Sons, Chichester. 175-195.
WELLS T.C.E. (1983). The creation of species-rich grassland. Conservation an perspective (eds A. Warren and F.B. GOLDSMITH). John Wiley. London.
WELLS T.C.E. (1990). Establishing chalk grassland on previously arable land using seed mixtures. in Hillier S.H., Walton D.W.H. and WELLS D.A. Eds. Calcareous grassland. Ecology and management. Bluntisham Books, Sheffied, 169-170.
WELLS T.C.E. (1991). Restoring and recreating species rich lowland dry grassland. in Goriup P.D., BATTEN L.A., NORTON J.A. Eds. The conservation of land dry grassland birds in Europe. Joint nature Conservation Commitiee. 125-132.
WELLS T.C.E. & MORRIS M.G. (1970). The scientific management of animal and plant communities for conservation: Conservation research and management of calcareous grassland. Nature Conservancy, Norwich, England, 50 pp.
WELLS T.C.E., HELL S.A. & FROST A. (1981). Creating attractive grasslands using native plant species. Nature Conservancy Council, Shrews-bury, 35 pp.
WELLS T.C.E., SHEALL J., BALL D.F. & WARD L.K. (1976). Ecological studies on the Porton Ranges: relationships between vegetation, soils and-use history. J. Ecol., **64**, 589-626.
WILLMS W.D., & QUINTON D.A., (1995). Grazing effects on germinable seeds on the fescue prairie. J. range Manage., **48**, 423-430.
WILLEMS J.H. (1978). Observations on North-West European limestone grassland communities : phytosociological and ecological notes on chalk grassland of southern England. Vegetatio, **37**, 141-150.
WILLEMS J.H. (1980). An experimental approach to the study of species diversity and above-ground biomass in chalk grassland. Proc. K. Ned. Akad. Wet. Series C, **83**, 279-306.
WILLEMS J.H. (1982). Phytosociological and geographical survey of *Mesobromion* communities in Western Europe. Vegetatio, **48**, 227-240.
WILLEMS J.H. (1983). Species composition and above-ground biomass in chalk grassland with different management. Vegetatio, **52**, 171-180.
WILLEMS J.H. (1985). Growth form specktra and species diversity in permanent grassland plots with different management. In Sukzession auf Gruenland-brachen, ed. by K.F. Schreiber, 35-44. Paderborn, F. Schoneningh.
WILLEMS J.H. (1995). Soil seed bank, seeding recruitment and actual species composition in an old and isoled chalk grassland site. Folia Geobot. Phytotax., **30**, 141-156.
WILLEMS J.H. & BIK L. (1991). Long-term dynamics in a population of Orchis simia in the Netherlands. In WELLS T.C.E. & WILLEMS J.H. (eds). Population

ecology of terrestrial orchids. Academic Publishing. The Hague. The Netherlands, 33-45.
WILLEMS J.H. & BLANCKENBORG (1975). Kalkgraslanden van de St Pieterberg ten zuiden van Maastricht. Publ. Natuurhist. Genootschap Limburg, **25**, 1-24
WOLKINGER & PLANK (1981). Dry grasslands of Europe. Strasbourg. Council of Europe. 52 p.
WILSON D.M. & GRIGAL D.F. (1995). Effects of Pine Plantations and Adjacent Forests on Soil Calcium. Soil Science Society of America Journal, Vol. 59, n°**6**, 1755-1761.
WILSON E.J., WELLS T.C.E. & SPARKS T.H. (1995). Are calcareous grasslands in the U.K. under threat from nitrogen deposition? - an experimental determination of a critic load. Journal of Ecology, **83**, 823-832.
YOUNG P.T. (1968). Palatibility : The hedonic response to foodstuffs. Handbook of Physiology, see 6, vol. 1, 353-366.