HAL
open science

Méthodologie utilisant une carte des végétations (CarHAB) en vue de préciser les informations pédologiques de la carte des pédopaysages (RRP) à l'échelle du PNR Livradois-Forez

Camille Martin

To cite this version:

Camille Martin. Méthodologie utilisant une carte des végétations (CarHAB) en vue de préciser les informations pédologiques de la carte des pédopaysages (RRP) à l'échelle du PNR Livradois-Forez. Sciences de la Terre. 2019. hal-02319603

HAL Id: hal-02319603

https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02319603v1

Submitted on 18 Oct 2019

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.

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

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-memoires-contact@univ-lorraine.fr

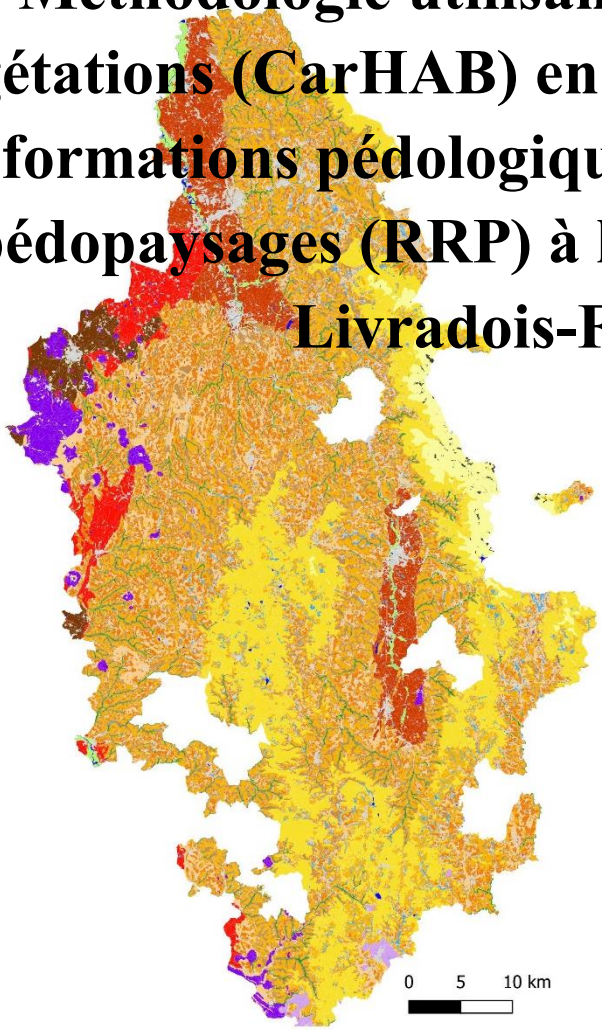
LIENS

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

MASTER 2 : Sol, Eau et Environnement

RAPPORT DE STAGE

Méthodologie utilisant une carte des végétations (CarHAB) en vue de préciser les informations pédologiques de la carte des pédopaysages (RRP) à l'échelle du PNR Livradois-Forez



Camille MARTIN, 2018/2019

Organismes d'accueil : VetAgro Sup et Conservatoire Botanique national du Massif Central
Encadrants professionnels : Mme Véronique GENEVOIS (pédologue-cartographe chez VetAgro Sup), Mr Colin HOSTEIN (chargé de mission inventaire et cartographie de la végétation au CBnMC)
Rapporteur universitaire : Mme Sylvie DOUSSET (Responsable du Master 2 Sol, eau et environnement et Directrice de la Zone Atelier du bassin de la Moselle)

Ce stage est réalisé et financé dans le cadre du **programme Sols et Territoires d'Auvergne** « Cartographie des pédopaysages du département du Cantal et de la Haute-Loire est cofinancé[e] par l'Union européenne et le MAA. L'Europe s'engage en Auvergne-Rhône-Alpes avec le Fonds européen de développement régional»

Table des matières

REMERCIEMENTS **7**

I. Introduction des structures d'accueil : Le CBNMC et VETAGRO SUP **1**

1. VetAgro Sup 1
2. Le Conservatoire Botanique national du Massif Central 2

II. Etat de l'art : La pédologie, la phytosociologie paysagère et les relations « sol-végétation » **3**

1. La problématique du sujet : un cloisonnement entre les études de sol et les études de la végétation ... 3
2. La relation entre le sol et la végétation : le déterminisme des paramètres écologiques 3
3. La pédogénèse, définition d'un sol 4
   - *a. Le rôle de la géologie* *4*
   - *b. Le rôle du climat et le facteur temps* *4*
   - *c. Le rôle de la topographie* *5*
   - *d. Le rôle de la végétation* *5*
4. Végétation, phytosociologie et similitudes avec la composante « sol » 6
   - *a. La phytosociologie paysagère : une discipline basée sur la phytosociologie sigmatiste* *6*
   - *b. Phytosociologie paysagère et pédologie : notions semblables d'organisation et de climax* *7*
5. Méthodes d'étude des relations entre le sol et la végétation 8
   - *a. La méthode des relevés simultanés* *9*
   - *b. La méthode de superposition cartographique* *9*
   - *c. Introduction de la méthode de travail et des données disponibles* *10*

III. Introduction du sujet de stage **11**

IV. Présentation du territoire et des données disponibles **11**

1. Contexte écologique du domaine d'étude 11
   - *a. Localisation* *11*
   - *b. Géologie et géomorphologie* *12*
   - *c. Conditions climatiques* *12*
   - *d. Occupations du territoire* *12*
2. Présentation des bases de données 13
   - *a. La base de données CarHAB* *13*
   - *b. La base de données RRP* *14*

V. Méthodologie **15**

1. Prise en main des bases de données : nettoyage des bases de données et assemblage sur Qgis 15
2. Mise en évidence du lien entre le sol et la végétation 17
3. Méthodologie de calcul du pourcentage de types de sol propre à chaque polygone d'UCS 18

VI. Résultats et discussion **18**

1. Les relations sol-végétation : liens entre données RRP et polygones CarHAB 18

2. Cartes du PNR Livradois-Forez : Type de sol dominants et principaux caractères édaphiques 20
3. Carte thématique de la répartition de certains types de sol au sud du PNR Livradois-Forez 21
4. Discussion sur les méthodes utilisées et la problématique du stage 23
VII. Conclusion 24
Références bibliographiques.....24
ANNEXE.....26

Liste des figures

Figure 1 : Photo de l'établissement de VetAgro Sup à Lempdes 1
Figure 2 : Photo de la sortie géologie-géomorphologie du terrain RRP Cantal (Camille MARTIN)..... 1
Figure 3 : Localisation des différents territoires d'agréments des CBN de France 2
Figure 4 : Visualisation de la carte des physionomies de la végétation CarHAB du PNR Livradois-Forez et sa plaquette..... 2
Figure 5 : Schéma de la formation et de l'évolution d'un sol (Camille MARTIN)..... 4
Figure 6 : Réactions d'altération prépondérantes selon les climats et influence sur le sol (DUCHAUFOUR, 1977)..... 4
Figure 7 : Fonctions principales des plantes en relation avec les processsus pédologiques : l'exemple du hêtre (GOBAT, *et al.*, 2013)..... 5
Figure 8 : Schéma d'un exemple de plusieurs tessélas du paysage (GOBAT, *et al.*, 2013) 7
Figure 9 : Schéma global présentant l'organisation des tessélas et des catenas dans le paysage (Camille MARTIN)..... 8
Figure 10 : Schéma des différentes échelles d'analyse en phytosociologie paysagère (CBNMC)..... 8
Figure 11 : Carte des 54 parcs naturels régionaux de France et localisation du PNR Livradois-Forez (Fédération des Parcs naturels régionaux de France).....11
Figure 12 : Diagramme circulaire construit à partir de l'Annexe 7 représentant les occupations du PNR Livradois-Forez d'après CarHAB.....13
Figure 13 : Carte de la localisation d'un point de sondages pédologique devant être renseigné par un linéaire CarHAB 16
Figure 14 : Schéma des étapes réalisées dans le cadre du diagnostic de la base de données RRP 16
Figure 15 : Schéma synthétique de la méthodologie employée pour attribuer une information unique à chaque polygone d'UCS de la carte RRP en utilisant le découpage de la carte CarHAB.....18
Figure 16 : Graphiques représentant à gauche la proportion de brunisol et à droite la proportion d'alocrisol selon l'altitude et le type de milieu (ouvert ou fermé) 19
Figure 17 : à gauche, carte CarHAB des types de sol dominants du PNR Livradois-Forez ; à droite, carte CarHAB des associations des types de sol dominants du PNR Livradois-Forez 20
Figure 18 : Cartes thématiques représentant la répartition et le pourcentage de certains types de sol (réductisol, alocrisol, colluviosol et rankosol) sur les différents polygones des UCS de la carte RRP du sud du PNRLF Haute-Loire 2019 22
Figure 19 : Graphique représentant la variabilité de la composition en sol de l'UCS des replats sommitaux et versants à pentes faibles, principalement agricoles, à sols moyennement profonds à profonds (2103) 23

Liste des tableaux

Tableau 1 : Dénombrement et réalisation des sondages pédologiques disponibles sur le territoire du PNR Livradois-Forez 15
Tableau 2 : Tableau des physionomies de végétation de milieu ouvert et de milieu fermé d'après CarHAB .17

Liste des annexes

Annexe 1 : Carte du territoire d'intervention et chiffres clefs du CBNMC (CBNMC) 27
Annexe 2 : Schéma global des objectifs réalisés durant le stage 28
Annexe 3 : Carte de la géologie simplifiée du PNR Livradois-Forez (créée à partir de la bose de données de CarHAB) 29
Annexe 4 : Carte des petites régions naturelles du PNR Livradois-Forez (créée à partir de la base de données CarHAB) 30
Annexe 5 : Cartes des pluviométries moyennes annuelles recensées sur le territoire du PNR Livradois-Forez 31
Annexe 6 : Carte des étages de végétation du PNR Livradois-Forez (créée à partir de la base de données CarHAB) 32
Annexe 7 : Carte des occupations globales du sol du PNR Livradois-Forez (créée à partir de la base de données CarHAB).....33
Annexe 8 : Carte des occupations du sol CORINELANDCOVER 2018 (IGN et BRGM, 2006) 34
Annexe 9 : Tableau synthétique des conditions écologiques des séries et géoséries de CarHAB du PNR Livradois-Forez 35
Annexe 10 : Définition et caractéristiques des différentes catégories physionomiques répertoriées sur le PNR Livradois-Forez 36
Annexe 11 : Définition et caractéristiques des différentes séries et géoséries répertoriées sur le PNR Livradois-Forez 40
Annexe 12 : Tableau synthétique du GDM du Livradois et plateaux du Forez répertoriant les différentes UCS et UTS du PNR Livradois-Forez 47
Annexe 13 : Tableau synthétique des GDM du Bassin d'Ambert, des Monts du Forez (1000-1200m) et des Monts du Forez (1200-1500m) répertoriant les différentes UCS et UTS du PNR Livradois-Forez 48
Annexe 14 : Carte RRP des pédopaysages au 1/250 000 du PNR Livradois-Forez (SOL CONSEIL, ASUP et Camille MARTIN) 49
Annexe 15 : Carte RRP des pédopaysages du sud du PNR Livradois-Forez partie Haute-Loire 2019 (Camille MARTIN).....50
Annexe 16 : Localisation des ponctuels répertoriés au sein de la base de données du PNR Livradois-Forez .51
Annexe 17 : Tableau des différents types de sol rencontrés sur le PNR Livradois-Forez (classification RP) et équivalent CPCS (Duchaufour) 52
Annexe 18 : Exemple de l'agencement de la base de données finale utilisée pour réaliser le parallèle entre le sol et la végétation 53
Annexe 19 : Tableau de contingence final permettant d'établir les liens entre les types de sol et les types de végétation du PNR Livradois-Forez 53
Annexe 20 : Tableau des séries et géoséries présentent sur le territoire du PNR Livradois-Forez et types de sol dominants ou principaux caractères édaphiques associés.....53
Annexe 21 : Modèle final basé sur la végétation, utilisé pour informer de façon unique chaque polygone d'UCS de la carte RRP 53
Annexe 22 : Carte au 1/25 000 des types de sol dominants du PNR Livradois-Forez 53
Annexe 23 : Carte CarHAB au 1/25 000 des associations des types de sol dominants du PNR Livradois-Forez 53

Annexe 24 : Carte des types de sol dominants par UCS de la partie sud du PNRLF Haute-Loire 2019 établi selon le modèle pédologique de composition d'UTS par UCS des bureaux d'études SOL CONSEIL et ASUP 53
Annexe 25 : Carte des types de sol dominants de la partie sud du PNRLF Haute-Loire 2019 établi selon le tableau de contingence reliant les types de sol à la végétation (CarHAB).....53
Annexe 26 : Cartes des différents polygones composants les pédopaysages du RRP Haute-Loire 2019 et pourcentages de Réductisol, Colluviosol, Alocrisol et Rankosol associés 53

REMERCIEMENTS

Dans un premier temps, je tiens à remercier les deux personnes m'ayant encadré durant ce stage : Madame Véronique GENEVOIS et Monsieur Colin HOSTEIN.

Je remercie Véronique pour ses conseils prodigués tout au long du stage et les connaissances en matière d'étude des sols qu'elle a pu m'apporter. Je la remercie également de m'avoir fait participer aux diverses réunions et formations très intéressantes qui m'ont beaucoup appris. Elle n'a fait qu'accentuer la passion commune que nous avons pour la pédologie et la nature en général, et pour ceci, je lui en suis très reconnaissante. Avoir l'opportunité de travailler aux côtés d'une personne comme elle fut un privilège. Je tiens donc, à travers ce texte, lui témoigner toute ma gratitude pour m'avoir fait confiance sur l'aboutissement de cette étude et pour m'avoir choisie comme stagiaire.

Je tiens à remercier Colin pour son encadrement parfait tout au long du stage. Ses suggestions, ses conseils et ses idées novatrices m'ont permis d'acquérir une méthode de travail optimale et de me dépasser pour atteindre les objectifs fixés. D'autre part, il m'a beaucoup appris en matière de phytosociologie et de botanique. Il a su aborder les thématiques avec simplicité, ce qui m'a permis de comprendre et de mieux cerner les enjeux de ce stage. Pour cela, je lui en suis extrêmement reconnaissante et espère avoir l'opportunité de travailler à nouveau avec cette personne aux qualités nombreuses.

En second lieu, je souhaiterais remercier les personnes ou structures ayant contribué à l'aboutissement de ce stage :

- Les Directions du plateau « sol et matières organiques » de VetAgro Sup et du Conservatoire botanique national du Massif Central m'ayant permis de réaliser ce stage ;

- Mes collègues de bureau du Conservatoire, à savoir Mélanie PIROUX, Mélanie DUMONT, Quentin RAGACHE et Mathieu MERCIER pour avoir supporté mon parlé plutôt osé lorsque mon ordinateur n'y mettait pas du sien. Je tiens à les remercier aussi, pour leur bonne humeur et les notes d'humour distillées dans le bureau durant ces 5 mois et demi ;

- Mon (éventuel) futur collègue Evan DECUGIS qui m'a accompagné et m'a permis d'être plus à l'aise durant mes premières journées sur le terrain. Nous avons eu l'opportunité de découvrir ensemble les sols et le climat de la Haute-Loire, où les quatre saisons pouvaient se succéder en l'espace de quelques heures ;

- Monsieur Jean-Marcel MOREL et Monsieur Alexandre POIRAUD pour la semaine de découverte de la géologie et géomorphologie du Cantal qui fut passionnante et enrichissante ;

- Séverine DELORME, Sandrine EUVRARD, Angélique BAGEL pour leur appui concernant les diverses procédures administratives (les ordres de mission surtout) que j'ai dû effectuer ;

- La famille MAURIN qui m'a loué mon logement durant cette période et m'a apporté bien plus qu'un simple toit …

Mes parents, ma famille, mes amis, qui m'ont soutenu et encouragé durant cette période mais aussi tout au long de mes études. Ma mère pour ses appels téléphoniques du matin me redonnant toujours le moral lorsque je ne l'avais pas. Mon père pour ses encouragements, sa confiance, ses conseils, son humour. Je tiens à les remercier d'être venu me voir en Auvergne. Cela m'a fait un bien fou de les voir et suis heureuse d'avoir pu leur faire découvrir cette région magnifique ;

Quentin BRUNSMANN (tonton Brunsmann), mon binôme d'étude, de soirées et véritable ami, sans qui, certaines journées auraient été bien longues et bien tristes…

A travers ce texte j'aimerais enfin remercier l'équipe pédagogique du Master SEE mais aussi celle du Master 1 STPE et de la Licence STE qui, durant toutes ces années, ont encadré mes études. Ils m'ont également permis de m'épanouir professionnellement et m'ont fait découvrir une science, jusqu'alors inconnue à mes yeux, devenue aujourd'hui une passion.

I. Introduction des structures d'accueil : Le CBNMC et VETAGRO SUP

Dans le cadre du Master 2 Sol, Eau et Environnement, un stage constituant le second semestre de l'année permettant la formation au monde professionnel et la validation dudit Master devait être réalisé. En septembre 2018, j'ai pu participer à une semaine de terrain de cartographie des sols de la commune d'Allanche (Cantal 15) au sein du Massif Central. Durant cette expérience j'ai eu l'opportunité d'être encadrée par Mme Véronique Genevois, une Pédologue-Cartographe employée par l'établissement d'enseignement supérieur et de recherche VetAgro Sup. A la fin de la semaine de cartographie, Mme Genevois m'a proposé un stage permettant la validation de mon Master 2, mêlant phytosociologie, pédologie et cartographie en partenariat avec le Conservatoire Botanique national du Massif Central. Compte tenu de mon intérêt pour ces thématiques depuis plusieurs années, j'ai immédiatement postulé à cette offre.
J'ai donc intégré l'équipe de VetAgro Sup et du Conservatoire Botanique national du Massif Central le 4 mars 2019 pour une durée de 5 mois et demi.

Figure 1 : Photo de l'établissement de VetAgro Sup à Lempdes

1. VetAgro Sup

Créé en 2010 suite à la fusion de l'Ecole nationale de vétérinaire de Lyon, de l'Ecole nationale des services vétérinaires de Lyon et de l'Ecole national des travaux agricoles de Clermont-Ferrand, VetAgro Sup est un établissement d'enseignement supérieur et de recherche dépendant du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (Figure 1). La structure, destinée en grande partie à l'enseignement, possède un pôle recherche ainsi qu'un pôle expertise composé de 18 plateaux techniques (VetAgroSup). Parmi ces 18 plateaux techniques, le plateau et laboratoire d'analyse Sol et Matière Organique duquel je dépends mène divers projets concernant la gestion des sols. Parmi ces différentes missions figure la caractérisation de la nature des sols (physique/chimique) dans le but d'apporter des outils d'aide aux décisions environnementales et territoriales. Les acteurs de ce plateau technique sont donc susceptibles d'œuvrer en partenariat avec des structures telles les chambres d'agriculture ainsi que des gestionnaires de milieux naturels et forestiers (Réserve naturelle, Conservatoire des Espaces Naturels…) (VetAgroSup).

Par ailleurs, le plateau technique Sol et Matière Organique a été désigné comme responsable du Référentiel Régional Pédologique (RRP) d'Auvergne. Il travaille donc en étroite collaboration avec l'unité Infosol de l'INRA et s'engage à produire les différentes cartes des pédopaysages d'Auvergne (VetAgroSup). Le projet RRP est un volet du programme IGCS (Inventaire Gestion et Conservation des Sols). Initié depuis la fin des années 80, ce programme regroupe divers travaux préexistants concernant la cartographie des sols à plusieurs échelles (Figure 2). Il vise à rassembler les informations d'ores et déjà acquises sur les sols et à en obtenir d'avantage afin d'approfondir les connaissances sur la nature, la distribution et la répartition des sols sur le territoire français (RICHER de FORGES, et al., 2014).

Figure 2 : Photo de la sortie géologie-géomorphologie du terrain RRP Cantal (Camille MARTIN)

C'est dans le cadre du projet RRP « Sols et Territoire d'Auvergne » que mon stage a pu être élaboré et financé. VetAgro Sup représente donc l'aspect pédologique de ce dernier.

2. Le Conservatoire Botanique national du Massif Central

Créé en 1998 par le Conseil Général de la Haute-Loire et consenti par le ministère de l'écologie la même année, le CBnMC est un établissement public à caractère scientifique et technique ayant pour principal objectif de conserver et d'acquérir des connaissances sur la diversité végétale au sein du Massif Central. Son territoire d'agrément s'étend sur 10 départements. En revanche, dans le cadre de projets à l'échelle du massif, ses interventions peuvent être déployées sur 22 départements soit 84 000 km² (Annexe 1) (CBNMC).

A l'échelle nationale, 11 CBN agréés par le ministère chargé de l'écologie se répartissent sur le territoire. Le CBN Nord-Est, actuellement en projet, possède toutefois un Pôle Lorrain du Futur Conservatoire Botanique national Nord-Est (Figure 3).

Afin de satisfaire pleinement son programme substantiel, le Conservatoire Botanique du Massif Central se doit d'accomplir diverses missions permettant l'atteinte dudit objectif fixé. La structure se charge donc :

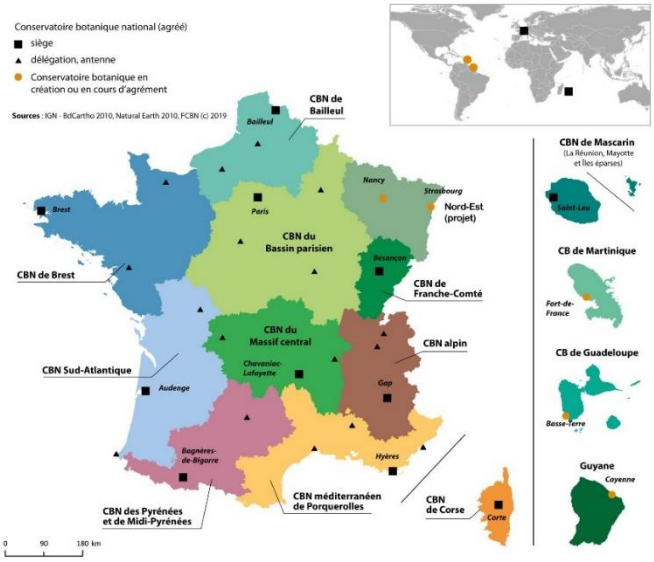


Figure 3 : Localisation des différents territoires d'agréments des CBN de France

- d'acquérir des connaissances, valoriser et conserver la flore sauvage, la végétation et les habitats naturels ;
- de prêter assistance à l'Etat et aux acteurs territoriaux en fournissant un appui technique et d'expertise en matière de botanique ;
- d'informer le public vis-à-vis de la préservation de la diversité végétale.

Parmi les projets menés par le CBnMC figure le programme de cartographie CarHAB. Commandité en 2011 par le ministère de l'environnement, son objectif principal consiste en la réalisation de la carte des végétations au 1/25 000 de la France métropolitaine d'un point de vue global et dynamique faisant appel à la phytosociologie sigmatiste et paysagère. Ainsi, les surfaces de différents habitats terrestres pourront être mises en évidence et permettront de répondre aux objectifs de la DHFF (Directive Habitat Faune et Flore). D'autre part, la construction de ces cartes permettra de répondre à des questions concernant l'aménagement du territoire, les continuités écologiques ainsi que la préservation des milieux protégés.

Après 5 années d'inventaire de terrain et de conception cartographique, le CBNMC, soutenu financièrement par le FEDER, l'Etat (DREAL, MTES), la Région Auvergne-Rhône-Alpes et les départements du syndicat mixte du PNR Livradois-Forez, a donc produit en mars 2018 la carte de la physionomie des végétations (Figure 4) ainsi que la carte des végétations potentielles des 282 700 ha du Parc Naturel Régional du Livradois-Forez (PNR Livradois-Forez ou PNRLF) (HOSTEIN, et al., 2018). Ces cartes sont produites à partir d'une base de données conséquente contenant 20 millions de données.

Le sujet de mon stage permet de débuter un partenariat liant ainsi les domaines d'expertise des deux structures.

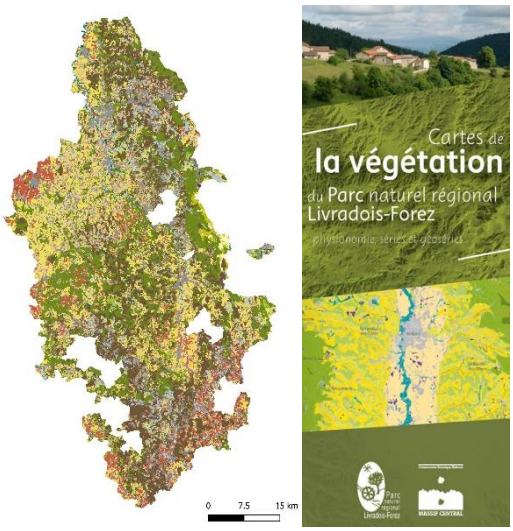


Figure 4 : Visualisation de la carte des physionomies de la végétation CarHAB du PNR Livradois-Forez et sa plaquette

II. Etat de l'art : La pédologie, la phytosociologie paysagère et les relations « sol-végétation »

1. La problématique du sujet : un cloisonnement entre les études de sol et les études de la végétation

Le partenariat mis en place à travers mon stage entre la structure du CBnMC et VetAgro Sup permet la création d'un sujet faisant appel aux deux domaines d'expertise des établissements à savoir : la pédologie et la phytosociologie paysagère. Malgré les paradigmes reliant le sol et la végétation mis en lumière par diverses études au cours des derniers siècles (DOKUCHAEV, 1967; GRUNWALD, 2005), un cloisonnement persiste entre les deux sciences. Ce rapport vise donc à associer les deux domaines et à mettre en évidence le potentiel scientifique et cartographique d'un croisement entre le sol et la végétation. La partie qui suit consiste en un état de l'art relatif aux relations entre le sol et la végétation. Dans un premier temps seront abordés les premiers paradigmes et postulats ayant pu être énoncés par les premières recherches permettant de croiser pédologie et végétation (DOKUCHAEV, 1967; GRUNWALD, 2005). Dans un second temps, des notions et définitions précises concernant les deux thématiques seront présentées. Enfin, pour conclure cette partie bibliographique, quelques méthodes d'étude des relations sol-végétation seront abordées afin de justifier le choix de la méthode employée pour ce travail.

2. La relation entre le sol et la végétation : le déterminisme des paramètres écologiques

Au 18ème siècle, les scientifiques se concentraient principalement dans l'inventaire, la classification et la nomination des entités fondamentales de leur propre science. La mise en relation de différents éléments, les interactions ou relations n'étaient que peu étudiées. A la même époque, le géographe-botaniste Alexander Von Humboldt s'intéresse quant à lui aux différents types de végétation, et par conséquent, aux relations entretenues par ces végétations avec le reste des composantes du système. Il met donc en place une méthode scientifique permettant la réalisation de mesures météorologiques grâce auxquelles il quantifiera les corrélations entre le climat et la végétation (GRUNWALD, 2005). Plus tard, grâce à un réseau de stations météorologiques implanté par Humboldt en Russie et inspiré par les idées du géographe, le jeune russe Vasilii Vasilevich Dokuchaev décide d'employer le même principe de corrélation climatique pour construire la première carte des accumulations d'humus de Chernozem (Chernosol (BAIZE, et al., 2008)). Il se base sur les données climatiques ainsi que sur les relations sol-climat-végétation. Par le biais de la variable « climat », Dokuchaev met en évidence l'étroitesse des relations liant le sol à la végétation. Toutefois, il prend conscience que le climat et la végétation ne suffisent pas à expliquer l'intégralité de la répartition des sols dans le paysage. D'autres variables écologiques telles la géologie ou la géomorphologie sont également considérées comme déterminantes. En prenant en compte ces observations, il construit ainsi un modèle pédologique théorique réunissant les facteurs physiographiques et géologiques (roche mère, topographie …) aux facteurs géographiques (climat, végétation) permettant la description de l'accumulation d'humus (DOKUCHAEV, 1967).
Ainsi, les caractères édaphiques sont aujourd'hui reliés aux paramètres écologiques (GOBAT, et al., 2013).

En parallèle, la phytosociologie moderne (BRAUN-BLANQUET, 1928) explique une partie de la diversité des végétations par les variations du biotope (sol, climat, topographie) (GEHU, 2006).
En considérant cette analogie, il semble judicieux de reprendre le postulat de Dokuchaev et d'étudier les relations entre végétation et sol à travers le prisme des différents paramètres écologiques comme la géologie, la géomorphologie, la topographie et le climat. Cette étude semble d'autant plus légitime qu'aujourd'hui, les méthodes prédictives de cartographie environnementale travaillent à modéliser ces paramètres (CHOISNET, et al., 2017).

3. La pédogénèse, définition d'un sol

Le sol est une couche meuble constituée d'une partie minérale et d'une partie organique, à l'interface entre l'atmosphère, la lithosphère, l'hydrosphère et la biosphère (DUCHAUFOUR, 1977). Du rôle d'auto-épurateur, de niche écologique à celui de support des activités humaines, le sol possède des fonctions diverses et variées faisant de lui un élément essentiel à la survie de l'humanité. Sa protection, sa conservation et l'acquisition de connaissance sur ce dernier sont donc primordiales.

a. Le rôle de la géologie

La formation d'un sol débute par l'existence d'un matériau parental : la roche, la formation superficielle ou végétale sur lesquelles il se développera par altération de ces dernières. La nature de la roche ou de la formation superficielle influence grandement la composition chimique des sols s'y développant (DUCHAUFOUR, 1977). En effet, le sol et la roche partagent un même patrimoine minéralogique. L'un est issu de l'autre et les deux sont donc fondamentalement liés.

b. Le rôle du climat et le facteur temps

Afin de permettre l'installation d'un sol, le matériau parental doit subir une altération physique et/ou chimique dépendante de conditions climatiques spécifiques (DUCHAUFOUR, 1977) (Figure 5).

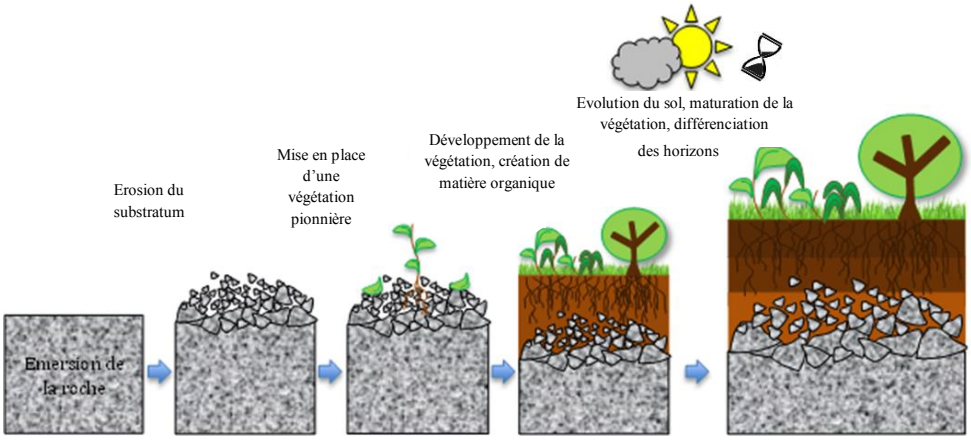


Figure 5 : Schéma de la formation et de l'évolution d'un sol (Camille MARTIN)

Les principaux facteurs climatiques à prendre en compte dans les phénomènes d'altération sont généralement la température et les précipitations (Figure 6).

Concernant l'altération chimique, des réactions d'hydratation, de dissolution, d'oxydation, de réduction ou d'hydrolyse (Figure 6) seront susceptibles d'intervenir et de transformer, faire disparaître ou provoquer la néoformation de minéraux (GOBAT, et al., 2013). Des observations effectuées à partir des sondages réalisés dans le Livradois Forez (RRP 63) ont montrées que sur les matériaux granitiques du Livradois Forez, le pH diminue avec l'augmentation de l'altitude et de la pluviométrie. On observe ainsi, dans ce territoire, une augmentation des processus de podzolisation avec l'altitude et la pluviométrie (GENEVOIS, et al., 2015-2018).

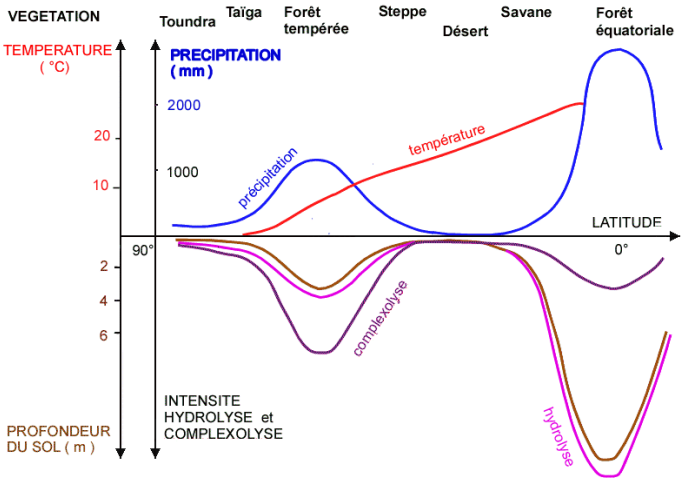


Figure 6 : Réactions d'altération prépondérantes selon les climats et influence sur le sol (DUCHAUFOUR, 1977)

Pour ce qui est de l'altération physique, elle est la résultante d'une abrasion ou d'un démantèlement de la roche par une action mécanique (abrasion par le vent, gélifraction …). A son issue et suivant les caractéristiques du terrain, un transport des matériaux ayant été mobilisés peut être observé.

Les processus pédogénétiques impliqués et par conséquent les types de sol rencontrés seront donc différents d'un climat à l'autre. L'exemple de la formation des andosols dans le Massif Central illustre également l'importance du climat dans la pédogénèse (GENEVOIS, et al., 2015-2018).

D'autre part, le climat peut intervenir indirectement dans la formation d'un sol en influençant la végétation et l'activité biologique de ce dernier. L'accumulation et les vitesses de dégradation de la matière organique sont donc contrôlés par ce paramètre écologique (GOBAT, et al., 2013). Là encore, ce critère est à considérer quant à la différenciation des sols selon les climats.

Par ailleurs, il est également nécessaire de prendre en compte au sein de la pédogénèse, le facteur temps. Au cours de ce dernier, les sols vont se différencier et évoluer (Figure 5). Ils s'approfondissent, vieillissent et évoluent jusqu'à atteindre un état d'équilibre dynamique où les conditions écologiques ne permettent plus sa modification : le climax (CLEMENTS, 1936). Cependant, cet état n'est que rarement atteint. En effet d'autres paramètres écologiques empêchent dans la plupart des cas l'atteinte de ce dernier (GOBAT, et al., 2013).

c. *Le rôle de la topographie*

Comme il a pu être précisé ci-dessus, certains paramètres écologiques comme la topographie sont susceptibles d'empêcher l'atteinte du climax pédologique. En effet, un sol se situant sur un versant à pente abrupte sera constamment rajeuni par érosion et un sol localisé en fond de vallon sera également rajeuni par apport de matériaux. Ainsi, il est possible de définir des toposéquences sur même roche mère ou catenas pédologiques (GOBAT, et al., 2013) correspondant à une succession de sols liés (catena) ou non génétiquement en fonction des conditions écologiques du milieu.

d. *Le rôle de la végétation*

L'installation d'une végétation fera suite à la première étape d'altération de la roche mère (Figure 5). Différents stades évolutifs de végétation se succéderont en concomitance avec l'évolution progressive du sol. La végétation fait donc partie intégrante de la pédogénèse. En effet, suivant le type de végétation, différents acides organiques seront produits en quantité variable par dégradation de la matière organique (GOBAT, et al., 2013). Ces produits seront susceptibles de migrer au sein du sol et d'en faire évoluer ses propriétés. Par ailleurs, la plante prélève à travers ses racines, des éléments nutritifs qu'elle soustrait à ceux présents au sein du sol (Figure 7). Les propriétés chimiques du sol s'en verront potentiellement modifiées. Sur le territoire du PNR Livradois-Forez, où les pratiques de gestion forestière favorisent les résineux, il est possible de constater une diminution du pH sur des matériaux géologiques identiques lorsque les sols sont utilisés pour la production forestière par rapport à une utilisation agricoles (prairies) (GENEVOIS, et al., 2015-2018). La végétation soustrait des nutriments par absorption mais l'inverse est également observé. En effet, à travers les exsudats racinaires, les sécrétions ou la chute des feuilles, certains des éléments prélevés seront redistribués au sein du sol.

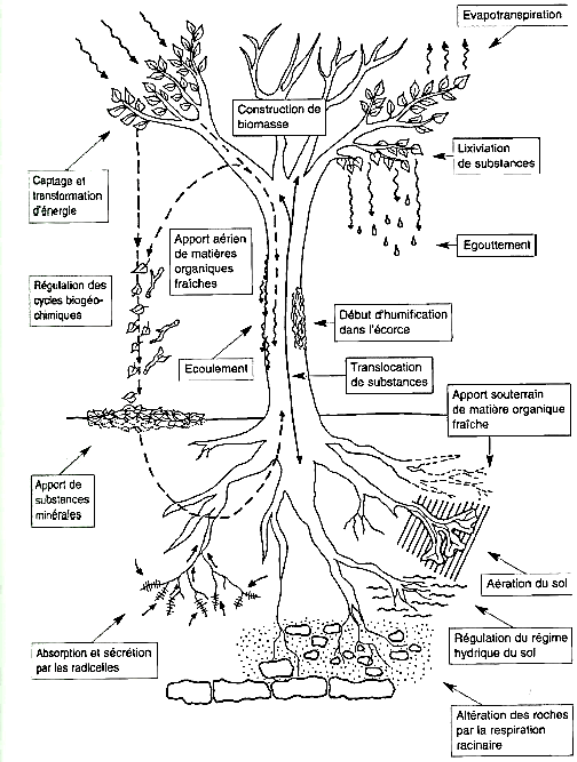


Figure 7 : Fonctions principales des plantes en relation avec les processsus pédologiques : l'exemple du hêtre (GOBAT, et al., 2013)

Il existe donc un cycle perpétuel, ouvert sur l'écosystème, liant la plante au sol : le cycle biogéochimique (GOBAT, et al., 2013) (Figure 7). D'après GOBAT, (GOBAT, et al., 2013) et suite à l'exposé des arguments précédents, il semblerait qu'un lien de causalité soit établi (dans les régions froides ou tempérées) entre le sol et la végétation. Parmi les autres rôles que la végétation occupe figure celui de brasseur de la matière organique et de la matière minérale. C'est un processus lent, susceptible d'influencer la formation du sol. Les racines pénétrant dans le sol brassent, en concomitance avec les agents biologiques, les particules de sols et la matière organique permettant ainsi leur mélange et son homogénéisation. La formation d'un sol est donc un phénomène complexe. L'implication de la végétation au sein des processus pédogénétiques est irréfutable. C'est une première ébauche concernant la définition du lien sol-végétation qui peut être établie à partir de ces constatations. Toutefois, le rôle de la végétation dans la pédogénèse n'est pas primordial et ne sera donc pas abordé. Seule sa qualité de témoin des conditions écologiques du milieu sera précisée dans le cadre de ce rapport.
Afin d'aborder les méthodes d'études et les paradigmes relatifs aux relations entre le sol et la végétation, il est incontournable de commencer par définir ce qu'est une végétation et la façon dont cette dernière peut être étudiée.

4. Végétation, phytosociologie et similitudes avec la composante « sol »

La végétation définit l'ensemble des végétaux, le tapis végétal qui pousse et qui recouvre une surface. Elle est composée de différentes espèces végétales associées en quantité variable. D'après le botaniste Jean-Marie Géhu, une végétation est un « ensemble structuré (en formation, groupement …) des végétaux présents sur un territoire, quelles que soient son étendue et ses caractéristiques stationnelles » (GEHU, 2006). Les disciplines permettant l'étude de la végétation sont :

- la phytogéographie permettant d'étudier la répartition et les causes de la répartition des végétaux à la surface du globe ;
- la phytosociologie paysagère qui permet une approche plus fine du territoire sera détaillée plus précisément dans la partie figurant ci-dessous. En effet, compte tenu de son domaine d'observation plus précis, c'est grâce à cette discipline que le parallèle entre le sol et la végétation peut être réalisé.

a. La phytosociologie paysagère : une discipline basée sur la phytosociologie sigmatiste

La phytosociologie paysagère étudie l'agencement des différents compartiments écologiques au sein desquels sont listées toutes les associations végétales reliées entre elles par des liens dynamiques (des végétations pelousaires aux végétations forestières) (CHALUMEAU, et al., 2013).
L'association végétale est un groupement végétal de composition floristique déterminée, présentant une physionomie uniforme et croissant dans des conditions stationnelles uniformes (De FOUCAULT, 1986; GEHU, et al., 1981; FLAHAUT, et al., 1910). C'est l'unité de base de la phytosociologie, concept élaboré à la fin du 19ème siècle. Initiée par des précurseurs (tels Jozef Paczoski, Henri Lecoq, Charles Flahault ou encore Emile Château) constatant que la végétation et les espèces végétales ne semblent pas se répartir au hasard sur le territoire et qu'une certaine logique semble régir l'organisation du paysage, la phytosociologie est clairement définie et détaillée par J. Braun-Blanquet en 1928. Elle correspond à la science des groupements végétaux (LAHONDERE, 1997). Elle étudie les différentes communautés végétales, leurs liens, et prend en compte les relations de ces communautés avec le milieu environnant. Elle intègre donc les conditions écologiques biotiques comme abiotiques au sein de sa synthèse et de son analyse.
Malgré l'existence de plusieurs types de phytosociologie, la phytosociologie sigmatiste (créée par J. Braun-Blanquet, issue de l'école züricho-montpelliéraine, S.I.G.M.A : Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine) (LAHONDERE, 1997) semble être la plus usitée par les botanistes et les phytosociologues depuis le XXème siècle (MEDDOUR, 2011; GILLET, et al., 1991).

Elle fait appel à une méthode méticuleuse, universelle permettant, outre la classification des syntaxons (unité taxonomique de rang indéterminé) et la diagnose floristique, la mise en évidence de liens entre les espèces végétales et leur environnement (MEDDOUR, 2011).
En 1973, la phytosociologie sigmatiste est transposée à l'analyse du paysage dans sa globalité. C'est l'émersion d'une nouvelle science : la phytosociologie des paysages végétaux dont l'objectif est d'étudier les groupements végétaux au sein d'unités relativement homogènes du paysage (CHALUMEAU, et al., 2013)
L'outil principal permettant l'étude des associations végétales est le relevé phytosociologique. Il s'effectue sur une certaine surface représentative d'une communauté végétale (GOBAT, et al., 2013). C'est un inventaire exhaustif des différentes espèces végétales couplé à l'attribution de coefficients d'abondance, de dominance, de vitalité et de sociabilité pour chacune des espèces observées sur la placette délimitée (GEHU, et al., 1981; GOBAT, et al., 2013).
Comme a pu l'énoncer Lahondere en 1997 dans son ouvrage consacré à l'initiation à la phytosociologie sigmatiste, « L'association végétale est la résultante des conditions du milieu, c'est-à-dire des **conditions édaphiques** et climatiques en un point donné » (LAHONDERE, 1997). Cette constatation s'avère être très importante et primordiale concernant les potentielles relations pouvant être mises en lumière entre le sol et la végétation. La phytosociologie est donc en partie basée sur la composante « sol » de l'écosystème. Compte tenu de l'influence des paramètres écologiques sur le sol, il est possible d'aller plus loin et de faire le lien existant entre la phytosociologie paysagère et la pédologie.

b. Phytosociologie paysagère et pédologie : notions semblables d'organisation et de climax

Lorsque la phytosociologie paysagère est liée à la pédologie, plusieurs niveaux d'organisation de l'écosystème et d'organisation spatiale peuvent être étudiés (GOBAT, et al., 2013). Il s'agit ensuite de choisir le niveau le plus adéquat, permettant la mise en exergue des relations pertinentes existant entre le sol et la végétation. En phytosociologie paysagère, deux niveaux d'organisation et d'analyse peuvent être constatés : la phytosociologie sériale et la phytosociologie caténale.
Ces deux niveaux ont été retenus afin de définir deux unités fondamentales du programme national CarHAB (CHALUMEAU, et al., 2013).

La phytosociologie sériale se base sur l'unité élémentaire spatiale appelée tesséla. Elle permet l'étude des différents stades évolutifs d'une végétation au sein d'une même entité spatiale (tesséla) et définit concomitamment les relations entre ces différents stades d'association végétale (allant de la prairie/pelouse à la forêt mature en passant par des végétations de recolonisation et des végétations pionnières) (Figure 8). La définition même de la phytosociologie sériale fait donc appel à une notion spécifique : la notion de climax (CLEMENTS, 1936). Cette notion définit le stade ultime, théorique, d'équilibre de la succession écologique d'une communauté végétale dans des conditions (édaphiques, écologiques et climatiques) spécifiques (BRAUN-BLANQUET, 1933; GEHU, 2006). Les différents stades d'évolution d'une végétation sont réunis au sein d'une même entité appelée série de végétation susceptibles d'être localisée sur des tessélas similaires (CHALUMEAU, et al., 2013). Du point de vue pédologique, une tesséla peut être assimilée à un pédopaysage où les conditions écologiques sont clairement définies (roche-mère, climat, topographie …). En introduisant cette notion, il est possible de déceler les liens sol-végétation qui pourront être établis par la suite.

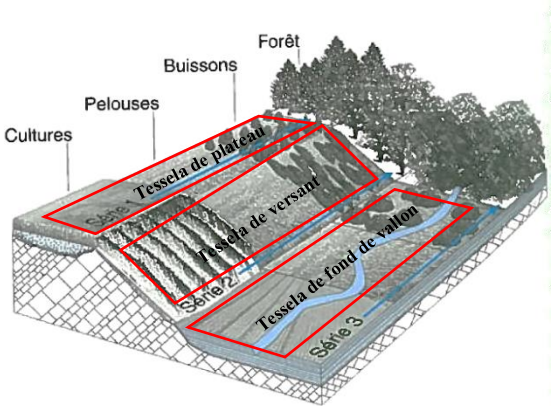


Figure 8 : Schéma d'un exemple de plusieurs tessélas du paysage (GOBAT, et al., 2013)

Par opposition à la phytosociologie sériale, **la phytosociologie caténale** a pour but l'étude de l'organisation et des relations entre différentes séries regroupées au sein d'une même unité spatiale appelée caténa. En pédologie, la caténa peut être assimilée à une toposéquence sur même roche mère (Figure 9). L'unité fondamentale de la phytosociologie caténale est la géosérie. Une géosérie peut être constituée d'une ou plusieurs séries de végétation localisées sur des caténas aux conditions écologiques similaires (Figure 9).

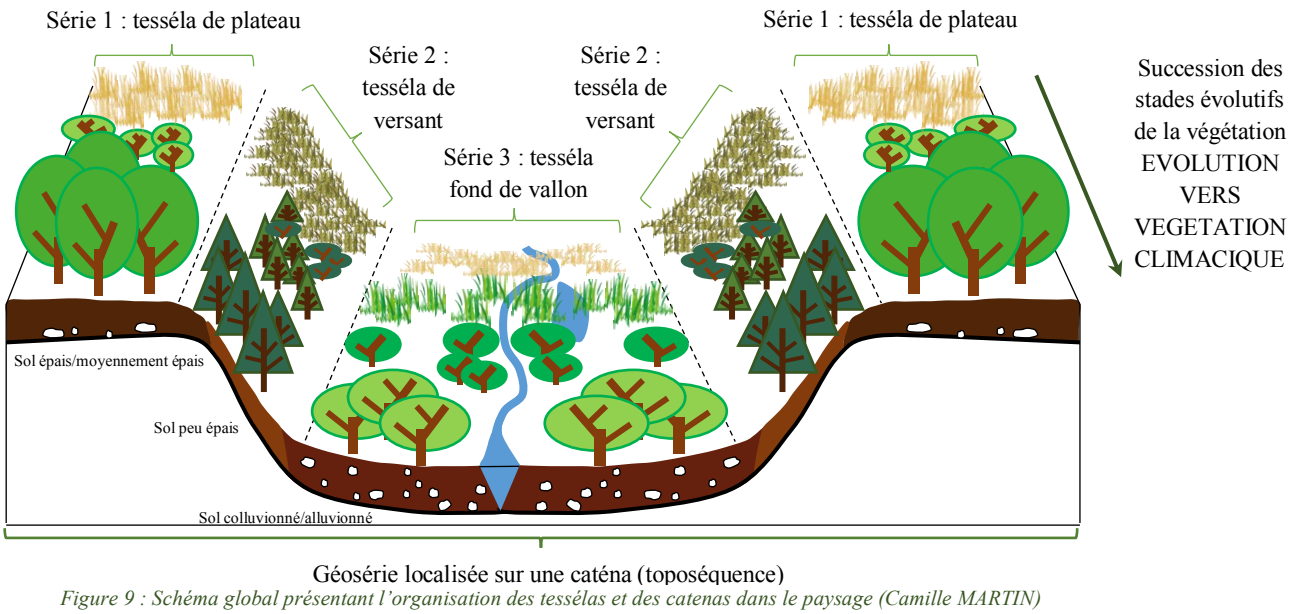


Figure 9 : Schéma global présentant l'organisation des tessélas et des catenas dans le paysage (Camille MARTIN)

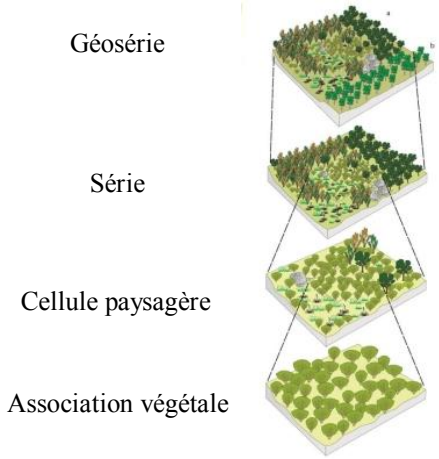


Figure 10 : Schéma des différentes échelles d'analyse en phytosociologie paysagère (CBNMC)

A une échelle plus fine figure également une entité appelée cellule paysagère (Figure 10). Elle prend en compte la série dans laquelle elle se trouve et la combine à la physionomie (culture, prairie, forêt). La cellule paysagère intègre donc le stade évolutif du complexe d'association végétale. Concernant le programme national CarHAB, elle est la plus petite entité représentable et représentée sur les supports cartographiques (CHOISNET, et al., 2017).

Comme cela pu être énoncé dans les parties précédentes, le sol dépend de paramètres écologiques abiotiques tels la roche mère, la topographie ou le climat. Suivant l'intensité, la fréquence et la nature de ces facteurs, différents types de sol pourront se former. L'approche de la phytosociologie paysagère a permis de démontrer que la végétation et la pédogénèse sont cadrées par ces mêmes conditions écologiques. Les deux sujets de l'étude évoluent donc sous des conditions précises permettant leur différenciation suivant la variation de ces dernières. Afin de mettre clairement en évidence les liens potentiels entre la végétation et le sol, plusieurs techniques sont envisageables.

5. Méthodes d'étude des relations entre le sol et la végétation

Parmi les différentes méthodes d'étude visant à mettre en évidence les relations entre le sol et la végétation figurent : **la méthode des relevés simultanés**, le calcul automatique par information mutuelle ou régressions multivariées, **la superposition de couches cartographiques** et l'approche intuitive (GOBAT, et al., 2013). Toutes les méthodologies citées ci-dessus ne seront pas abordées dans les paragraphes suivants. Seules les procédures ayant permis l'atteinte des objectifs du stage seront étayées.

a. La méthode des relevés simultanés

La méthode des relevés simultanés ou relevés doubles est une technique qui consiste en la réalisation d'un relevé phytosociologique couplée d'un relevé pédologique, permettant une description simultanée des deux objets (GOBAT, et al., 2013). La méthodologie doit être rigoureuse et nécessite un protocole réglementé. Les deux relevés (phytosociologique et pédologique) sont nécessairement réalisés au même endroit, et dans des conditions similaires. Cette méthodologie a été expérimentée par le Conservatoire Botanique national de Brest dans le cadre d'un projet visant à établir le lien entre les types de sol et les séries de végétation (LAURENT, et al., 2017). Pour ce faire, un tableau de contingence reliant les occurrences des relevés pédologiques et phytosociologiques a été construit. La variable pédologique ayant été choisie afin d'effectuer la comparaison avec la végétation est le type de sol. Néanmoins, un regroupement en grands types de sol similaires a dû être effectué afin d'obtenir des résultats plus probants. Ce regroupement permet d'augmenter le nombre d'occurrences et confère à la base de données ainsi qu'aux résultats une certaine viabilité statistique (LAURENT, et al., 2017). Cependant, d'autres variables édaphiques peuvent être prises en compte afin de réaliser le parallèle avec la végétation. Ce choix dépend du système étudié et de son fonctionnement. En effet, dans certains cas, la variable « type de sol » ne permettra pas la mise en évidence d'une corrélation avec la végétation si celle-ci ne dépend que d'un seul paramètre édaphique (GOBAT, et al., 2013). Plantureux en 2015 (PLANTUREUX, 2015) met l'accent sur le fait que ce n'est pas « le type de sol » qui détermine la végétation mais les propriétés du sol : état physique, chimique, biologique, et propriétés associées. Il montre également que dans les sols de prairie à faible fertilité ou dont les caractéristiques sont extrêmes (humidité, acidité, …), la composition floristique (établie à partir de relevés phytosociologiques) est très liée à ces caractéristiques, et donc au type de sol. En revanche, sur les sols de prairie fortement intensifiée (ex : labourée…) la composition floristique est peu liée au type de sol, et dépend surtout du niveau et des modalités de l'intensification. Dans le cas du Conservatoire Botanique national de Brest, le critère « influence maritime » a, par exemple, été pris en compte afin d'améliorer les corrélations (LAURENT, et al., 2017). Cette technique reste néanmoins chronophage et nécessite l'acquisition d'un lot de données conséquent. Les observations se cantonnent à la placette étudiée et ne considèrent pas forcément le paysage dans son ensemble. Des informations peuvent donc être occultées suivant le plan d'échantillonnage défini par l'opérateur.

b. La méthode de superposition cartographique

Une autre méthode, permettant de prendre en compte le système dans sa globalité et de pallier certains des biais explicités précédemment serait la **méthode de superposition cartographique** (GOBAT, et al., 2013). Ce procédé consiste en la superposition de différentes cartes, vectorisées, existantes (pédologique/végétation) sur un Système d'Information Géographique. Au-delà de la nécessité de visualiser des limites distinctes entre polygones, ces cartes doivent également être associées à une table attributaire contenant les informations de chacun des polygones ou objets de la carte afin d'être dotées d'une valeur scientifique (DUCOMMUN, et al., 2017). D'autre part, il est nécessaire de porter une attention toute particulière quant à l'échelle des cartes superposées. En effet, une carte d'une échelle au 1/250 000 n'est pas scientifiquement corrélable ou superposable à une carte d'échelle supérieure (LAROCHE, 2014). Une carte au 1/250 000 est une carte à échelle restreinte comparée à une carte au 1/25 000 (ENS de Lyon). Cela signifie qu'elle possède une précision faible et que certaines informations, visibles à l'échelle du 1/25 000, sont occultées. Une carte au 1/250 000 ne permet pas, par exemple, une étude à l'échelle de la parcelle du fait de son manque de précision (LAROCHE, 2014). La corrélation et la superposition de cartes d'échelles différentes semblent donc très périlleuses. Afin de remédier à ces difficultés, une corrélation entre carte à grande échelle et données ponctuelles très précises (par exemple, les sondages tarière effectués pour réaliser les cartes) peut être mise en place. Ainsi, les ponctuels se voient attribuer sous SIG (à partir de la fonction joindre les attributs par localisation), l'information du polygone qu'ils intersectent permettant la mise en correspondance d'informations provenant de sources différentes.

c. *Introduction de la méthode de travail et des données disponibles*

Malgré certains aspects prometteurs, les études liant par superposition cartographique le sol à la végétation ne sont que peu développées. Cette constatation peut potentiellement résulter du fait de la persistance d'un cloisonnement des deux sciences, de l'absence de résultats cartographiques se superposant sur de grands territoires, de la disponibilité des données, mais surtout, d'un manque de financement. Depuis quelques années, plusieurs grands programmes ambitieux de cartographie ont été réalisés aussi bien en pédologie qu'en phytosociologie.

La France métropolitaine n'a jamais été aussi proche d'obtenir une cartographie « pédologique » au 1/250 000 sur la totalité de son territoire (LAROCHE, 2014). Ces cartes couvrent aujourd'hui la quasi-totalité du territoire français. Seuls quelques départements comme le Cantal ou la Haute-Loire (en partie) restent à cartographier. Les cartes du RRP ne sont pas des cartes des types de sol mais des cartes des pédopaysages. Le pédopaysage correspond à l'unité cartographique de ces cartes où les paramètres écologiques y sont définis. Ces cartes regroupent des informations concernant la géomorphologie, la géologie, la végétation, le climat et la vision du cartographe du territoire étudié. Des informations principalement écologiques qui influencent largement la formation des sols. Les types de sol ou unités typologiques de sol (UTS) au sein de ces cartes ne sont pas localisés. Cependant, le pourcentage des différents types de sol rencontrés au sein de chaque pédopaysage est estimé grâce au plan d'échantillonnage et complété à dire d'expert. Par ailleurs, ces cartes sont également associées à une base de données nationale. La base de données nationale DONESOL, répertorie les informations collectées sur l'intégralité des données ponctuelles ayant été référencées lors des campagnes de terrain ayant permis d'aboutir à la construction desdites cartes. Les informations sur les fosses y sont complètes (localisation, analyse, description), les informations recueillies sur les sondages sont compilées par l'intermédiaire des caractéristiques physiques et chimiques des UTS. Afin de ne pas perdre d'informations sur les sondages tarière effectués, Véronique Genevois, depuis 2015, constitue une base de données géoréférencée et accessible sur les départements Auvergnats (15-43-63) permettant ainsi leur utilisation sur le territoire du PNR Livradois-Forez.

Concernant les programmes de cartographie en phytosociologie, le CNRS et le laboratoire écologie fonctionnelle et environnement (EcoLab) ont été les premiers à publier au tout début des années 1990, une carte des végétations au 1/200 000 à l'échelle de la France métropolitaine (CNRS). Fruit d'un travail de près de 60 années, cette carte présente la répartition des différentes séries de végétation qui pouvaient être observées entre 1940 et 1990 (LEGUEDOIS, et al., 2011). Auparavant sous format papier, un travail de numérisation, de vectorisation et d'harmonisation de la carte à deux échelles a été réalisé en 2011 afin de faciliter et d'améliorer son potentiel d'utilisation (LEGUEDOIS, et al., 2011). La même année est lancé le programme de cartographie nationale des habitats naturels et semi-naturels, le programme CarHAB (CHOISNET, et al., 2017). Les cartes issues de ce programme s'avèreront nettement plus précises étant donné leur échelle au 1/25 000. Par ailleurs, les informations contenues au sein de ces cartes seront également plus détaillées compte tenu de la présence d'un niveau d'observation et d'organisation supplémentaire : celui de la cellule paysagère. Au jour d'aujourd'hui, une seule cartographie CarHAB a été initiée et aboutie sur le territoire français : celle du PNR Livradois-Forez. Une carte de la végétation ainsi qu'une carte de la végétation potentielle sont donc disponibles sur les 282 700 ha du PNR Livradois-Forez (HOSTEIN, et al., 2018). Grâce à l'aboutissement de la cartographie CarHAB sur ce territoire, un croisement des informations de la carte CarHAB et des informations de la carte des pédopaysages au 1/250 000ème du PNR Livradois-Forez est donc possible. Ce stage permet de creuser les possibilités qu'offre le croisement des cartographies phytosociologiques et pédologiques. Il présentera une méthodologie cartographique simplifiée permettant la construction de modèle de répartition des sols suivant la végétation s'y développant à partir de données préexistantes, à savoir la carte des pédopaysages et les cartes CarHAB du PNRLF. Les différents rapports, publications et papiers cités précédemment ont en partie inspiré la méthodologie qui sera exposée ultérieurement. Certains aspects volontairement peu développés ici le seront davantage dans la suite du rapport.

III. Introduction du sujet de stage

Le partenariat mis en place à travers mon stage entre la structure du CBNMC et VetAgro Sup permet la création d'un sujet de stage faisant appel aux deux domaines d'expertise des établissements.
Un des principaux objectifs de ce stage est la finalisation de la cartographie au 1/250 000 des pédopaysages (RRP Haute-Loire 2019) du sud du PNR Livradois-Forez (20 000 ha). Cette étape permet, outre la production d'une carte des pédopaysages du PNR Livradois-Forez complète, la récolte de données supplémentaires concernant les types de sol, leur nature et leur distribution au sein du paysage (Annexe 2).
Bien que cette partie de mon stage fut très enrichissante et intéressante d'un point de vue cartographique, elle ne sera pas développée au sein de ce rapport de stage. En effet, j'ai préféré me concentrer et axer ce rapport sur les résultats que j'ai pu obtenir concernant le travail de mise en relation des types de sol et de la végétation qui constituait le second objectif de ce stage (Annexe 2). En recherchant des informations bibliographiques sur la thématique de mise en relation du sol et de la végétation, il s'est avéré que peu d'étude sur un territoire étendu, était référencée. Le croisement d'informations pédologiques et botaniques n'est pas nouveau. Cependant les bases de données CarHAB et RRP utilisées pour mettre en évidence les relations impliquées entre le sol et la végétation sont nouvelles et n'ont jamais pu être croisées par le passé. Dans cette optique, on m'a donc confié dans un premier temps de mettre en relation ces bases de données pour constater l'existence de liens entre les données pédologiques et les informations de CarHAB. Cette première étape aboutit à la construction d'un modèle basé sur la végétation permettant de préciser les informations de la carte RRP en informant de façon unique la composition en type de sol de chaque polygone d'Unité Cartographique de Sol (UCS). En effet, au sein du RRP, seule une répartition, moyenne d'UTS par UCS est donnée. Cette méthode met donc en évidence les différences intra-UCS existantes. Dans un second temps, et par le biais de ce modèle, il est question de démontrer la possibilité d'amender la carte CarHAB par un champ « sol ou sol dominant ».

Afin de réaliser ces objectifs, un long travail de familiarisation avec les différentes bases de données ainsi qu'avec le contexte géographique, géologique et physiographique du territoire d'étude a dû être entrepris.
Un résumé de cette familiarisation figure dans la partie suivante et permet d'introduire la méthode utilisée pour atteindre lesdits objectifs.

IV. Présentation du territoire et des données disponibles

1. Contexte écologique du domaine d'étude

a. *Localisation*

L'emprise spatiale de l'étude réalisée durant ce stage se base sur le territoire du PNR Livradois-Forez. Localisé au cœur de la nouvelle région Auvergne-Rhône-Alpes (Figure 11) sur 162 communes, il s'étend sur 3 départements à savoir : la Haute-Loire (43), le Puy-De-Dôme (63) et la Loire (42). Sa superficie de 282 700 ha et sa localisation au sein du Massif Central, offrent une diversité géologique, paysagère et botanique remarquable.

Figure 11 : Carte des 54 parcs naturels régionaux de France et localisation du PNR Livradois-Forez (Fédération des Parcs naturels régionaux de France)

b. *Géologie et géomorphologie*

Le PNR Livradois-Forez se situe en bordure est du Massif Central. Il présente une certaine diversité tant au niveau de la nature des roches pouvant y être observées qu'au niveau de sa morphologie. En effet, la morphologie et la nature géologique du Massif Central ont tout d'abord été induites par la formation de la chaîne Hercynienne. La chaîne Hercynienne ou Varisque est une chaîne de montagne édifiée de manière polycyclique entre -390 et -245 millions d'années (FOUCAULT, et al., 1995). Elle est issue de l'ouverture puis de la fermeture d'océans localisés entre les paléocontinents Gondwana et Laurentia Baltica. Entre -325 et -250 millions d'années débute la phase de pénéplanation de la chaîne Varisque. Les massifs sont érodés et démantelés par la mise en place de réseaux fluviatiles et par la diminution des contraintes exercées entre les paléocontinents. Le Massif Central s'est vu surélevé suite à la surrection des Alpes et des Pyrénées (respectivement entre -80 et -5 et entre -50 et -35 millions d'années) (FOUCAULT, et al., 1995). Les surrections Alpine et Pyrénéenne ont engendré un amincissement crustal au niveau du Massif Central. Ce phénomène a eu pour effet de provoquer la formation de diverses failles et cassures au sein du socle facilitant ainsi la mise en place d'un important système volcanique (à partir de -25 Ma) et de micro-bassins. Ces étapes ont permis la formation successive de roches métamorphiques, granitiques, volcaniques et sédimentaires. Elles participent à la diversité des paysages actuels pouvant être observés. Sur le territoire du PNR Livradois-Forez, les différentes roches énoncées précédemment peuvent être retrouvées. La carte géologique simplifiée (Annexe 3) permet de visualiser la répartition de ces différents types de roches sur le territoire. D'un point de vue géomorphologique, le PNR Livradois-Forez présente une alternance de plateaux ou de reliefs relativement élevés en altitude (jusqu'à 1634 mètres dans les Monts du Forez) (Plateau du Livradois, Haut-Livradois, Plateau de la Chaise-Dieu, Haut-Forez, Plateau de Craponne-sur-Arzon …), incisés par un réseau de vallées et vallons secondaires encaissés plus ou moins larges et séparés par plusieurs bassins d'effondrement (Plaine d'Ambert, Limagne et Plaine des Varennes …) (Annexe 4). Ses diversités géomorphologiques, topographiques et géologiques sont des éléments pouvant indiquer la présence d'une diversité tant au niveau des sols qu'au niveau des types de végétation se développant sur le territoire.

c. *Conditions climatiques*

Le positionnement par rapport au flux d'ouest et l'altitude régissent la majorité des variations climatiques observées. Le flux d'ouest porteur d'humidité est modulé par l'influence du barrage formé par les massifs volcaniques occidentaux du Massif central. Au nord du Parc, ces massifs n'ont que peu d'influence, la pluviométrie annuelle importante (> à 1100 mm) favorise la présence de végétations adaptées au climat atlantique. La frange occidentale du PNR Livradois-Forez est bien plus abritée, la pluviométrie annuelle plus faible (< 800mm) détermine des végétations adaptées aux conditions plus sèches (Annexe 5).

Par ailleurs, d'après la carte des étages de végétation réalisée par le Conservatoire Botanique national du Massif Central (Annexe 6), il est possible de constater les fluctuations climatiques liées à l'altitude (CHOISNET, et al., 2017). En effet, plus l'altitude augmente, plus la température baisse (baisse moyenne de 0.7°C pour 100 m. d'élévation). Les deux cartes citées précédemment permettent donc de cerner la diversité climatique du Parc.

d. *Occupations du territoire*

En observant la carte figurant en Annexe 7, il est possible de constater que le PNR Livradois-Forez est majoritairement occupé par des milieux boisés (Milieu fermé = 54.53% de la superficie) (Figure 12). En comparant cette carte avec la carte des occupations des sols, CORINELANDCOVER 2018 (Annexe 8), il en ressort que les forêts qui recouvrent le territoire du PNR Livradois-Forez sont majoritairement des forêts de résineux.

Sur la région naturelle du Haut-Livradois et le plateau de la Chaise-Dieu, ce sont principalement des plantations de résineux qui recouvrent le domaine. Les parties les plus cultivées du PNR Livradois-Forez sont majoritairement localisées au sud ainsi qu'à l'ouest, sur la région naturelle des Plaines et Varennes et bassins périphériques (Annexe 4).

Les paramètres écologiques cités précédemment (géologie, climat, topographie) semblent très hétérogènes sur le territoire du Parc. D'après les postulats de base ayant été cités dans la première partie de ce rapport, cette hétérogénéité peut suggérer la présence d'une certaine diversité au niveau des types de sol et des types de végétation. Les parties suivantes visent à introduire les deux bases de données (sol et végétation) ayant été utilisées pour réaliser cette étude de mise en relation.

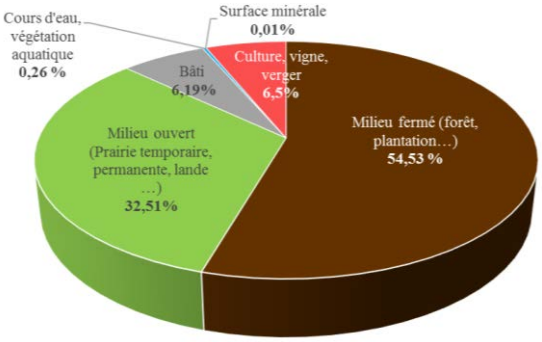


Figure 12 : Diagramme circulaire construit à partir de l'Annexe 7 représentant les occupations du PNR Livradois-Forez d'après CarHAB

2. Présentation des bases de données

a. La base de données CarHAB

Suite à l'élaboration de la carte des végétations de la France métropolitaine au 1/200 000ème en 1990, la communauté scientifique, motivée par les enjeux de conservation de la biodiversité, s'est vite rendue compte de la nécessité d'avoir une carte plus précise, pouvant être pérenne. En 2011 s'est lancé le programme CarHAB permettant d'atteindre ces objectifs grâce à la création d'une carte des végétations potentielles au 1/25 000 (HOSTEIN, et al., 2018). Elle prend en compte les conditions écologiques abiotiques qui en l'absence de gestion, déterminent une végétation climacique. Certaines étapes ont été automatisées par modélisation et superposition de diverses couches cartographiques. Une carte reposant exclusivement sur la physionomie de la végétation a également été produite sur le territoire du PNR Livradois-Forez (HOSTEIN, et al., 2018). Elle peut être assimilée à une carte d'occupation des sols très détaillée, axée sur les formations végétales en place.

La base de données du programme CarHAB mis au point sur le territoire du PNRLF, semble relativement complexe et composée de différents objets. Parmi ces objets figurent des ponctuels, des linéaires et des polygones. Ces objets permettent la construction de la carte et définissent le tracé et les limites entre les différentes unités cartographiques de végétation. Ils ont été créés et construits à partir d'information provenant de photointerprétation, de bibliographie ou d'observation de terrain. Des linéaires ou des ponctuels ont été créés lorsque la superficie de l'observation remarquable n'était pas assez importante (inférieure à 0,5 ha).

A chaque polygone de la carte est associé un lot de données qui peut être retrouvé dans la table attributaire de la carte sur un logiciel SIG. Parmi les données associées au polygone figurent diverses informations sur la végétation. En effet, CarHAB permet la compilation de plusieurs types de données. Il est ainsi possible de croiser : le fond physionomique faisant référence aux formations végétales (prairie temporaire, forêt naturelle …) et le fond écologique. Ce dernier fait référence à divers paramètres écologiques (étage de végétation, géologie, climat, topographie, critère sol). Le croisement de ces deux fonds permet d'obtenir le fond intégré où l'unité cartographique correspond à celle de la cellule paysagère (CHOISNET, et al., 2017).

D'un point de vue phytosociologique, le fond écologique représente la série ou la géosérie (CHALUMEAU, et al., 2013). En fonction de la variation de certains paramètres écologiques sur le territoire du PNRLF, différentes séries et géoséries ont donc été créées.

Les géoséries/séries :
Sur le PNR Livradois-Forez elles ont été différenciées dans un premier temps selon le caractère xérique, humide ou mésophile du milieu. Chacune de ces catégories est ensuite sous-divisée suivant l'étage de végétation (collinéen inférieur, collinéen moyen, collinéen supérieur, montagnard inférieur, montagnard supérieur, subalpin), la géologie ainsi que le caractère édaphique remarquable (Annexe 9). Afin de faciliter la lecture et la prise en main de cette base de données, des codes ont été attribués aux différentes séries ou géoséries permettant de les différencier. Par exemple : la série Mésophile du Collinéen sur substrat volcanique est codée SM-C9 (Série, Mésophile - du Collinéen, supérieur/sur roche volcanique). Il existe 47 géoséries et séries différentes sur le PNR Livradois-Forez (Annexe 11).

En ce qui concerne le fond physionomique, 21 catégories ont été créées (Annexe 10) afin de représenter la diversité physionomique de la végétation du Parc. La combinaison d'une catégorie physionomique avec une série ou une géosérie correspond à l'unité de la cellule paysagère. Il en existe 266 différentes sur le territoire du PNR Livradois-Forez (Exemple : la cellule paysagère de série Mésophile du collinéen moyen ou supérieur sur roches volcaniques dont l'occupation du sol correspond à une forêt naturelle sera intitulée : Cellule paysagère des forêts naturelles de la Série de la Hêtraie-chênaie-charmaie à Lilium martagon et Quercus robur ; et codée : fn-SM-C9). L'attribution de la physionomie à une cellule paysagère étant basée sur la dominance d'un groupement végétal ou d'un ensemble de groupements végétaux physionomiquement homogène (HOSTEIN, et al., 2018).

La carte CarHAB intègre au sein de sa base de données cartographique plusieurs niveaux d'organisation et d'observation permettant ainsi de créer différentes représentations cartographiques (HOSTEIN, et al., 2018).

b. La base de données RRP

Dans le cadre du programme Sols et Territoires d'Auvergne, une cartographie des pédopaysages au 1/250 000ème a été engagée afin d'approfondir les connaissances sur le territoire de la France métropolitaine et les sols qui s'y développent. Depuis 2009, l'institut VetAgro Sup de Clermont-Ferrand tente de rassembler les informations existantes sur les sols et de réaliser la cartographie RRP (Référentiel Régional Pédologique) d'Auvergne. Cet état des connaissances permet d'obtenir des informations sur les grands types de sol en Auvergne. Afin de synthétiser la donnée recueillie, la réalisation d'une carte est nécessaire.

La carte des pédopaysages du PNR Livradois-Forez a été établie par deux bureaux d'études (SOL CONSEIL et ASUP) ayant été mandatés par VetAgro Sup (Annexe 14). Elle est divisée en 33 Unités Cartographiques de Sol (UCS) différentes. Ces UCS sont regroupées dans de Petits Domaines Morphologiques (PDM) au nombre de 12, eux-mêmes regroupés en 4 Grands Domaines Géomorphologiques (GDM) (Annexe 12, Annexe 13, Annexe 14). Les unités cartographiques de sol sont des entités surfaciques qui réunissent des conditions écologiques similaires choisies par les pédologues cartographes. Les UCS peuvent se répartir sur le territoire suivant la géomorphologie, la topographie, l'altitude, l'occupation du sol, certains caractères édaphiques dominants et la géologie. Elles sont composées de différentes Unités Typologiques de Sol (UTS) qui correspondent aux entités les plus petites pouvant être rencontrées sur le terrain et sont assimilables aux différents types de sol. Seul un pourcentage de leur recouvrement pour chaque UCS est indiqué. Au total, 60 UTS ont été rencontrées sur le PNR Livradois-Forez (Annexe 12 et Annexe 13). Cette information découle d'une campagne de sondages pédologiques permettant d'échantillonner chaque UCS et chaque UTS. Le résultat de cette campagne de terrain sera complété à dire d'expert. 20 000 ha au sud du PNR Livradois-Forez n'ont pas été traités dans la cartographie PNR Livradois-Forez des bureaux d'étude SOL CONSEIL et ASUP. Pour renseigner la partie sud du PNR Livradois-Forez, j'ai réalisé la cartographie des pédopaysages en respectant la logique de découpage suivie par mes prédécesseurs (Terrain PNRLF Haute-Loire 2019) (Annexe 15). La réalisation de cette cartographie m'a permis d'acquérir un lot de données conséquent sur ce territoire (Annexe 16).

La superposition cartographique des informations des deux cartes, nécessaire à la satisfaction des objectifs de ce stage ne peut se faire par superposition directe. En effet, comme il a pu l'être précisé dans la partie bibliographique précédente, la comparaison par superposition de deux cartes d'échelle différente n'est pas valable scientifiquement. En revanche, les nombreuses **données brutes de la carte RRP** (à savoir les données ponctuelles collectées durant la phase d'échantillonnage) ont été informées par superposition par les diverses données des polygones de CarHAB présentent au sein de la table attributaire sous Qgis. Cette étape permet de s'affranchir des problèmes d'échelle et de corrélation.

Au total, 757 sondages (tarière ou fosses) intersectent et caractérisent le territoire du PNR Livradois-Forez (Annexe 16) (Tableau 1). Ils proviennent de sources et d'études différentes (Tableau 1) ayant été menées sur le PNR Livradois-Forez et sur certaines régions limitrophes.

Etudes cartographique RRP menées	Nombres de sondages/fosses pédologiques réalisés
RRP PNRLF (SOL CONSEIL + ASUP)	538
RRP PNRLF (SOL CONSEIL + ASUP) (fosse)	48
RRP terrain PNRLF Haute-Loire 2019 (Camille MARTIN)	118
Etudes antérieures (Limagne)	53
TOTAL	757

Tableau 1 : Dénombrement et réalisation des sondages pédologiques disponibles sur le territoire du PNR Livradois-Forez

Il est possible, pour la première fois, de superposer une cartographie CarHAB composée de 110 000 polygones à des données issues d'un RRP. C'est en effet, uniquement sur le territoire du PNR Livradois-Forez que les deux types de cartographie se superposent. C'est grâce à ces données que se fera le lien entre le sol et la végétation dans cette étude. La méthodologie qui suit permet de mieux comprendre les étapes ayant été suivies afin d'obtenir les cartes et résultats obtenus dans les parties ultérieures.

V. Méthodologie

Cette partie vise à expliciter le raisonnement suivi permettant la production des cartes et des différents modèles amenant à la précision des informations de la carte des pédopaysages grâce à l'utilisation de la carte CarHAB. Son principe de base vise à mettre en relation la base de données contenant les informations ponctuelles des différents RRP et la base de données CarHAB.

Afin d'obtenir les résultats requis, diverses manipulations sous EXCEL et logiciel SIG ont dû être réalisées. L'ensemble de ces manipulations est explicité ci-dessous.

1. Prise en main des bases de données : nettoyage des bases de données et assemblage sur Qgis

Dans un premier temps, une fois la familiarisation effectuée avec les deux bases de données (CarHAB et RRP), il a tout d'abord été nécessaire de sélectionner, de corriger, d'identifier et de supprimer les incohérences sur certaines données. En effet, d'après la carte de la localisation des données ponctuelles qui figure en Annexe 16, il est possible de constater que certaines données ponctuelles RRP sont localisées en dehors du territoire couvert par le PNR Livradois-Forez. Ces points qui ne pouvaient pas se voir affecter d'une information de végétation CarHAB ont donc été supprimés. Au total cette opération aura provoqué la suppression de 99 points de sondages (Figure 14).

Afin de permettre la réunion des informations de végétation portées par la base de données CarHAB et celle des ponctuels RRP, il est nécessaire de procéder à une jointure des attributs par localisation sur le logiciel SIG Qgis. Le but de cette étape étant que chaque ponctuel RRP se voit attribuer l'information du polygone CarHAB qu'il intersecte.

Ainsi, les informations des polygones CarHAB seront rapatriées pour chaque point de sondage/fosse pédologique de la base de données RRP. La base de données issue de ce rapatriement (Annexe 18) permettra dans un premier temps d'établir la correspondance existant entre les données pédologiques (RRP) et les informations de végétations CarHAB (Figure 14).

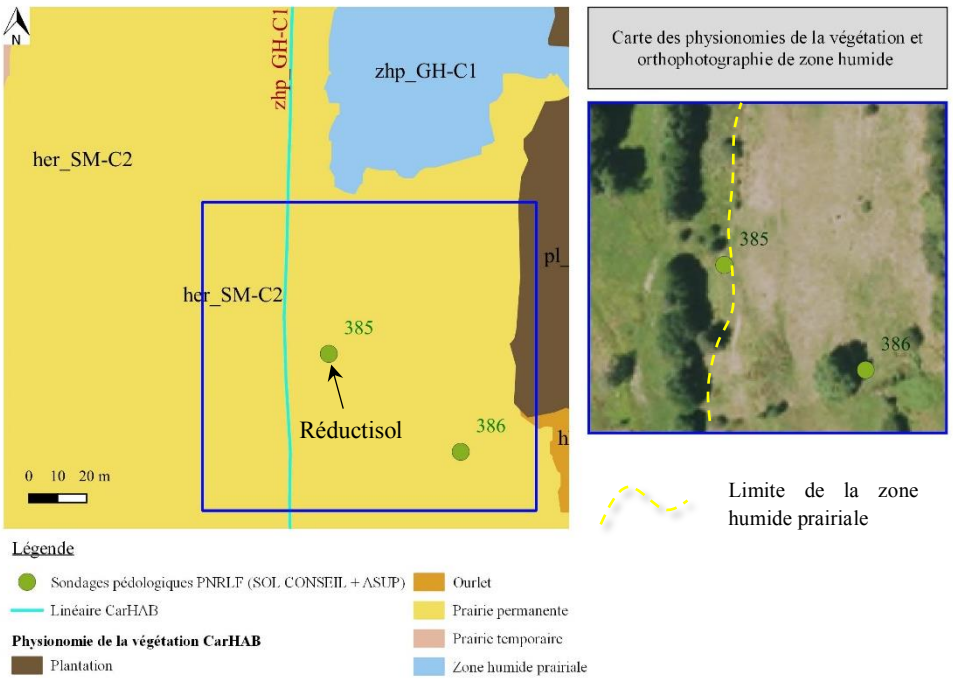


Figure 13 : Carte de la localisation d'un point de sondages pédologique devant être renseigné par un linéaire CarHAB

Une fois cette opération réalisée, il est nécessaire de vérifier que les physionomies, séries ou géoséries de chacun des points de sondage soient propre à la végétation (hors bâti). Suite à cette étape de vérification, 2 points de sondages auxquels l'information de physionomie « BATI » leur avait été affiliée ont été supprimés (Figure 14). La base de données finale sera donc composée de **656 données ponctuelles** comportant une affiliation CarHAB (Figure 14).

Une seconde vérification cartographique doit être entreprise. Celle-ci concerne les points de sondages localisés à proximité des ponctuels ou linéaires de CarHAB codants pour des zones sèches ou des zones humides. Dans le cas où cette situation se produirait, l'information donnée par le polygone CarHAB au ponctuel RRP serait remplacée par celle du ponctuel ou du linéaire CarHAB concerné (Figure 13).

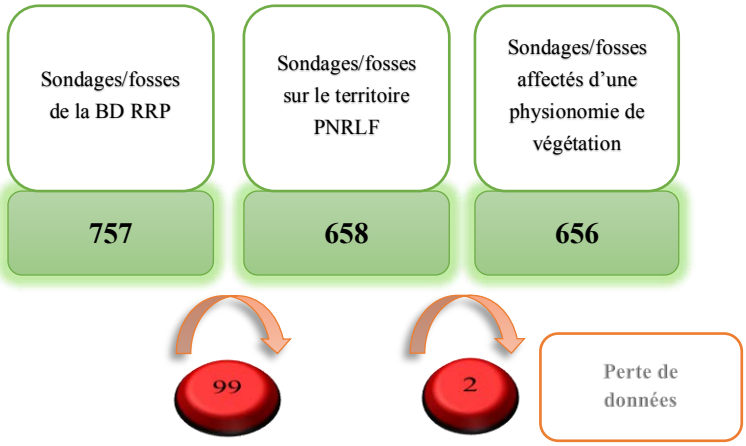


Figure 14 : Schéma des étapes réalisées dans le cadre du diagnostic de la base de données RRP

Suite à cette étape, il est apparu indispensable d'harmoniser l'information sur toute la base de données. En effet, les noms de sol attribués à chaque sondage étaient nombreux et parfois trop détaillés (Brunisol caillouteux, Brunisol leptique, Brunisol pachique, Brunisol, Colluviosol brunifié, Brunisol colluvial…).

Il a donc été préféré d'attribuer à chacun des sondages un type de sol plus synthétique. Par exemple, les sols nommés par les bureaux d'étude « Brunisol colluvial » et « Colluviosol brunifié » ont été associés aux Colluviosols pour ne former qu'un seul et même grand type de sol. Ce choix s'est imposé car, au-delà de leur nom divergeant, ces types de sol possèdent globalement des fonctionnements et des propriétés similaires. De façon globale, les sols sains ont été séparés des sols hydromorphes et des sols peu évolués. Une distinction au niveau de leurs propriétés a ensuite été engagée.

Les grands types de sol retenus à l'issue de cette étude sont donc les suivants : Lithosol, Rankosol, Alocrisol leptique, Alocrisol-Podzosol (alocrisol typique + podzosol ocrique), Brunisol leptique, Brunisol, Calcisol, Colluviosol, Andosol, Colluviosol rédoxique à réductique, Brunisol rédoxique, Fluviosol juvénile, Fluviosol brunifié à Brunisol fluvique, Fluviosol rédoxique à réductique, Rédoxisol, Réductisol, Histosol (Annexe 17). Cette opération permet, outre l'homogénéisation de la base de données, d'augmenter dans certains cas le nombre d'échantillon au sein d'un même type de sol. Le référentiel utilisé pour nommer ces sols et leur attribuer un nom synthétique est le référentiel pédologique (BAIZE, et al., 2008). Cette classification a été choisie car elle a été utilisée par les bureaux d'étude en charge du RRP PNR Livradois-Forez et est préconisée par le cahier des charges du RRP. Afin que les lecteurs de ce mémoire soient plus à l'aise et dans l'éventualité où ils ne seraient pas familiarisés avec ce référentiel, un équivalent CPCS (Duchaufour) (DUCHAUFOUR, 1993) des sols présentés figure en Annexe 17.
Une fois la base de données complétée et nettoyée, il est possible de la manipuler sous EXCEL afin de produire divers outils permettant de répondre aux objectifs du stage.

2. Mise en évidence du lien entre le sol et la végétation

Avant de construire les différents modèles permettant d'informer les polygones RRP de façon spécifique et d'amender la carte CarHAB, il est nécessaire de vérifier l'existence d'une correspondance entre un sol et une végétation. Pour ce faire, un tableau de contingence reliant les données RRP aux données CarHAB a été réalisé. Il a donc été choisi de porter un regard sur le nombre d'occurrence des grands types de sol sur chacune des séries ou géoséries qui synthétisent les paramètres écologiques déterminant les végétations. Après plusieurs tests, le niveau d'observation de la série ou géosérie a été préféré face au niveau trop précis de la cellule paysagère. Néanmoins, une modification a tout de même été réalisée sur certaines séries très couvrantes (SM-C2, SM-C3, SM-C4, SM-C1, SM-M2). Elles ont été subdivisées selon leur physionomie générale en séries de milieu « ouvert » et de milieu « fermé » (Tableau 2). Ceci permet la distinction et la visualisation de grandes tendances suivant les milieux qu'elles occupent (prairie/milieu boisé). Une fois le nombre d'occurrence de chaque grand type de sol sur chaque série/géosérie obtenu, il est possible de le transformer en pourcentage. Cette manipulation permet de visualiser la répartition des grands types de sol au sein de chaque série ou géosérie de végétation (Annexe 19).

Physionomies considérées comme milieu ouvert	Physionomies considérées comme milieu fermé
Pelouse	Forêt pionnière
Lande	
Prairie permanente	Forêt naturelle
Ourlet	
Végétation de recolonisation	Forêt naturelle humide
Prairie permanente humide	
Ourlet humide	Tourbière boisée
Végétations de recolonisation humide	
Tourbière	Végétations de recolonisation forestière
Culture	
Prairie temporaire	Plantation forestière
Vigne et verger	

Tableau 2 : Tableau des physionomies de végétation de milieu ouvert et de milieu fermé d'après CarHAB

En observant la répartition des types de sol selon certaines séries et géoséries, il est possible de constater que certains regroupements entre séries et géoséries aux conditions écologiques proches peuvent être réalisés. Cette étape permet, outre la simplification du tableau précédent, d'augmenter le nombre d'occurrences de certains sols sur certaines séries ou géoséries (Annexe 19). Le tableau de contingence, mettant en relation les sols et les végétations, permet d'envisager plusieurs applications cartographiques :

- La première consiste à amender la carte CarHAB par une information pédologique ;
- La seconde, sous réserve de quelques manipulations cartographiques, précise la composition en types de sols de chaque UCS.

3. Méthodologie de calcul du pourcentage de types de sol propre à chaque polygone d'UCS

Cette méthodologie consiste à utiliser les données de végétation du programme CarHAB afin de calculer les pourcentages de recouvrement des différents types de sol sur chaque UCS. Compte tenu du lot de données conséquent disponible sur le PNR Livradois-Forez et des manipulations informatiques, la méthode a été testée sur une surface nettement inférieure à celle du PNRLF. Le domaine ayant été choisi pour l'appliquer est celui des 20 000 ha du RRP (terrain sud PNRLF Haute-Loire 2019) cartographié durant ce stage.

Grâce au tableau de contingence (Annexe 19), il est possible de créer un modèle associant les séries/géoséries à un pourcentage de recouvrement de divers types de sol.

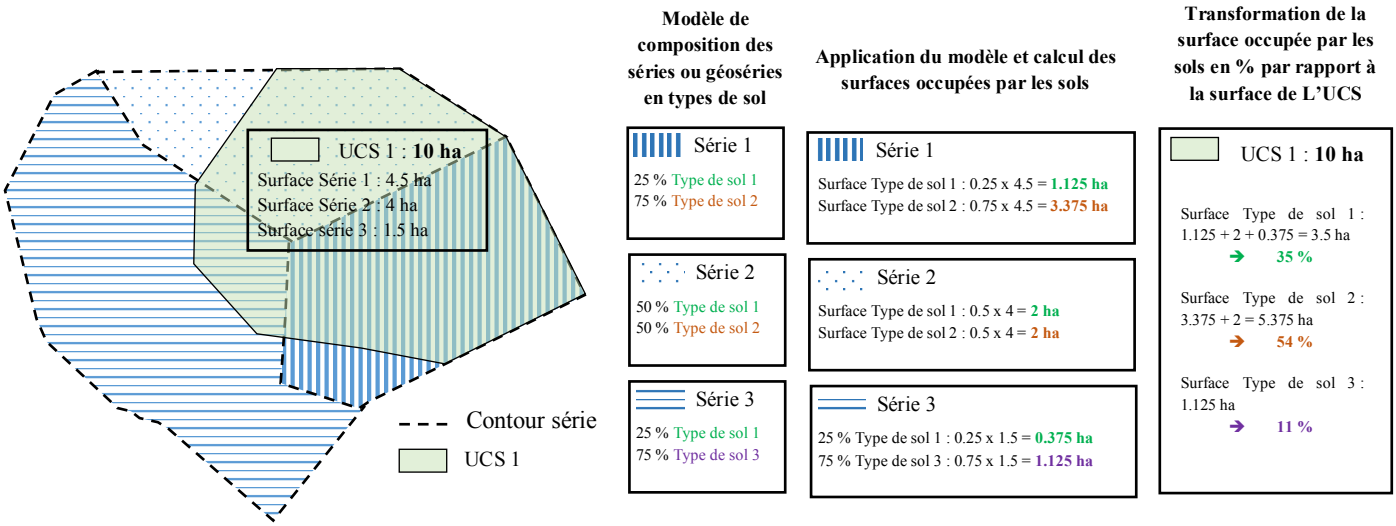


Figure 15 : Schéma synthétique de la méthodologie employée pour attribuer une information unique à chaque polygone d'UCS de la carte RRP en utilisant le découpage de la carte CarHAB

Pour ce faire, un découpage cartographique sur logiciel SIG de la couche RRP du terrain cartographié par la couche CarHAB doit être réalisé. Cette procédure permet de découper chaque polygone d'UCS suivant le tracé des différentes cellules paysagères de CarHAB. Une nouvelle table est ainsi construite et les informations de la table CarHAB y sont rapatriées. A l'aide du tableau de contingence liant les types de sol aux séries et géoséries de végétation (Annexe 19), il est possible d'obtenir le pourcentage de type de sol par série/géosérie. Cela permet la construction d'un modèle simplifié de composition de ces types de sol (en %) par séries ou géosérie (Annexe 21). Grâce à ces pourcentages et grâce à la surface occupée par chacune des géoséries au sein d'un polygone d'UCS, il est possible de calculer le pourcentage de recouvrement de chaque type de sol sur chaque polygone d'UCS (Figure 15).

En transférant les informations calculées précédemment dans un système d'information géographique, il est possible de créer diverses cartes thématiques illustrant la répartition spatiale des différents types de sol. La procédure décrite apporte une plus-value importante.

Elle permet, d'informer chaque polygone du RRP de façon unique. Elle améliore la carte RRP en apportant des informations supplémentaires. La méthode employée afin d'atteindre cet objectif est un résultat à part entière pouvant être réutilisé et transposé à d'autres problématiques. Ces avancées seront présentées dans la partie suivante.

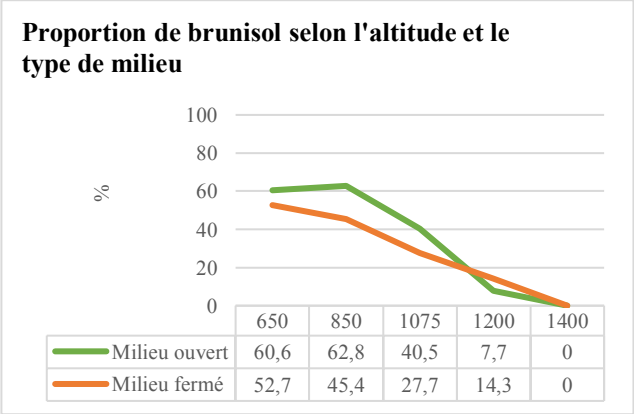
VI. Résultats et discussion

1. Les relations sol-végétation : liens entre données RRP et polygones CarHAB

Le tableau de contingence liant les différents types de sol aux séries et géoséries met en évidence et permet de vérifier les grandes tendances et paradigmes concernant la répartition spatiale de la végétation selon ces sols. Dans un premier temps, il est possible de remarquer que les géoséries hygrophiles du collinéen et du montagnard s'étendent principalement sur des sols comportant des traces d'hydromorphie.

Néanmoins, suivant les types de milieux occupés par ces géoséries, une variation de la composition des types de sol est observable. Les géoséries des milieux alluviaux sont principalement représentées par des fluviosols juvéniles. Cette observation semble comporter une certaine logique quant à la dynamique des milieux. La même chose est observable pour les géoséries hygrophiles des nappes perchées où les sols prédominants sont des sols hydromorphes (réductisols, rédoxisols ...).
Concernant les géoséries hygrophiles du montagnard supérieur, elles semblent exclusivement caractérisées par des histosols. En altitude, les températures plus basses ont tendance à favoriser la conservation de la matière organique. Cette constatation, couplée à un engorgement en eau, a pour effet de favoriser l'apparition d'histosols dans les zones humides de haute altitude.
Concernant les séries du collinéen sur substrat cristallin, il semblerait qu'il y ait une évolution partagée dans la répartition des séries de végétation et des sols suivant l'altitude. D'autre part, la subdivision des séries en milieu ouvert et milieu fermé explicitée dans la partie méthodologie, permet de mettre en lumière les différences de répartition des sols suivant la physionomie ouverte ou fermée des végétations. Grâce aux graphiques présentés ci-dessous (Figure 16), il est possible de constater les paramètres régissant la répartition de ces sols et donc celle des séries. Les grandes tendances et paradigmes repérés sont les suivants :

- plus l'altitude augmente, plus la proportion d'Alocrisol semble augmentée au profit de celle des Brunisols (Figure 16);
- à altitude égale, la proportion d'Alocrisol est plus importante sous forêt que sous prairie (l'inverse est observé pour celle des Brunisols) (Figure 16). Cependant cette différence de milieux semble régir la répartition des sols seulement à basse altitude. A partir d'une certaine altitude, les types de sol convergent tous vers l'Acrisol ou le Podzosol ocrique.



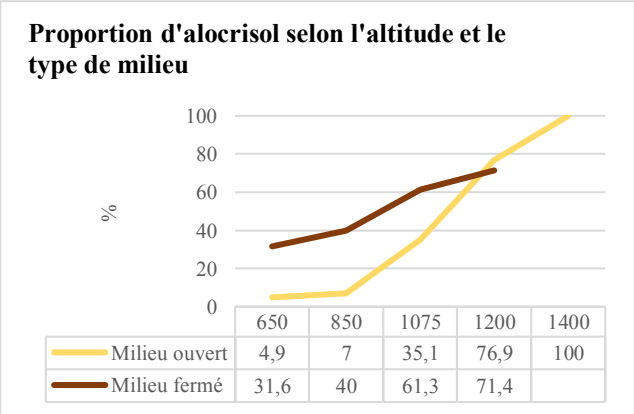


Figure 16 : Graphiques représentant à gauche la proportion de brunisol et à droite la proportion d'alocrisol selon l'altitude et le type de milieu (ouvert ou fermé)

La mise en lumière de ces paradigmes permet d'avancer plusieurs hypothèses :

- L'altitude et donc la température du sol ainsi que l'évaporation influencent fortement son évolution ;
- L'action de l'homme et sa gestion du paysage semble également avoir de l'importance sur l'évolution des Brunisols en Alocrisols. En effet, il est possible que les pratiques culturales et forestières soient des paramètres à prendre en compte concernant le pourcentage d'Alocrisol et de Brunisol à des altitudes relativement basses et semblables. Les milieux boisés du PNR Livradois-Forez sont majoritairement monospécifiques et composés de résineux. Peu d'éléments nutritifs retournent au sol du fait de la pérennité des aiguilles. Ceci peut avoir pour effet de baisser lentement le pH du sol en l'amenant à une évolution prématurée en Alocrisol ou Podzosol ocrique.

La répartition des géoséries semble donc comporter une certaine logique selon la disposition des sols dans le paysage. D'après ces tableaux et les résultats exposés précédemment, un lien causal entre la végétation et le sol a pu être mis en exergue.

Afin de faciliter la lecture des résultats du tableau de contingence et de représenter la répartition spatiale de ces sols, des cartes des types de sols dominants et des principaux caractères édaphiques du PNR Livradois-Forez peuvent être construites.

2. Cartes du PNR Livradois-Forez : Type de sol dominants et principaux caractères édaphiques

Les cartes figurant ci-dessous (Figure 17) représentent la carte des types de sol dominants ainsi que la carte des associations de types de sol dominants du PNRLF. Elles ont été construites sous le logiciel Qgis, à partir du tableau de contingence (Annexe 19) liant les données pédologiques aux polygones CarHAB présenté dans la partie précédente. Toutefois, l'intégralité des séries et géoséries de CarHAB ne figure pas au sein de ce tableau. En effet, certaines n'ont pas été prospectées pédologiquement. Pour qu'elles soient prises en compte dans l'étude, une partie de ces séries et géoséries s'est vue associée à des séries ou géoséries aux paramètres écologiques similaires contenues dans le tableau de contingence (Annexe 20). L'autre partie s'est vue attribuée, grâce au dire d'expert de mes encadrants qui devra être validé par un plan d'échantillonnage, un ou plusieurs types de sol les plus probables. En effet, il était plus avantageux pour le PNR Livradois-Forez de posséder une carte complète des types de sol dominants sur son territoire plutôt qu'une carte présentant certaines lacunes. Les paramètres édaphiques des séries ou géoséries révélés grâce aux différents tableaux de contingence (types de sol dominants ou associant de types de sol dominants (réunissant les trois premiers sols les plus représentés)) ont été saisis pour chaque polygone de CarHAB. Une fois les champs pédologiques constitués et complétés sur EXCEL, le transfert de la base de données sur Qgis peut être effectué. Il permet la visualisation cartographique des champs pédologiques ajoutés à la table CarHAB.
La carte des associations de types de sol dominants du PNR Livradois-Forez est d'un niveau d'analyse plus précis que celle des types de sol dominants (Figure 17). Elle permet une localisation plus précise, au 1/25 000ème, de la répartition des grands types de sol pouvant être retrouvés sur le territoire. Ces cartes sont également présentées en Annexe 22 et Annexe 23 en format A3 afin que leur visualisation soit facilitée.

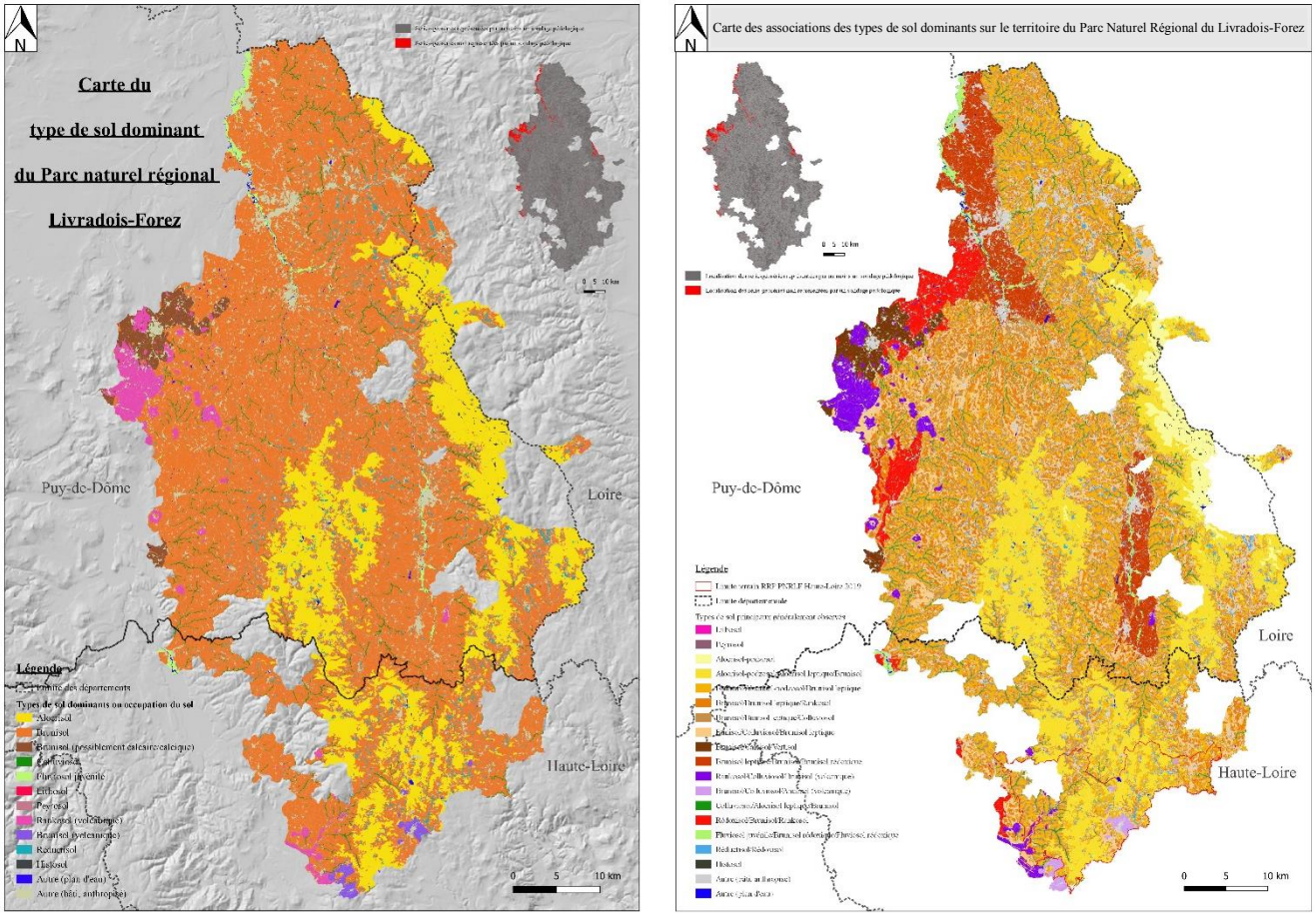


Figure 17 : à gauche, carte CarHAB des types de sol dominants du PNR Livradois-Forez ; à droite, carte CarHAB des associations des types de sol dominants du PNR Livradois-Forez

De façon globale, les Alocrisols semblent se développer et se concentrer sur les régions naturelles d'altitude et de pluviométrie supérieure (région du Haut-Livradois, Haut-Forez, Plateau de la Chaise-Dieu …). Concernant la répartition et l'abondance des Brunisols, ils semblent s'étendre principalement au collinéen, sur les versants et dans les vallées (Figure 17).

En comparant les deux cartes figurant ci-dessus (Figure 17), il est possible de déceler une certaine variabilité lorsque les Brunisols sont dominants. En effet, plusieurs grands ensembles distincts diffèrent au niveau de leur composition. Par exemple, le bassin d'Ambert se distingue par la présence de Brunisols leptiques et de Brunisols associés à des Brunisols rédoxiques. Une attention toute particulière pourra donc être portée à la présence de Brunisol rédoxique dans cette partie du Parc.

A une échelle plus fine, au niveau des fonds de vallons secondaires du Parc, il est possible de remarquer que ce sont principalement des Colluviosols qui dominent. Toutefois, certains vallons secondaires trop étroits ne sont pas représentés par des polygones mais par un réseau de linéaires. Il semble nécessaire pour que la tache soit complète d'incrémenter également les bases de données CarHAB linéaire et ponctuelle par une correspondance pédologique.

Par ailleurs, en comparant la carte des types de sol dominants obtenue grâce à CarHAB (Annexe 25) avec la carte des types de sol dominants obtenue par le modèle de répartition des UTS par UCS des bureaux d'étude SOL CONSEIL et ASUP (Annexe 24) sur le terrain sud du PNRLF Haute-Loire 2019, il est possible de déceler l'existence d'une ressemblance entre ces deux cartes. En effet, le type de sol dominant enregistré selon le RRP parait globalement en accord avec celui proposé par la méthode utilisant CarHAB.

Néanmoins, la carte des types de sol dominants de CarHAB possède un découpage plus précis. Par exemple, au niveau du Mont Bar, la carte issue de CarHAB met en évidence la petite zone humide située à son sommet. Cette carte au 1/25 000ème permet donc d'obtenir des informations sur les sols à l'échelle de la parcelle (Annexe 24 et Annexe 25).

Par ailleurs, la carte des types de sol dominants établie selon le modèle pédologique des bureaux d'études permet de cerner une certaine variabilité intra-UCS concernant la composition en sol. Le pourcentage de certains types de sol peut se voir modifier au gré des particularités du terrain considéré, chaque polygone devient donc unique. La carte des pédopaysages est basée sur un modèle global, elle ne prend pas en compte toutes les particularités et micro-variations pouvant être observées sur le terrain. Cependant, elle pourrait être améliorée grâce à l'attribution d'informations plus précises pour chaque entité polygonale grâce aux informations extraites de CarHAB.
Une méthodologie novatrice, décrite dans les paragraphes antérieurs, a donc été mise en place afin d'attribuer à chaque polygone d'UCS une composition unique en types de sol, permettant l'apport d'une certaine plus –value à la carte des pédopaysages.

3. Carte thématique de la répartition de certains types de sol au sud du PNR Livradois-Forez

A partir de la méthodologie permettant d'informer de façon unique la composition en sol de chaque polygone des UCS du RRP du terrain PNRLF Haute-Loire 2019, il est possible de construire différentes cartes thématiques plus détaillées (Figure 18). Ainsi, le visuel suivant (Figure 18) présente un exemple de la répartition et du pourcentage de Réductisol, d'Alocrisol, de Colluviosol et de Rankosol suivant les différentes unités cartographiques de la carte RRP (terrain Haute-Loire 2019).
Comme pour les cartes des sols du PNR Livradois-Forez, un exemplaire en A3 figure en Annexe 26.

Ces différentes cartes (Figure 18) permettent de visualiser très rapidement les secteurs à sols sensibles (zones humides, sols superficiels …) et les enjeux du territoire.

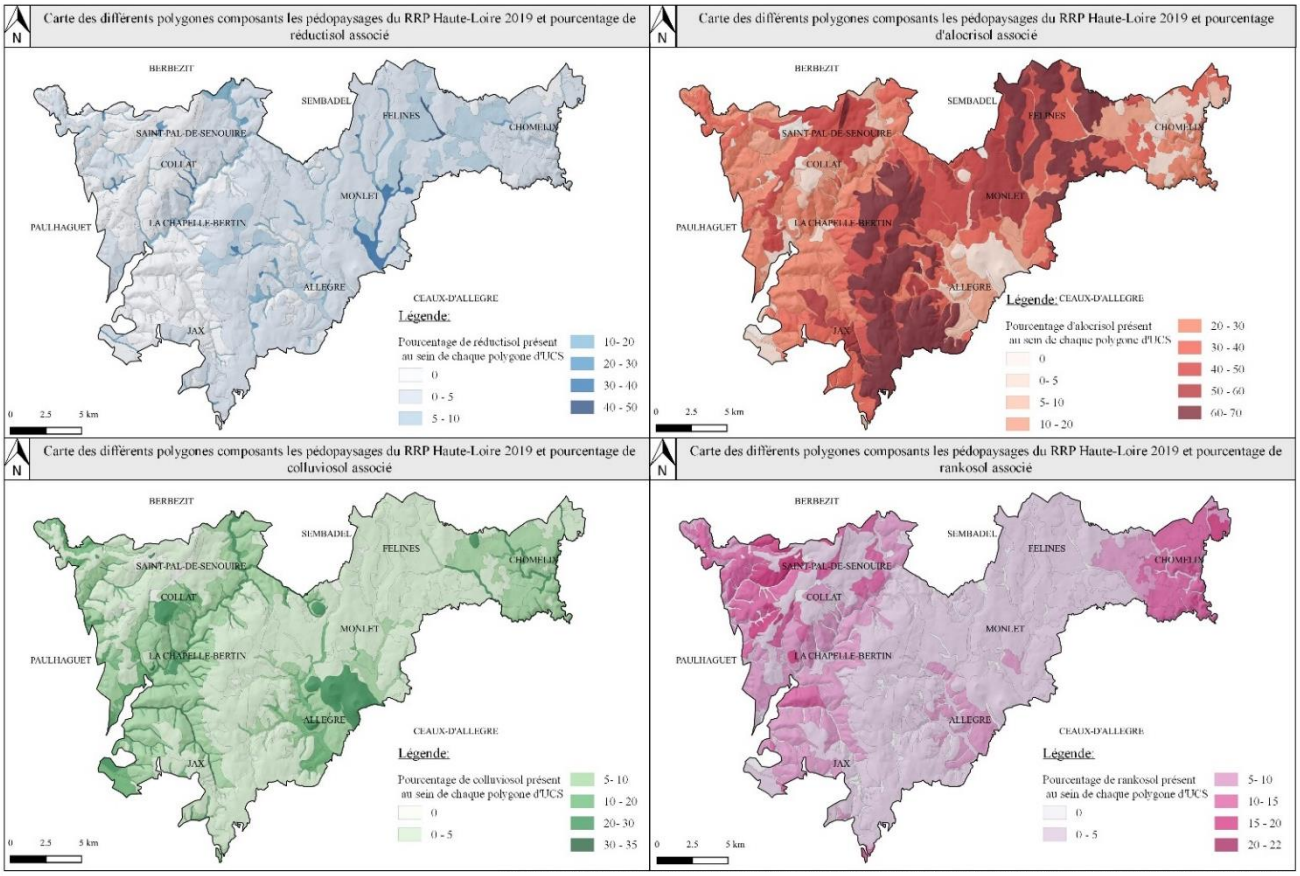


Figure 18 : Cartes thématiques représentant la répartition et le pourcentage de certains types de sol (réductisol, alocrisol, colluviosol et rankosol) sur les différents polygones des UCS de la carte RRP du sud du PNRLF Haute-Loire 2019

D'autre part, la construction de ces cartes permet également de mettre en exergue certaines limites concernant la carte CarHAB et cette méthode. Par exemple, au niveau de la commune de Chomelix, il est possible de constater l'abondance de Rankosols (15-20 %) (Figure 18). Toutefois, cette observation ne semble pas en accord avec la morphologie du paysage. En effet, cette partie du territoire s'avère relativement plane, et ne semble pas être plus sensible à l'érosion. Cela s'explique par le fait que la commune de Chomelix se situe à l'étage de végétation du collinéen. Or, sur le PNR Livradois-Forez, cet étage de végétation comprend les versants du Livradois et du Forez qui peuvent être soumis à l'érosion.
Ainsi, une information concernant les sols se développant au niveau de ces versants abrupts (sols superficiels) persiste sur ce territoire. L'ajout d'une information topographique à la base de données CarHAB pourrait permettre de faire la distinction entre les pentes et les plateaux et ainsi lever ce type d'imprécision. Ces cartes et la méthodologie d'attribution d'une information unique à chaque polygone permettent également de mettre en évidence la variabilité intra-UCS de la composition en types de sol. Afin de visualiser plus clairement ces variations, des graphiques comme celui qui suit peuvent être construits (Figure 19).

Sur l'unité cartographique des replats sommitaux et versants à pente faible sur granite (2103), il est possible d'observer une variation concernant la composition des sols des divers polygones appartenant à cette UCS. Certains polygones (par exemple N° 10, 4, 24, 9, 47, 51) possèdent des pourcentages en Alocrisols nettement inférieurs comparés aux autres polygones contenus dans l'UCS. En revanche, les polygones cités précédemment possèdent des pourcentages en Rankosols supérieurs à la moyenne observée (Figure 19).

Il se pourrait que ces polygones puissent être affiliés à une unité cartographique de sol différente. Ce type de graphique permet de mettre en évidence les différences intra-UCS. Il pourrait permettre également de vérifier la validité des contours des UCS tracées et de s'assurer de leur adéquation avec l'ensemble des caractéristiques de l'UCS.

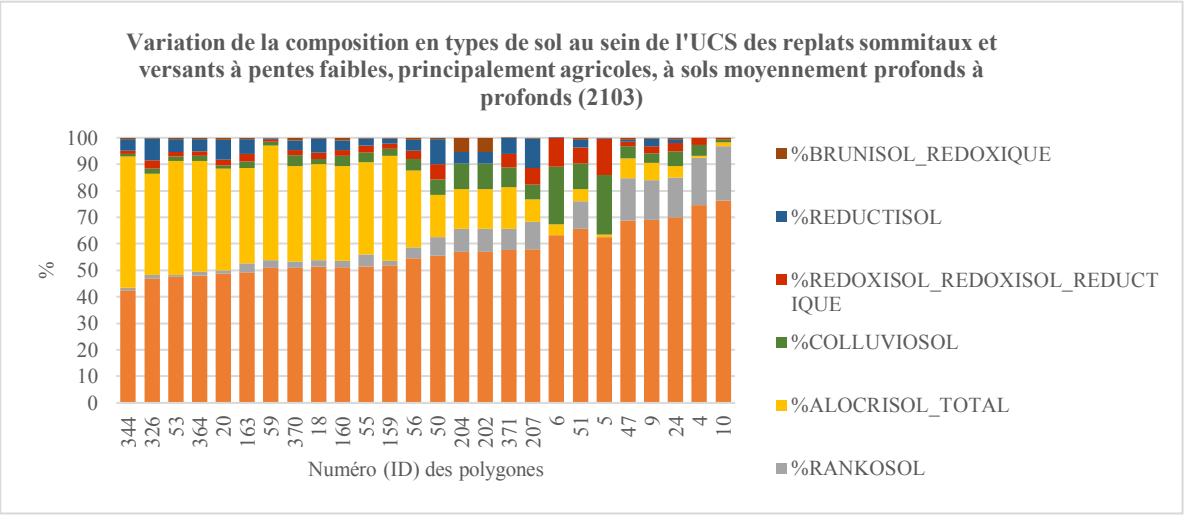


Figure 19 : Graphique représentant la variabilité de la composition en sol de l'UCS des replats sommitaux et versants à pentes faibles, principalement agricoles, à sols moyennement profonds à profonds (2103)

4. Discussion sur les méthodes utilisées et la problématique du stage

Au sein de cette étude, les paramètres écologiques ont été utilisés pour réaliser le parallèle entre le type de végétation et le type de sol. Grâce aux résultats présentés précédemment (Figure 16, Figure 17, Figure 18, Figure 19), il apparait clairement que la prise en compte de tels paramètres semble judicieuse afin de relier le sol à la végétation (DOKUCHAEV, 1967). En effet, le tableau de contingence établi (Annexe 19) a permis de faire correspondre de façon évidente certains types de sol avec certains types de végétation spécifique. La correspondance réalisée tient compte d'une certaine logique de coévolution du sol et de la végétation suivant les paramètres écologiques. Il ne semble pas y avoir d'aberrations majeures concernant les végétations retrouvées sur certains types de sol. Par exemple, le modèle ne fait pas correspondre une végétation xérophile avec un type de sol présentant des traces d'hydromorphie.
Sans l'existence préalable de la base de données CarHAB et de la base de données RRP, la réalisation de ce travail aurait été compromise. En effet, même si la méthode ne correspond pas à une méthode de relevé double comme a pu l'expérimenter le Conservatoire Botanique National de Brest (LAURENT, et al., 2017), elle nécessite tout de même l'acquisition d'un lot de données conséquent (CHOISNET, et al., 2017). Cette caractéristique confère aux résultats obtenus à travers cette méthode, une certaine robustesse statistique.

Toutefois, les résultats issus de ce travail pourraient être améliorés par la réalisation de sondages pédologiques supplémentaires sur les séries ou géoséries non ou peu prospectées du PNR Livradois-Forez afin de rendre les modèles plus robustes. D'autre part, un travail de vérification des modèles produits reste à entreprendre afin de valider les informations recueillies durant cette étude. Un travail de terrain serait donc à réaliser afin de satisfaire pleinement l'objectif.

Dans le futur ce même genre de travail pourrait être amené à être reproduit sur d'autres territoires. Les cartes des pédopaysages de la France étant disponibles, pour la plupart, sur l'intégralité du territoire français, il ne reste que la cartographie CarHAB à étendre. Une fois ces données obtenues, il sera possible de réaliser une étude similaire sur la totalité du territoire de la France Métropolitaine.

VII. Conclusion

Ce stage a permis d'explorer plusieurs possibilités découlant du croisement cartographique d'une base de données pédologique et de végétation. J'ai pu mettre en exergue les relations spécifiques résidant entre le sol et la végétation. Peu de travaux sont consacrés à l'étude de ces relations car le nombre de données nécessaire à leur aboutissement sur un territoire étendu est colossal. Le territoire du PNR Livradois-Forez permettait donc la réalisation de ce stage compte tenu de la présence de deux cartes (pédologique et phytosociologique) superposables et de l'intérêt pour mes encadrants de lier leur domaine d'expertise.
Grâce à l'établissement du lien entre le sol et la végétation (Annexe 19) et du couplage de données brutes d'une carte au 1/250 000 (Annexe 14) à une carte des végétations (HOSTEIN, et al., 2018), des cartes des types de sol dominants au 1/25 000ème (Figure 17) ont pu être construites. La carte des types de sol dominants et celle des associations de types de sol dominants sont un atout pour le PNR Livradois-Forez (Figure 17). Son territoire est ainsi entièrement cartographié au niveau de sa végétation, et dès à présent, au niveau de ses types de sol dominants.

D'autre part, une méthode permettant de préciser la carte RRP a également été mise au point. Grâce à cette dernière, il a été possible de créer des cartes plus détaillées sur les sols du territoire concerné. Leur création semblait plutôt propice à la compréhension des cartes RRP. En effet, les cartes des pédopaysages sont des outils compliqués et leur approche reste difficile pour les acteurs du territoire. Le travail réalisé simplifie les données et fourni des représentations cartographiques plus représentatives du sol en intégrant des paramètres édaphiques. Ces cartes (Figure 18) permettront une meilleure appropriation des données de la part des acteurs du territoire. Elles offrent une plus-value à la carte RRP et permettent pour certaines, de cerner les territoires plus ou moins sensibles à la sécheresse ou les territoires comportant plus de zone humide. Les cartes produites permettront éventuellement de corriger à terme les contours des cartes RRP. En effet, étant plus précises, elles offrent un fond de carte supplémentaire d'aide à la décision concernant le traçage des limites entre unités cartographiques.
Ce travail a donc permis la mise au point d'une méthodologie permettant de préciser un résultat cartographique qui pourrait être applicable à d'autres thématiques où le même type de difficulté serait rencontré.

Enfin, comme il a pu être précisé dans la partie précédente, une fois que les programmes RRP et CarHAB seront finalisés sur l'intégralité du territoire français, une étude similaire pourra être pratiquée, avec cette fois-ci un lot de données encore plus conséquent permettant peut-être, de fixer de véritables règles et paradigmes entre le sol et la végétation.

D'un point de vue personnel, j'ai trouvé ce stage extrêmement enrichissant. J'ai eu l'occasion d'approfondir mes connaissances en pédologie en réalisant la totalité d'une cartographie RRP sur un territoire relativement étendu. Cette étape m'a permis de me former pour ma future embauche au sein de VetAgro Sup en qualité d'ingénieure. D'autre part, ce stage, réalisé dans les locaux du Conservatoire Botanique national du Massif Central, m'a permis de découvrir la phytosociologie et la cartographie des végétations. Le fait que les deux thématiques (phytosociologie et pédologie) soient à mettre en relation et à prendre en compte tout au long de cette expérience facilite ma compréhension de notre environnement. Cela m'a permis d'aborder le territoire d'une manière plus globale en considérant davantage l'intégralité du paysage et ses particularités. Cette thématique de mise en relation du sol et de la végétation abordée durant ce stage serait donc un sujet que j'aimerais approfondir durant mon cursus professionnel.

Références bibliographiques

BAIZE, Denis et GIRARD, Michel-Claude. 2008. *Référentiel Pédologique.* Versailles : Quae, 2008. 978-2-7592-0186-0/1952-1251.

BRAUN-BLANQUET, Josias. 1928. *Pflanzensoziologie.* Genève : Conservatoire et jardins botaniques de la ville de Genève, 1928.

—. 1933. *L'association végétale climatique, unité phytosociologique, et le climax du sol dans le Midi méditerranéen.* 1933. pp. 715-722.

CBNMC. Territoires. *cbnmc.* [En ligne] [Citation : 31 Juillet 2019.] https://www.cbnmc.fr/5-presentation/36-territoire.

CHALUMEAU, Aurélie et BIORET, Frédéric. 2013. *Méthodologie de cartographie phytosociologique en Europe : approches synphytosociologique et géosymphytosociologique.* s.l. : Université de Bretagne occidentale, Ministère de l'écologie, Développement durable et de l'Energie , 2013.

CHOISNET, Guillaume, et al. 2017. *Guide méthodologique du programme de cartographie nationale des végétations (CarHAB).* s.l. : Fédération des conservaétoires botaniques nationaux, Ministère de l'Environnement et de l'Energie et de la Mer, 2017. p. 82.

CLEMENTS, Frederic Edward. 1936. Nature and Structure of the Climax. [éd.] British Ecological Society. *The Journal of Ecology.* Février 1936, Vol. 24, 1, pp. 252-284.

CNRS. Archives des actualités de l'INEE. *Archives CNRS.* [En ligne] [Citation : 25 Juillet 2019.] http://archives.cnrs.fr/inee/article/b081.

De FOUCAULT, Bruno. 1986. *Petit manuel d'initation à la phytosociologie sigmatiste.* Amiens : Société Linneenne du nord de la France, 1986. p. 46.

DOKUCHAEV, Vasilii Vasilevich. 1967. *Russian Chernozem : Selected Works of VV Dokuchaev.* Jerusalem : IPST Staff, 1967.

DUCHAUFOUR, Philippe. 1993. La typologie des sols forestiers : utilité d'un référentiel basé sur la pédogénèse. 1993. pp. 417-424.

—. 1977. *Pédologie, tome 1 : pédogénèse et classficiation.* Paris : MASSON, 1977. 2-225-47.432-X.

DUCOMMUN, Christophe et LUCOT, Eric. 2017. *Les cartes et les données pédologiques : des outils au service des territoires.* Dijon : EDUCAGRI, 2017. 979-10-275-0099-4.

ENS de Lyon. Ressource de géographie pour les enseignants, échelle. *Géoconfluence ENS Lyon.* [En ligne] [Citation : 25 Juillet 2019.] http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/echelle.

Fédération des Parcs naturels régionaux de France. Carte des 54 parcs. *Parcs naturels régionaux.* [En ligne] [Citation : 8 Août 2019.] https://www.parcs-naturels-regionaux.fr/centre-de-ressources/document/carte-des-54-parcs.

FLAHAUT, Charles Henri Marie et SCHRÖTER, Carl. 1910. Rapport sur la nomenclature phytogéographique. *Actes du IIIe Congrès international de botanique. Vol.1 : Comptes rendus, excursions, etc.* Bruxelles : s.n., 1910, pp. 131-162.

FOUCAULT, Alain et RAOULT, Jean-François. 1995. *Dictionnaire de géologie.* 4. Paris : MASSON, 1995. p. 324. 2-225-84635-9/0338-2672.

GEHU, Jean-Marie. 2006. *Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales.* Berlin-Stuttgart : J. CRAMER, 2006. 13 978-3-443-50030-6.

GEHU, Jean-Marie et RIVAS-MARTINEZ, Salvador. 1981. *Notions fondamentales de phytosociologie.* Vaduz : J. Cramer, 1981. pp. 5-33.

GENEVOIS, Véronique, et al. 2015-2018. Sol et territoire d'Auvergne : Cartographie des pédopaysages, phase II, 2015-2018. *Les sols auvergnats : mieux les connaître pour comprendre les paysages agricoles du territoire.* 2015-2018. pp. 22-49.

GILLET, François, De FOUCAULT, Bruno et JULVE, Philippe. 1991. La phytosociologie synusale intégrée : Objets et Concepts. 1991.

GOBAT, Jean-Michel, ARAGNO, Michel et MATTHEY, Willy. 2013. *Le sol vivant : Bases de pédologie - Biologie des sols.* Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2013. 978-2-88074-718-3.

GRUNWALD, Sabine. 2005. *Envionmental Soil-Landscape Modeling: Geographic Information, Technologies and Pedometrics.* Boca Raton : CRC Press Taylor & Francis Group, 2005.

HOSTEIN, Colin, et al. 2018. Cartes de la végétation du Parc naturel régional Livradois-Forez. [éd.] Chavaniac-Lafayette : Conservatoire botanique national du Massif central. 2018. 979-10-96518-06-7.

IGN et BRGM. 2006. *Géoportail.* [En ligne] 2006. [Citation : 9 Août 2019.] https://www.geoportail.gouv.fr/.

LAHONDERE, Christian. 1997. *Initiation à la phytosociologie sigmatiste.* SAINT-SULPICE DE ROYAN : s.n., 1997. 01549898.

LAROCHE, Bertrand. 2014. *Le programme Inventaire, Gestion et Conservation des Sols de France : Le volet Référentiel Régional Pédologique.* 2014. pp. 125-140. Vol. 21.

LAURENT, Elise et DOUARD, Samuel. 2017. *Les principaux types de sol du PNR d'Armorique et leurs relations avec la végétation* . Brest : Conservatoire Botanique national de Brest, 2017.

LEGUEDOIS, S., PARTY, J.P. et DUPOUEY, J.L. 2011. La carte de la végétation du CNRS à l'ère du numérique. 2011.

MEDDOUR, Rachid. 2011. *La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun-Blanqueto-Tüxenienne.* 2011.

PLANTUREUX, Sylvain. 2015. Séminaire "les 1001 usages des données sol". *Gestion de la biodiversité des prairies : intérêts des liens entre données Sol et données Végétation.* Laxou : Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine, 14 Décembre 2015.

RICHER de FORGES, Anne C., BAFFET, Michel et BERGER, Cédric. 2014. Etat d'avancement du programme de cartographie des sols à moyennes échelles : Connaissance Pédologique de la France (CPF). 2014, pp. 41-42.

VetAgroSup. Sol et matières organiques. *vetagro-sup.* [En ligne] [Citation : 31 Juillet 2019.] http://www.vetagro-sup.fr/recherche-expertise/laboratoires-analyse/sol-et-matieres-organiques/.

ANNEXE

Annexe 1 : Carte du territoire d'intervention et chiffres clefs du CBNMC (CBNMC)

Prise en main des bases de données et des cartes

- Familiarisation à la base de données CarHAB
- Complément de la base de données RRP PNRLF
- Familiarisation avec la base de données RRP PNRLF

Application du modèle de construction des pédopaysages du PNRLF à la partie non cartographié

- Mise en évidence de la méthodologie de construction de la carte des pédopaysages PNRLF
- Application du modèle de construction à la partie du PNRLF Haute-Loire non cartogaphiée

Elaboration d'un plan de sondage pédologique stratifiée

- Vérifier le tracé des contours des pédopaysages de la partie Haute-Loire du PNRLF non cartographiée au début du stage
- Augmenter le nombre de sondage pédologique sur certaines séries/géoséries de végétation sous-représentées d'un point de vue pédologique
- Répondre à certains questionnement soulevés lors de la familiarisation avec la carte des pédopaysages déjà construite (géologie...)

TRAVAIL DE TERRAIN

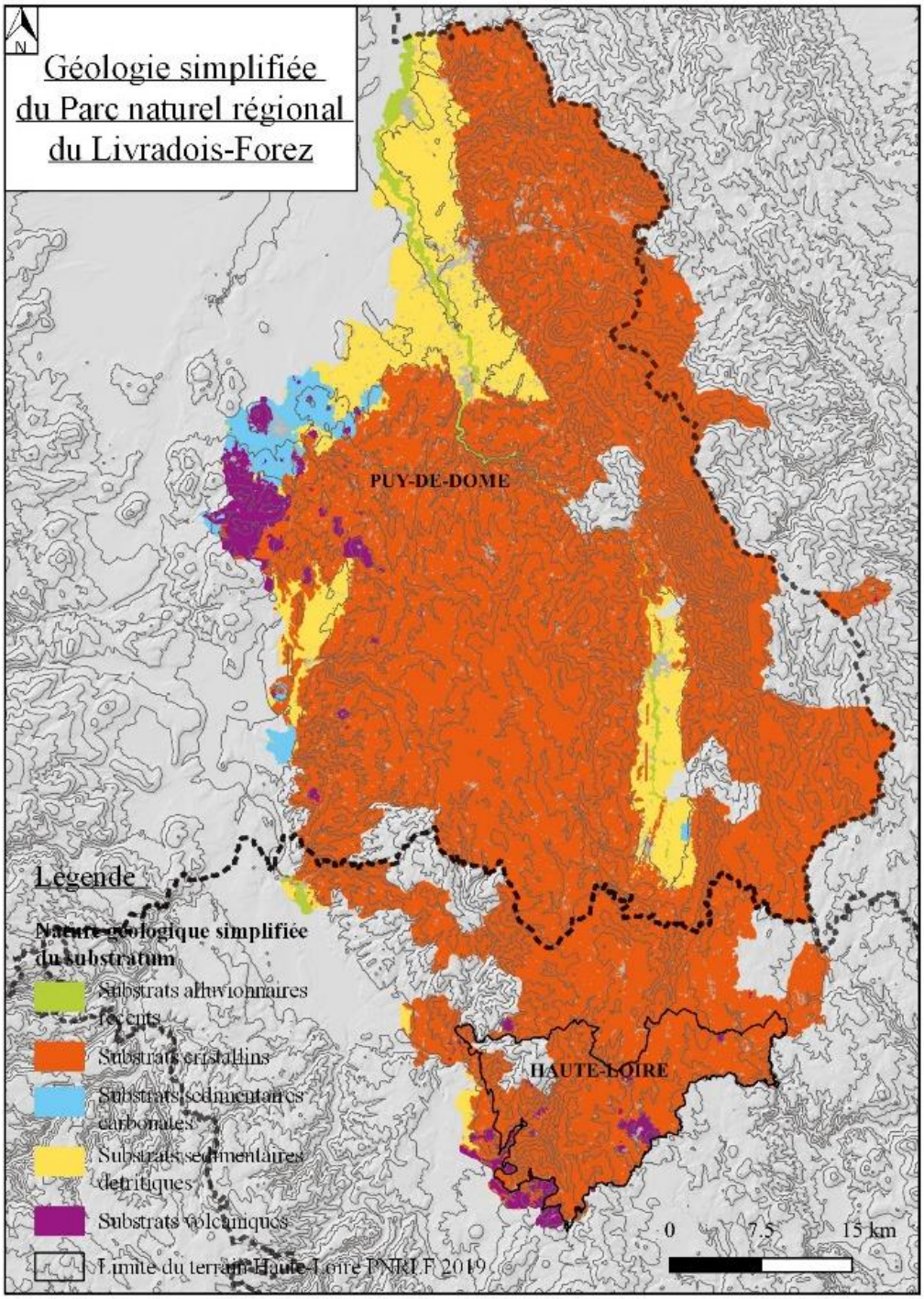
- Réalisation de 118 sondages, répartis sur le terrain à cartographier (PNRLF Haute-LOIRE 2019) afin d'effectuer les vérifications nécessaires relatives aux informations précédemment citées

Mise en évidence des relations SOL-VEGETATION

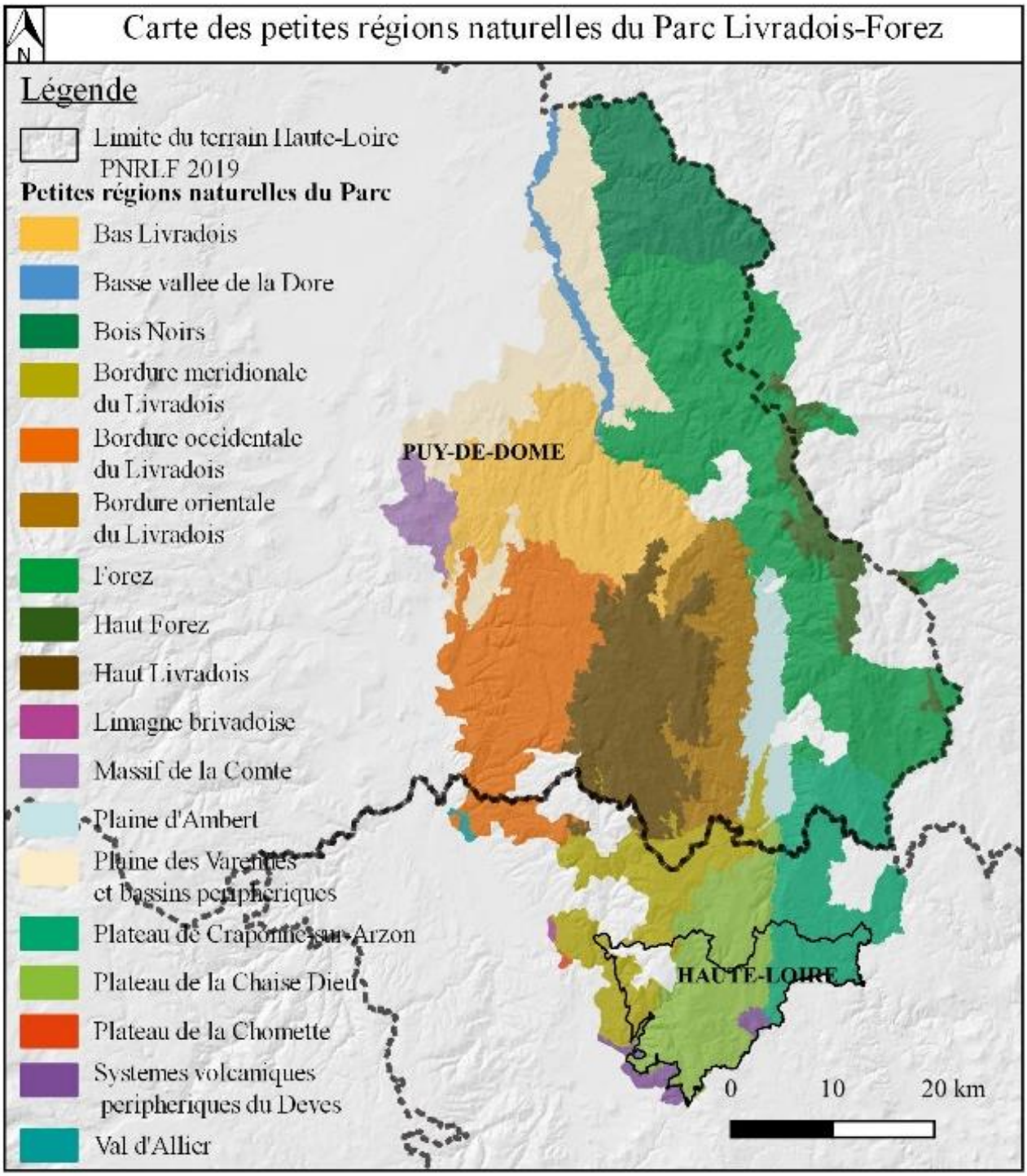
- Construction d'un tableau de contingence liant les types de sol et la végétation
- Construction d'un modèle basée sur la végétation permettant de préciser le pourcentage de types de sol par UCS
- Création de cartes issues du modèle de % de types de sol par UCS basée sur la végétation
- Attribution d'une information unique à chaque polygone de la carte des pédopaysages (partie PNRLF Haute-Loire 2019) concernant le pourcentage de types de sol présents
- Construction de cartes de répartition de certains types de sol sur les différents polygones composants les pédopaysages

Objectifs du stage traités au sein du rapport

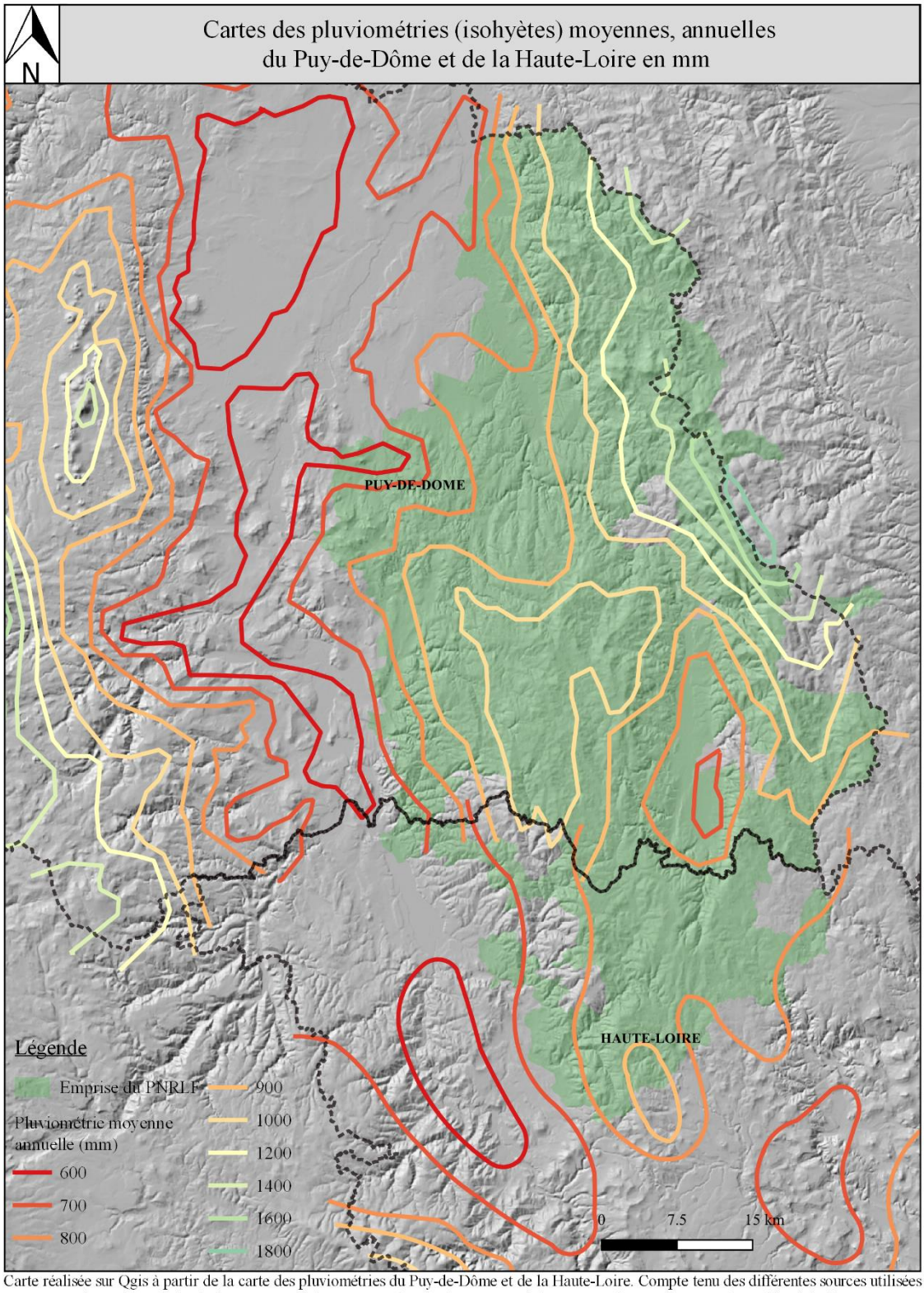
Annexe 2 : Schéma global des objectifs réalisés durant le stage



Annexe 3 : Carte de la géologie simplifiée du PNR Livradois-Forez (créée à partir de la bose de données de CarHAB)

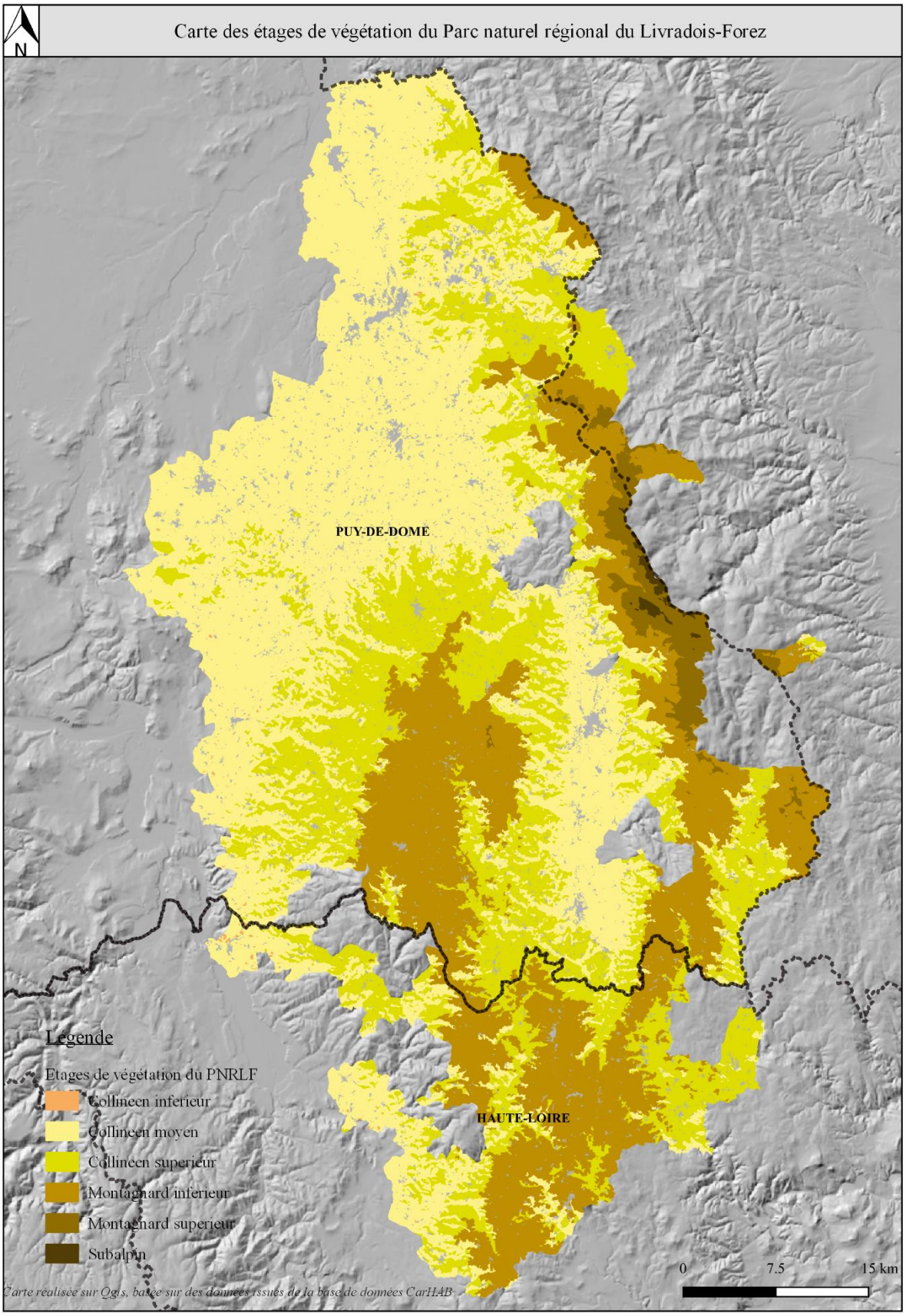


Annexe 4 : Carte des petites régions naturelles du PNR Livradois-Forez (créée à partir de la base de données CarHAB)

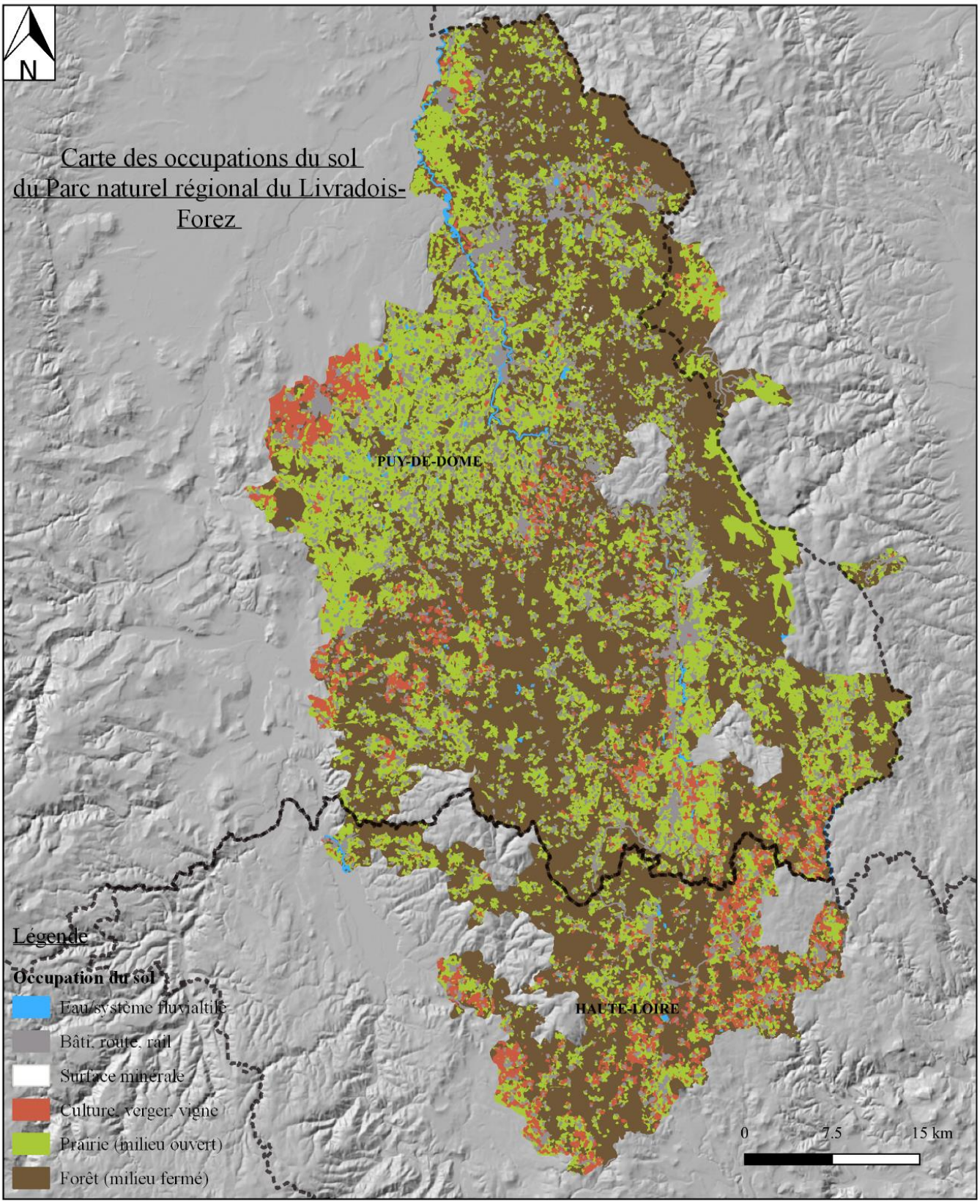


Carte réalisée sur Qgis à partir de la carte des pluviométries du Puy-de-Dôme et de la Haute-Loire. Compte tenu des différentes sources utilisées pour construire cette carte, les isohyètes entre le département du Puy-de-Dôme et de la Haute-Loire ne sont pas toujours bien jointifs.

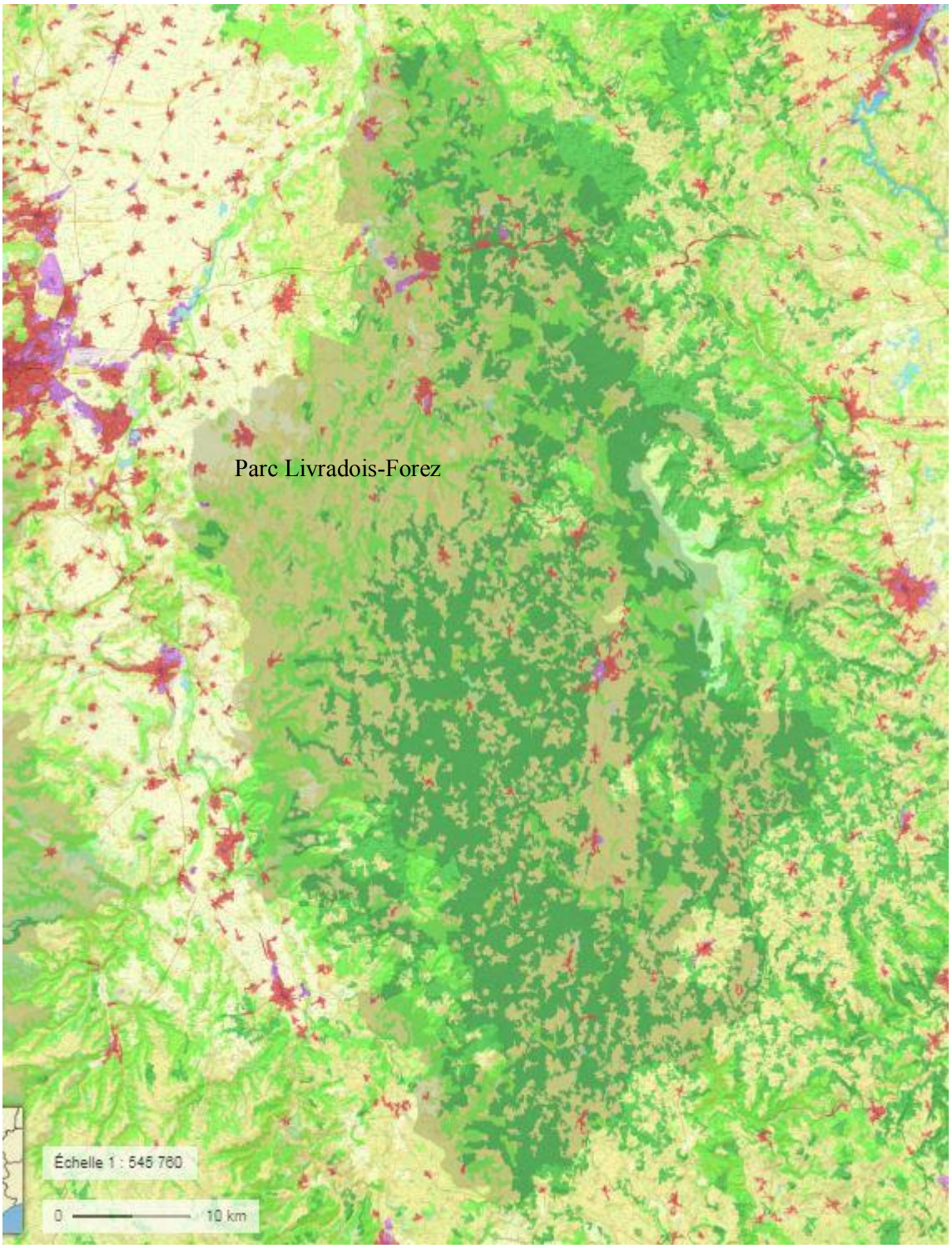
Annexe 5 : Cartes des pluviométries moyennes annuelles recensées sur le territoire du PNR Livradois-Forez



Annexe 6 : Carte des étages de végétation du PNR Livradois-Forez (créée à partir de la base de données CarHAB)



Annexe 7 : Carte des occupations globales du sol du PNR Livradois-Forez (créée à partir de la base de données CarHAB)



- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Zones industrielles ou commerciales et installations publiques
- Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- Zones portuaires
- Aéroports
- Extraction de matériaux
- Décharges
- Chantiers
- Espaces verts urbains
- Equipements sportifs et de loisirs
- Terres arables hors périmètres d'irrigation
- Périmètres irrigués en permanence
- Rizières
- Vignobles
- Vergers et petits fruits
- Oliveraies
- Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole
- Cultures annuelles associées à des cultures permanentes
- Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- Territoires agroforestiers
- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Pelouses et pâturages naturels
- Landes et broussailles
- Végétation sclérophylle
- Forêt et végétation arbustive en mutation
- Plages, dunes et sable
- Roches nues
- Végétation clairsemée
- Zones incendiées
- Glaciers et neiges éternelles
- Marais intérieurs
- Tourbières
- Marais maritimes
- Marais salants
- Zones intertidales
- Cours et voies d'eau
- Plans d'eau
- Lagunes littorales
- Estuaires
- Mers et océans

Annexe 8 : Carte des occupations du sol CORINELANDCOVER 2018 (IGN et BRGM, 2006)

xérique

humide

subdivision 2	subdivision3	Collinéen inférieur		collinéne moyen		collinéen supérieur		Montagnard inférieur		montagnard supérieur		subalpin
Dalles rocheuses		GX-C15 (5)	GX-C15 (10)	GX-C15 (10)	GX-C15 (5)							
Eboulis rocheux			SX-C5(10)	SX-C5(10)	SX-C5(10)	SX-C5(10)	SX-C5(10)	SX-C5(10)	SX-C5(10)	SX-C5(10)	SX-C5(5)	
										SX-C11 (5)	SX-C11 (5)	SX-C11 (10)
Escarpements rocheux		SX-C3(10)	SX-C3(10)									
			GX-C17 (5)	GX-C17 (10)	GX-C17 (5)							
Substrats cristallins	Sols peu épais	SM-C6(10)	SM-C6(10)	SM-C3 (10)	SM-C3 (10)	SM-C4 (10)	SM-C4 (10)	SM-M2 (10)	SM-M2 (10)	SM-M5 (10)	SM-M5 (10)	SM-S1a
												SM-S1b
												SM-S1c
	Sols épais			SM-C2(10)	SM-C2(10)	SM-C2(10)	SM-C2(10)	SM-M3 (10)	SM-M3 (10)	SM-M6(10)	SM-M6 (5)	
	Sols colluvionnés			SM-C1 (10)	SM-C1 (10)	SM-C1 (10)	SM-C1 (5)					
Substrats détritiques			SM-C2X(5)	SM-C2X(10)	SM-C2X(5)							
			SM-C2G(5)	SM-C2G(10)	SM-C2G(10)	SM-C2G(5)						
Substrats volcaniques			SM-C9 (5)	SM-C9 (10)	SM-C9 (10)	SM-C9 (10)	SM-C9 (5)					
							SM-C8 (10)					
							SM-M4 (5)	SM-M4 (10)	SM-M4 (10)	SM-M4 (5)		
Substrats carbonatés			SM-C13 (5)	SM-C13 (10)	SM-C13 (5)							
Nappes d'eau	alluviales		GH-C10 (5)	GH-C10 (10)	GH-C9 (10)							
					GH-C11 (10)							
			GH-C13 (5)	GH-C13 (10)	GH-C13 (5)	GH-C1 (10)	GH-C1 (10)	GH-M2 (10)	GH-M2 (10)	GH-M5 (10)	GH-M5 (10)	
			GH18 (5)	GH18 (10)	GH18 (10)							
				GH_C12 (5)	GH_C12 (10)							
	perchées											
			GH-C16 (5)	GH-C16 (10)								
			GH-C15 (5)	GH-C15 (10)	GH-C3 (10)	GH-C3 (10)	GH-C3 (10)	GH-M3 (10)	GH-M3 (10)	GH-M4 (10)	GH-M4 (10)	
				GH-C17(10)	GH-C17(10)							
						GH-C2 (10)	GH-C2 (10)	GH-M6(10)	GH-M6(5)			
						GH-C4 (10)	GH-C4 (10)					
eaux courantes			GH-A1 (5)	GH-A1 (10)	GH-A1 (5)		GH_A3 (5)	GH_A3 (10)	GH_A3 (10)	GH_A3 (5)		
				GH-A2 (5)	GH-A2 (10)	GH-A2 (10)						
plans d'eau			GH-C14 (5)	GH-C14(10)								
					GH-C5 (5)	GH-C5 (10)	GH-C5 (10)	GHM-1 (10)	GHM-1 (10)	GHM-1 (10)	GHM-1 (5)	

Annexe 9 : Tableau synthétique des conditions écologiques des séries et géosèries de CarHAB du PNR Livradois-Forez

Les catégories physionomiques des végétations

Les différentes catégories correspondent aux principales physionomies végétales composant le paysage : prairie, pelouse, forêt, tourbière...

La définition de ces catégories physionomiques a été effectuée à l'issue des prospections de terrain et d'une importante campagne de photo-interprétation.

L'attribution de la physionomie de la cellule paysagère se base sur la dominance d'un seul groupement végétal ou d'un ensemble de groupements végétaux physionomiquement homogènes.

Les différentes catégories physionomiques visibles sur le territoire du PNR Livradois-Forez sont présentées ci-après, en fonction de l'humidité des sols.

Végétations naturelles sèches

SURFACE MINÉRALE

Cellule paysagère de surface minérale
© M. Pouvreau - CBNMC

Cette catégorie concerne des surfaces avec peu ou pas de sols, peu couvertes par la végétation qui se limite généralement aux mousses et lichens, espèces pionnières, et parfois à une végétation herbacée annuelle assez clairsemée. La physionomie est dominée par le substrat minéral. Elle s'observe typiquement en situation d'éboulis, de dalles rocheuses, d'escarpements, de parois et de falaises.

Surface : 25 ha (< 1 %)

Localisation : Forez, Haut-Forez, Massif de la Comté, Bois Noirs

Végétations naturelles non humides

PELOUSE

Cellule paysagère de pelouse (Haut-Forez)
© S. Perera – CBNMC

Cette catégorie, relevant des zones peu fertilisées, présente une physionomie dominée par des végétations herbacées basses occupant plus de 75 % de la surface de la cellule paysagère. Les pelouses ont été observées principalement sur substrats cristallins aux étages montagnard et subalpin.

Surface : 787 ha (< 1 %)

Localisation : Haut-Forez

Annexe 10 : Définition et caractéristiques des différentes catégories physionomiques répertoriées sur le PNR Livradois-Forez

PRAIRIE PERMANENTE

Cellule paysagère de prairie permanente (Livradois occidental)
© S. Perera – CBNMC

Cette catégorie, relevant de sols riches généralement fertilisés, se caractérise par la présence de végétations herbacées vivaces élevées couvrant plus de 50 % de la surface de la cellule paysagère. Les cellules de prairie peuvent également intégrer les végétations associées aux entrées de parcelles sur-piétinées et aux reposoirs à bétail ou encore les végétations d'ourlet (définies plus loin). Dans ces paysages, les parcelles peuvent héberger des végétations de prairies pâturée ou fauchée.

Surface : 65 860 ha (23 %)
Localisation : l'ensemble du PNRLF

OURLET

Cellule paysagère d'ourlet (Haut-Livradois)
© O. Decaux – CBNMC

Cette catégorie, témoignant généralement d'un début de déprise agricole, se rencontre en bordure de parcelles et au niveau des lisières forestières. Elle se caractérise par une végétation herbacée vivace, couvrant plus de 75 % de la surface de la cellule paysagère et pouvant être dominée par une seule espèce (Fougère aigle, Fromental élevé...). Sans reprise de l'activité agricole, l'ourlet se transforme progressivement en fourré.

Surface : 1191 ha (<1 %)
Localisation : l'ensemble du PNRLF

LANDE

Cellule paysagère de lande (Haut-Forez)
© A. Morel - CBNMC

Cette catégorie relevant de fortes contraintes environnementales (températures basses, vents forts, pâturage extensif) est composée à plus de 50 % par des arbrisseaux (bruyère, callune et myrtille). Les autres types de végétations associées sont généralement des pelouses. On rencontre occasionnellement cette catégorie en contact avec les surfaces minérales. Elle est fréquente aux hautes altitudes.

Surface : 1389 ha (<1 %)
Localisation : Haut-Forez

RECOLONISATION

Cellule paysagère de recolonisation (Haut-Forez)
© M. Dumont - CBNMC

Cette catégorie, correspondant généralement à une déprise agricole avancée, se caractérise par l'installation d'une végétation ligneuse (fourrés) au sein d'ourlets. Sans reprise de l'activité agricole, cette mosaïque herbacée-ligneuse, où les fourrés couvrent plus de 25 % de la surface de la cellule paysagère, évolue vers une forêt pionnière.

Surface : 4 073 ha (1 %)
Localisation : l'ensemble du PNRLF

FORÊT PIONNIÈRE

Cellule paysagère de forêt pionnière (Livradois méridional)
© S. Perera - CBNMC

Cette catégorie se caractérise par une physionomie dominée par une strate arborescente moyennement haute (7 à 15 m environ), peu dense et composée par des espèces ligneuses ayant la capacité de coloniser de nouveaux secteurs (bouleaux, saules, peupliers, pins, etc.). La flore herbacée du sous-bois est souvent composée d'espèces d'ourlets.

Surface : 5 908 ha (2 %)
Localisation : l'ensemble du PNRLF

FORÊT

Cellule paysagère de forêt (Haut-Forez)
© S. Perera - CBNMC

Cette catégorie, témoignant de l'aboutissement de la dynamique végétale, se caractérise par des végétations forestières dont les essences arborées (chênes, hêtres, sapins, etc.) sont très bien adaptées aux conditions écologiques. Les végétations associées (ourlets et fourrés) profitent des clairières, des chemins et des coupes forestières pour se développer et représentent moins de 25 % de la surface de la cellule paysagère.

Surface : 70 120 ha (25 %)
Localisation : l'ensemble du PNRLF (Haut-Forez, Massif de la Comté, Bois Noirs particulièrement)

Végétations naturelles humides

SURFACE EN EAU

Cellule paysagère de surface en eau (Bas-Livradois)
© L. Cedra - CBNMC

Cette catégorie se caractérise par une lame d'eau libre (courante ou stagnante) pouvant intégrer une ceinture de végétation ou d'autres végétations aquatiques. L'assèchement temporaire de certains étangs modifie la végétation avec l'apparition de friches ou de végétations amphibies.

Surface : 725 ha (<1 %)
Localisation : l'ensemble du PNRLF

PRAIRIE PERMANENTE HUMIDE

Cellule paysagère de prairie humide (Forez)
© P.-M Le Hénaff - CBNMC

Cette catégorie, relevant des sols humides riches et généralement fertilisés, se caractérise par la présence de végétations herbacées vivaces élevées couvrant plus de 50% de la surface de la cellule paysagère. Principalement pâturée, cette catégorie peut intégrer des végétations de pelouse ou d'ourlet humide.

Surface : 6 293 ha (2%)

Localisation : l'ensemble du PNRLF

OURLET HUMIDE

Cellule paysagère d'ourlet humide (lisière orientale du Livradois)
© M. Dumont - CBNMC

Cette catégorie, relevant des sols humides, est peu concernée par les activités agricoles. Elle se caractérise par une végétation herbacée très luxuriante, couvrant plus de 75% de la surface de la cellule paysagère. Elle comprend des mégaphorbiaies et des roselières et peut annoncer l'installation d'un fourré humide.

Surface : 358 ha (<1%)

Localisation : l'ensemble du PNRLF

RECOLONISATION HUMIDE

Cellule paysagère de recolonisation humide (plateau de La Chaise-Dieu)
© S. Perera - CBNMC

Cette catégorie relevant des sols humides se caractérise par l'installation de fourrés (composés de saules ou peupliers) au sein d'ourlets humides. Cette mosaïque herbacée-ligneuse, où les fourrés couvrent plus de 25% de la surface de la cellule paysagère, évoluera généralement vers une forêt humide.

Surface : 246 ha (<1%)

Localisation : l'ensemble du PNRLF

FORÊT HUMIDE

Cellule paysagère de forêt humide (Forez)
© P.M Le Hénaff - CBNMC

Cette catégorie, témoignant de l'aboutissement de la dynamique végétale sur sol humide, se caractérise par des végétations forestières dont les essences arborées (aulnes, frênes, chênes, sapins...) sont très bien adaptées aux conditions écologiques. Les végétations associées (ourlets et fourrés humides) profitent des clairières, coupes forestières et rives des cours d'eau pour se développer ; elles représentent moins de 25% de la surface de la cellule paysagère.

Surface : 1 465 ha (<1%)

Localisation : l'ensemble du PNRLF

TOURBIÈRE

Cellule paysagère de tourbière (systèmes volcaniques du Devès)
© S. Perera - CBNMC

Cette catégorie, relevant des sols constamment engorgés propices à la formation de tourbe, se caractérise par une physionomie mixte pouvant associer des végétations herbacées (haut marais et bas marais), arbustives et arborescentes. Ce type de cellule paysagère témoigne d'une dynamique de végétation pouvant être très lente.

Surface : 320 ha (<1%)

Localisation : Haut-Livradois, Forez, Haut-Forez

TOURBIÈRE BOISÉE

Cellule paysagère de tourbière boisée (Haut-Forez)
© M. Dumont - CBNMC

Cette catégorie, relevant des sols constamment engorgés propices à la formation de tourbe, est dominée par les arbres (pins, bouleaux, etc.). Ce type de cellule paysagère est l'aboutissement d'une dynamique de végétation pouvant être très lente.

Surface : 57 ha (<1%)

Localisation : Haut-Livradois, Forez, Haut-Forez

Espaces artificialisés

SURFACE BÂTIE

Cellule paysagère de surface bâtie (plateau de La Chaise-Dieu) © S. Perera - CBNMC

Cette catégorie concerne des surfaces artificialisées caractérisées par la présence de bâtis, de jardins et parcs privés, de carrières, d'infrastructures routières et ferroviaires. Elle n'intègre pas d'informations relatives à la végétation.

Surface : 17 524 ha (6%)

Localisation : l'ensemble du PNRLF

CULTURE

Cellule paysagère de culture (Plaine des Varennes et bassins périphériques)
© Q. Raguche - CBNMC

Cette catégorie se caractérise par les cultures herbacées généralement annuelles, au sein desquelles la végétation adventice (non relevée) se développe de manière assez éparse, surtout au bord des parcelles.

Surface : 18 308 ha (6%)

Localisation : l'ensemble du PNRLF (Plaine des Varennes et bassins périphériques notamment)

PRAIRIE TEMPORAIRE

Cellule paysagère de prairie temporaire (Plaine des Varennes et bassins périphériques)
© Q. Ragache - CBNMC

Cette catégorie présente un couvert de graminées et/ou de légumineuses cultivées pour être pâturées, fanées ou ensilées. La prairie temporaire n'est pas pérenne dans le temps, elle représente seulement une étape de la rotation des cultures. Toutefois, en l'absence de labours ou de nouveaux semis, le cortège floristique rejoint progressivement (en quelques années) celui d'une prairie permanente.

Surface : 12743 ha (5%)

Localisation : l'ensemble PNRLF

VIGNE ET VERGER

Cellule paysagère de vigne et verger (Systèmes volcaniques périphériques du Devès)
© C. Legivre - CBNMC

Cette catégorie de cellule paysagère concerne des surfaces plantées en arbres fruitiers ou vignes.

Localisation : Plaine des Varennes et bassins périphériques, Bas-Livradois

Surface : 76 ha (<1%)

RECOLONISATION FORESTIÈRE

Cellule paysagère de recolonisation forestière (Bordure occidentale du Livradois)
© Q. Ragache - CBNMC

Cette catégorie relève d'importantes perturbations au sein du couvert forestier (tempête ou coupe à blanc). Les végétations spécifiques (ourlets et fourrés) témoignent des premiers stades d'un processus de cicatrisation du boisement. Cette catégorie est généralement associée aux plantations forestières qui sont gérées par des travaux forestiers de grande ampleur. Elle peut aussi témoigner d'un défrichement annonçant une exploitation agricole des terrains.

Surface : 5894 ha (2%)

Localisation : l'ensemble du PNRLF (massifs forestiers et plantations forestières)

PLANTATION FORESTIÈRE

Cellule paysagère de plantation forestière (Forez)
© Q. Ragache CBNMC

Cette catégorie se caractérise par des plantations de ligneux assez denses, de plus de 5 mètres de haut. Ce type de cellule paysagère est souvent très homogène mais les nombreux travaux forestiers d'exploitation favorisent les végétations associées à la recolonisation forestière.

Surface : 70880 ha (25%)

Localisation : l'ensemble du PNRLF

Les séries et géoséries de végétation

Les séries, permaséries ou géoséries de végétation sont toujours caractérisées par des paramètres écologiques particuliers qui se trouvent illustrés sur la légende de la carte.

La série de végétation

En l'absence de perturbations et dans des conditions écologiques homogènes (climat, relief, sol, etc.), les communautés végétales d'un territoire évoluent naturellement vers un stade final le plus souvent forestier. Ce processus naturel et spontané est appelé dynamique de la végétation. L'ensemble des communautés végétales liées dynamiquement sont regroupées au sein d'une même série de végétation qui est toujours nommée par son stade dynamique final (exemple : la Série de la Chênaie à *Cephalanthera damasonium* et *Quercus petraea* comprend toutes les végétations allant de la pelouse jusqu'à la Chênaie à *Cephalanthera damasonium* et *Quercus petraea*, stade final forestier de cette série).

La permaséries de végétation

Lorsque le milieu est soumis à de fortes contraintes naturelles, la dynamique de la végétation peut être bloquée à un unique stade. La permaséries de végétation permet de préciser cette absence de dynamique (exemples : dalles rocheuses, falaises).

La géoséries de végétation

Pour faciliter la lecture de cette carte, certaines séries très imbriquées ont été rassemblées au sein de géoséries inscrites dans une même entité écologique. Ces regroupements concernent essentiellement les séries des zones humides et des milieux secs.

Schéma des informations proposées pour chaque série / géoséries présentée dans les pages qui suivent.

❶ Part des différentes catégories physionomiques représentant la série / géoséries de végétation au sein du Parc.

❷ Correspondance des stades dynamiques de la série / géoséries de végétation avec les habitats d'intérêt communautaire et prioritaire des cahiers d'habitats Natura 2000.

❸ Intitulé de la série / géoséries de végétation.

❹ Représentation de la série / géoséries au sein du Parc.

❺ Description des paramètres écologiques déterminants (climat, géologie, topographie) de la série / géoséries.

❻ Couleur de la série / géoséries représentée sur la carte.

Annexe 11 : Définition et caractéristiques des différentes séries et géoséries répertoriées sur le PNR Livradois-Forez

Géoséries et permaséries sèches

Géosérie de la Pelouse sèche à *Anarrhinum bellidifolium* et *Hylotelephium maximum*

Surfaces : 3 ha - 0,001 %

GX-C15 Cette géosérie du Massif central est présente sur des roches cristallines à l'étage collinéen inférieur. Ce complexe de végétations sèches se retrouve sur des dalles rocheuses fortement ensoleillées, de 300 m à 500 m d'altitude, uniquement sur la bordure occidentale du Forez au sud de Thiers.

Habitats d'intérêt communautaire : 8220-14 ; 8230-4

Permaséries des Éboulis à *Racomitrium lanuginosum*

Surfaces : 19 ha - 0,01 %

SX-C5 Cette permaséries sèche du Massif central est présente sur des éboulis de roches volcaniques et cristallines aux étages collinéen et montagnard, entre 400 m et 1600 m d'altitude. Ces éboulis sont suffisamment épais pour empêcher l'enracinement de la flore vasculaire ; seules les mousses sont présentes.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 4030-14 ; 5120-1

Permaséries des Éboulis à *Huperzia selago*

Surfaces : 0,6 ha - 0,0002 %

SX-C11 Cette permaséries sèche du Massif central est présente sur un éboulis de roches cristallines à l'étage subalpin. Cet éboulis est localisé sur les Monts du Forez à 1550 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-14 ; 6430-8

Géosérie de la Pinède à *Cytisus oromediterraneus* et *Pinus sylvestris*

Surfaces : 6 ha - 0,002 %

GX-C17 Cette géosérie sèche du Massif central est présente sur des sols fins recouvrant des roches cristallines à l'étage collinéen moyen. Ce complexe de végétations sèches se retrouve au niveau d'éperons rocheux situés sur des versants chauds exposés au sud, entre 500 m et 700 m d'altitude, uniquement sur la bordure occidentale des Bois Noirs.

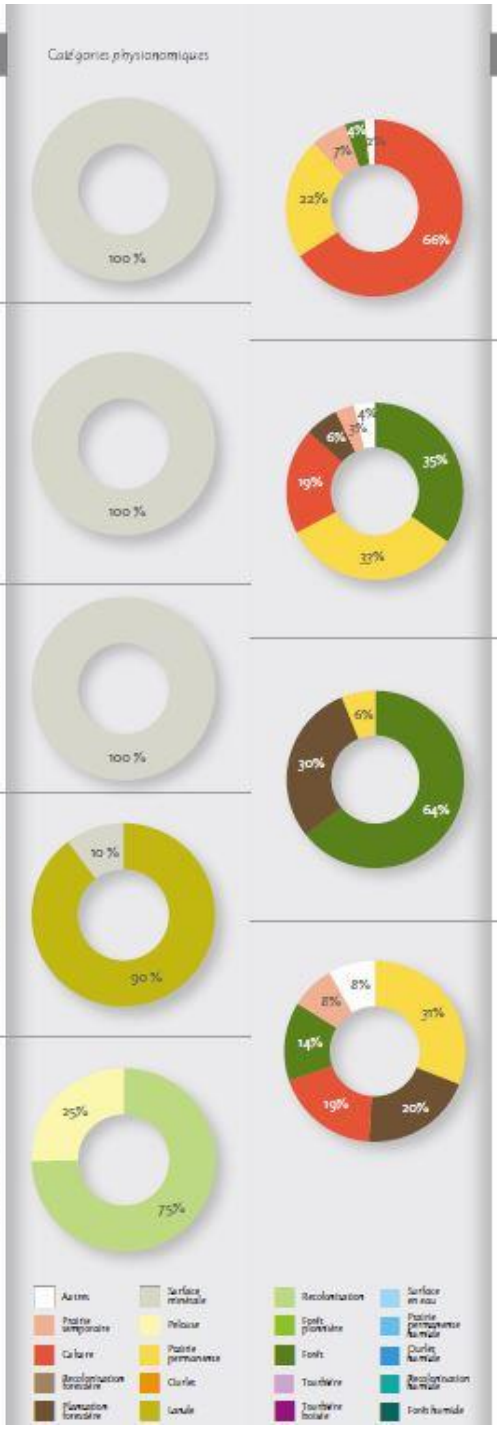
Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 5110-2 ; 8230-4

Série de la Chênaie à *Trifolium rubens* et *Quercus pubescens*

Surfaces : 3 ha - 0,001 %

SX-C3 Cette série sèche du Massif central est présente sur des sols fins recouvrant des roches volcaniques à l'étage collinéen inférieur. Les végétations de cette série se retrouvent au niveau des escarpements basaltiques relativement pentus sous 650 m d'altitude, uniquement sur les versants chauds exposés au sud de la région de Billom.

Habitats d'intérêt communautaire : 6210-31 ; 8230-4



Séries et géoséries non humides

Série de la Chênaie à *Cephalanthera damasonium* et *Quercus petraea*

Surfaces : 4 261 ha - 2 %

SM-C13 Cette série du Massif central est présente sur des substrats carbonatés aux étages collinéens inférieur et moyen sous climat d'abri relativement doux et sec. Les végétations de cette série se retrouvent en bordure des Limagnes entre 300 m et 700 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 6210 ; 6210-19 ; 6510-3 ; 6510-7 ; 9130-4

Série de la Hêtraie-chênaie-charmaie à *Lilium martagon* et *Quercus robur*

Surfaces : 5717 ha - 2 %

SM-C9 Cette série du Massif central est présente sur des roches volcaniques ou substrats carbonatés aux étages collinéens moyen et supérieur. Les végétations de cette série se retrouvent dans un panel de situations topographiques variées. Elles sont situées à des altitudes inférieures à 700 mètres dans les versants nord du Massif de la Comté et s'élèvent jusqu'à 1050 mètres en orientation sud sur le reste du territoire.

Habitats d'intérêt communautaire : 5130-2 ; 6210-19 ; 6510-3 ; 6510-7 ; 6520-1 ; 9130-4

Série de la Hêtraie-chênaie à *Epilobium montanum* et *Fagus sylvatica*

Surfaces : 189 ha - 0,07 %

SM-C8 Cette série du Massif central est présente sur les roches volcaniques du Massif de la Comté à l'étage collinéen supérieur. Les végétations de cette série se retrouvent dans des situations topographiques variées. Strictement cantonnées au niveau des versants nord du massif de la Comté, elles se retrouvent entre 700 m et 850 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 6210-19 ; 6510-3 ; 6510-7 ; 9130-4

Série de la Hêtraie-sapinière à *Calamintha grandiflora* et *Fagus sylvatica*

Surfaces : 1132 ha - 0,4 %

SM-M4 Cette série du Massif central est présente sur roches volcaniques et cristallines à l'étage montagnard inférieur. Les végétations de cette série se retrouvent majoritairement sur roches volcaniques et très rarement sur colluvions ou moraines cristallines en fond de vallons.

Habitats d'intérêt communautaire : 6230-8 ; 6510-3 ; 6510-7 ; 6520-1

GM-C1

Géosérie de la Chênaie
à Pulmonaria affinis et Carpinus Betulus

Surfaces : 8 520 ha - 3 %

Cette géosérie du Massif central est présente sur des substrats sédimentaires détritiques à l'étage collinéen sous climat d'abri relativement doux et sec. Ce complexe de végétations se retrouve en bordure des Limagnes, sur des substrats argilo-sableux issus de l'érosion des massifs granitiques, entre 300 m à 500 m d'altitude. Les variations topographiques y sont peu marquées et en fonction de la teneur en argiles du sous-sol, les surfaces peuvent être concernées par des remontées de nappes temporaires favorisant occasionnellement alors des végétations humides.

Habitats d'intérêt communautaire : 6210-36 ; 6510-3 ; 6510-7 ; 9120-2 ; 9130-4

GM-C2

Géosérie de la Hêtraie-chênaie
à Luzula sylvatica et Quercus petraea

Surfaces : 18 241 ha - 7 %

Cette géosérie du Massif central est présente sur des substrats sédimentaires détritiques riches en argiles à l'étage collinéen sous climat plus humide. Ce complexe de végétations se retrouve au niveau des plaines et glacis bordant les reliefs périphériques, entre 300 m et 700 m d'altitude et peut être concerné par des remontées de nappes temporaires favorisant occasionnellement des végétations humides.

Habitats d'intérêt communautaire : 6510-3 ; 6510-7 ; 9120-2 ; 9130-4

SM-C1

Série de la Hêtraie-chênaie
à Polygonatum multiflorum et Fagus sylvatica

Surfaces : 5 608 ha - 2 %

Cette série du Massif central est présente sur colluvions cristallines à l'étage collinéen. Les végétations de cette série se retrouvent au niveau des bas de versants à forte pente, entre 300 m et 1000 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 6230 ; 6230-4 ; 6510-3 ; 6510-4 ; 6510-7 ; 6520-1 ; 9130-4

SM-C2

Série de la Hêtraie-chênaie
à Luzula sylvatica et Quercus petraea

Surfaces : 68 635 ha - 26 %

Cette série du Massif central est présente au niveau de sols épais sur roches cristallines à l'étage collinéen. Les végétations de cette série se retrouvent au niveau des versants plus ou moins pentus et plateaux, entre 300 m et 1000 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-6 ; 4030-13 ; 6230 ; 6230-4 ; 6230-8 ; 6510-3 ; 6510-7 ; 6520-1 ; 9120-2 ; 9130-4 ; 9410-2

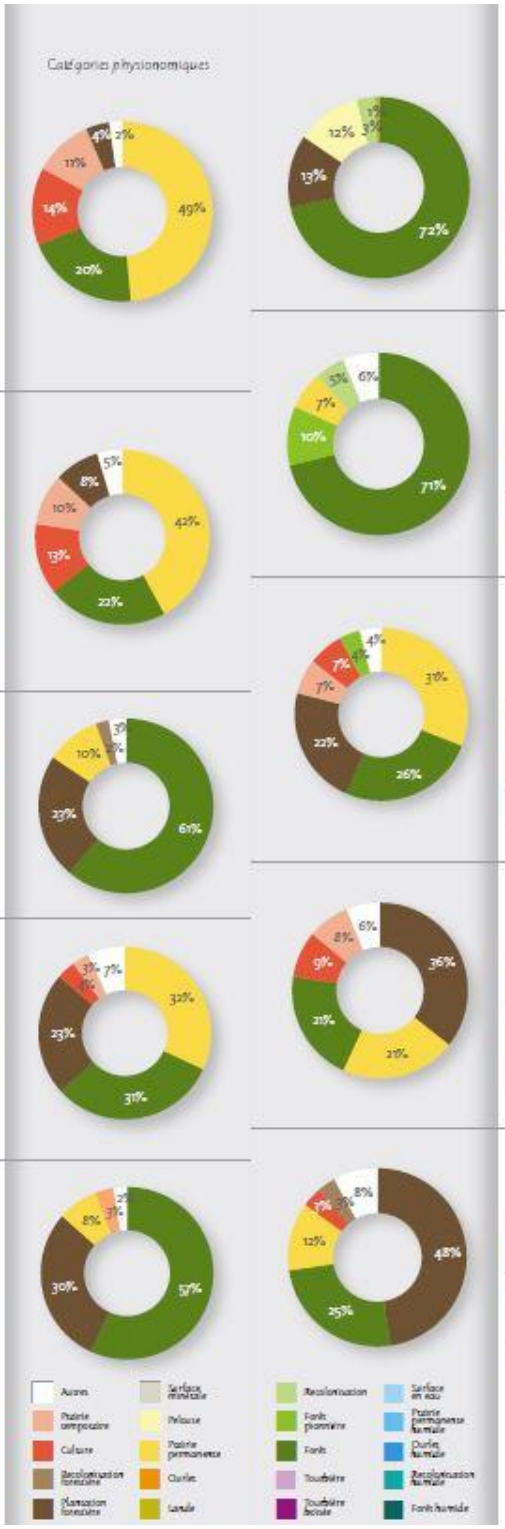
SM-M3

Série de la Hêtraie-sapinière
à Poa chaixii et Abies alba

Surfaces : 604 ha - 0,2 %

Cette série du Massif central est présente au niveau de sols épais sur roches cristallines à l'étage montagnard inférieur. Les végétations de cette série se retrouvent au niveau des bas de versants entre 950 m et 1200 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 6230 ; 6230-4 ; 6230-8 ; 6510-7 ; 6520-1 ; 9120-4



SM-M6

Série de la Hêtraie-sapinière
à Allium victorialis et Fagus sylvatica

Surfaces : 76 ha - 0,03 %

Cette série du Massif central est présente au niveau de sols épais sur roches cristallines à l'étage montagnard supérieur. Les végétations de cette série se retrouvent uniquement au fond des petits vallons des plus hautes altitudes situés au dessus de 1150m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 5120-1 ; 6230-8 ; 9120-4

SM-C6

Série de la Chênaie
à Hieracium sabaudum et Quercus petraea

Surfaces : 267 ha - 0,1 %

Cette série du Massif central est présente au niveau de sols peu épais sur roches cristallines à l'étage collinéen inférieur en contexte chaud et sec. Les végétations de cette série se retrouvent au niveau des pentes sèches et des hauts de versants chauds, sous 600 mètres d'altitude, en exposition préférentielle sud.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 6510-3

SM-C3

Série de la Hêtraie-chênaie
à Teucrium scorodonia et Fagus sylvatica

Surfaces : 40 132 ha - 15 %

Cette série du Massif central est présente au niveau de sols peu épais sur roches cristallines à l'étage collinéen moyen. Les végétations de cette série se retrouvent au niveau des hauts de versant et convexités du relief, entre 300 m et 1000 m d'altitude. Aux altitudes les plus élevées, cette série occupe uniquement les versants orientés au sud.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-6 ; 4030-13 ; 6230 ; 6230-4 ; 6510-3 ; 6510-7 ; 6520-1 ; 9120-2 ; 9130-4

SM-C4

Série de la Hêtraie-chênaie
à Vaccinium myrtillus et Fagus sylvatica

Surfaces : 36 360 ha - 14 %

Cette série du Massif central est présente au niveau de sols peu épais sur roches cristallines à l'étage collinéen supérieur. Les végétations de cette série se retrouvent au niveau des hauts de versant et convexités du relief uniquement exposés au nord, entre 750 m et 950 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-6 ; 6510-3 ; 6510-7 ; 6520-1 ; 9120-2 ; 9130-4 ; 9410-2

SM-M2

Série de la Hêtraie-sapinière
à Carex pilulifera et Abies alba

Surfaces : 59 039 ha - 22 %

Cette série du Massif central est présente au niveau de sols peu épais sur roches cristallines à l'étage montagnard inférieur. Les végétations de cette série se retrouvent sur de grandes surfaces au niveau des versants, entre 950 m et 1200 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 6230-4 ; 6230-8 ; 6510-7 ; 6520-1 ; 9120-4 ; 9410-2

SM-M5

Série de la Hêtraie-sapinière à *Calamagrostis arundinacea* et *Abies alba*

Surfaces : 6 168 ha - 2%

Cette série du Massif central est présente au niveau de sols peu épais sur roches cristallines à l'étage montagnard supérieur. Les végétations de cette série se retrouvent sur des granites au niveau des pentes moyennes à fortes sur la majeur partie des versants au dessus de 1150m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 5120-1 ; 6230-8 ; 6430-10 ; 6520-1 ; 9120-4

SM-S1a

Série de la Hêtraie à *Fagus sylvatica* et *Rumex arifolius*, sous-unité de la Lande à *Vaccinium myrtillus* et *Genista pilosa*

Surfaces : 446 ha - 0,2 %

Cette sous-unité landicole est présente sur roches cristallines à l'étage subalpin inférieur sur les Monts du Forez. Les végétations de cette sous-unité se retrouvent sur les plateaux et les versants peu pentus au dessus de 1250 mètres d'altitude, où l'érosion éolienne et l'accumulation de neige ne sont pas marquées.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 4030-14 ; 6230-8 ; 6430-10 ; 6520-1 ; 9120-4 ; 9140-3

SM-S1b

Série de la Hêtraie à *Fagus sylvatica* et *Rumex arifolius*, sous-unité de la Lande à *Allium victorialis* et *Vaccinium myrtillus*

Surfaces : 24 ha - 0,01%

Cette sous-unité landicole est présente sur roches cristallines à l'étage subalpin inférieur sur les Monts du Forez, en situation d'abri. Les végétations de cette sous-unité se retrouvent au niveau des cirques et des versants peu pentus exposés au nord-ouest au dessus de 1400 mètres d'altitude. Elles sont soumises à une forte accumulation de neige qui assure une protection contre les fortes gelées, fournit une alimentation importante en eau pendant la période de fonte et raccourcit la période de végétation.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 4030-14 ; 6230-8 ; 6430-8

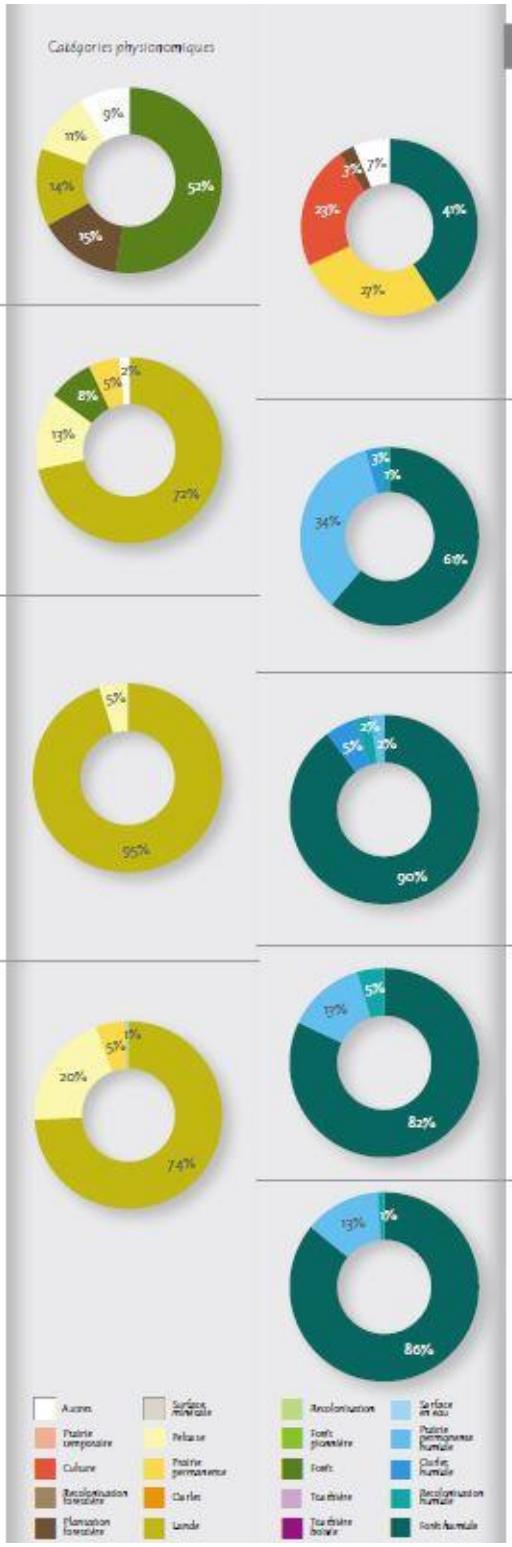
SM-S1c

Série de la Hêtraie à *Fagus sylvatica* et *Rumex arifolius*, sous-unité de la Lande à *Alchemilla saxatilis* et *Vaccinium uliginosum*

Surfaces : 142 ha - 0,05%

Cette sous-unité landicole est présente sur les parties sommitales des massifs cristallins des Monts du Forez à l'étage subalpin inférieur. Les végétations de cette sous-unité sont soumises aux vents dominants qui favorisent une érosion éolienne du manteau neigeux, au dessus de 1400 mètres d'altitude. Elles subissent ainsi de fortes gélées et un stress hydrique marqué.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 4030-14 ; 5120-1 ; 6230-8 ; 6430-8 ; 6430-10 ; 6520-1



Géosérles humides

GH-C10

Géosérie de la Frênaie-ormaie à *Geranium phaeum* et *Fraxinus excelsior*

Surfaces : 1458 ha - 0,55%

Cette géosérie humide est déterminée par la proximité des nappes d'eau alluviales de la Dore et de l'Allier, à l'étage collinéen moyen. Ce complexe de végétations plus ou moins humides se trouve en contact direct de la rivière, entre 250 m et 400 m d'altitude. De nombreuses dépressions topographiques artificielles à proximité favorisent le développement de végétations marécageuses sur nappe stagnante.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-6 ; 6430-1 ; 6430-4 ; 6510-3 ; 6510-7 ; 9130-4 ; 91E0-1 ; 91E0-3 ; 91F0-3

GH-C12

Géosérie de la Chênaie-frênaie à *Pulmonaria affinis* et *Fraxinus excelsior*

Surfaces : 390 ha - 0,15%

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau alluviales sur socle cristallin, aux étages collinéens inférieur et moyen. Ce complexe de végétations humides se trouve à proximité directe des rivières et ruisseaux des vallées, plaines détritiques et talwegs, entre 300 m et 700 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 6430-1 ; 6430-4 ; 91E0-8

GH-C13

Géosérie de la Chênaie-frênaie à *Ficaria verna* et *Fraxinus excelsior*

Surfaces : 46 ha - 0,02%

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau alluviales sur substrats carbonatés, aux étages collinéens inférieur et moyen sous climat d'abri en contexte chaud et sec. Ce complexe de végétations humides se trouve à proximité directe des rivières et ruisseaux des vallées et vallons de la bordure des Limagnes, de 300 m à 500 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 6430-1 ; 6430-4 ; 91E0-8

GH-C18

Géosérie de la Chênaie-frênaie à *Adoxa moschatellina* et *Fraxinus excelsior*

Surfaces : 26 ha - 0,01%

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau alluviales sur roches volcaniques, à l'étage collinéen moyen. Ce complexe de végétations humides se trouve à proximité directe des rivières et ruisseaux des vallées et vallons de 300 m à 700 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 6430-1

GH-C9

Géosérie de l'Aulnaie-frênaie à *Carex remota* et *Fraxinus excelsior*

Surfaces : 122 ha - 0,05%

Cette géosérie humide est déterminée par la proximité de la nappe d'eau alluviale de la Dore au niveau des gorges, sur alluvions siliceuses, à l'étage collinéen moyen. Ce complexe de végétations humides se trouve à proximité directe de la rivière, en contexte encaissé, entre 350 m et 500 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-6 ; 6430-1 ; 6430-4 ; 6510-3 ; 6510-4 ; 6510-7 ; 9130-4

GH-C11

Géosérie de l'Aulnaie à *Carex elongata* et *Alnus glutinosa*

Surfaces : 476 ha - 0,18 %

Cette géosérie humide est déterminée par la proximité de la nappe d'eau alluviale de la Dore sur la plaine d'Ambert, sur alluvions siliceuses, à l'étage collinéen moyen. Ce complexe de végétations plus ou moins humides se trouve en contact direct de la rivière, entre 500 m et 600 m d'altitude. De nombreuses dépressions topographiques artificielles à proximité favorisent le développement de végétations marécageuses sur nappe stagnante.

Habitats d'intérêt communautaire : 6430-1 ; 6430-4 ; 6510-3 ; 6510-4 ; 6510-7 ; 9130-4 ; 91E0-6

GH-C1

Géosérie de l'Aulnaie-frênaie à *Ranunculus aconitifolius* et *Fraxinus excelsior*

Surfaces : 2241 ha - 0,84 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau alluviales, sur socle cristallin, aux étages collinéens moyen et supérieur. Ce complexe de végétations humides se trouve à proximité directe des rivières et ruisseaux des vallons, talwegs et dépressions de plateaux, entre 500 m et 900 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-6 ; 6410-11 ; 6430-1 ; 6430-2 ; 6430-4 ; 7140-1 ; 91E0-6

GH-M2

Géosérie de la Hêtraie-sapinière à *Phegopteris connectilis* et *Abies alba*

Surfaces : 1003 ha - 0,38 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau alluviales à l'étage montagnard inférieur. Ce complexe de végétations humides se retrouve sur les massifs cristallins au niveau des ravines et vallons à proximité directe des ruisseaux, sur une nappe circulante, entre 950 m et 1250 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-6 ; 6410-11 ; 6430-1 ; 6430-2 ; 7110-1 ; 7140-1 ; 91D0-12 ; 91E0-6 ; 9410-8

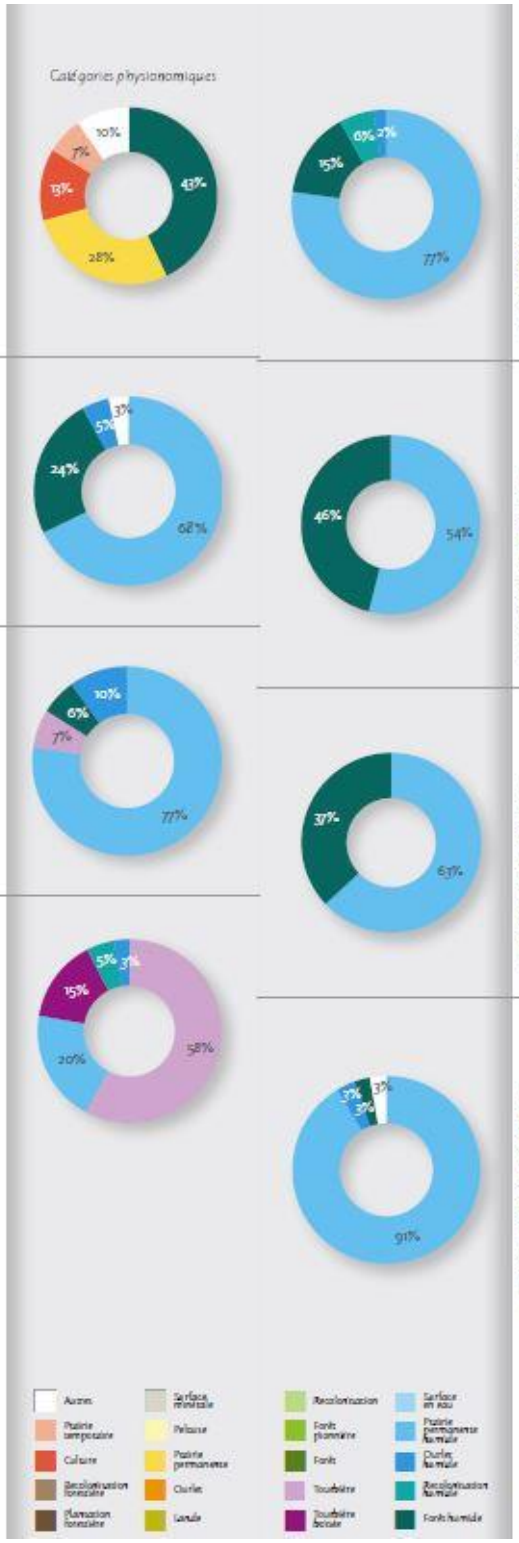
GH-M5

Géosérie de la Sapinière à *Blechnum spicant* et *Abies alba*

Surfaces : 125 ha - 0,05 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau alluviales à l'étage montagnard supérieur. Ce complexe de végétations humides se retrouve sur les massifs cristallins au niveau des ravines et vallons à proximité directe des ruisseaux, entre 1250 m et 1400 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 4030-13 ; 6410-11 ; 6430-2 ; 6430-8 ; 7110-1 ; 7120-1 ; 7140-1 ; 9120-4 ; 91D0-12 ; 9410-8



GH-C15

Géosérie de l'Aulnaie à *Iris pseudacorus* et *Alnus glutinosa* sur roches cristallines

Surfaces : 182 ha - 0,07 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau perchées, sur les massifs cristallins des étages collinéens inférieur et moyen. Ce complexe de végétations humides se retrouve au niveau des têtes de bassin versant et des suintements de pente, de 300 à 500 m d'altitude. La géosérie se situe au niveau de dépressions où la nappe affleure et n'est pas concernée par les débordements des cours d'eau.

Habitats d'intérêt communautaire : 6430-1 ; 6430-4 ; 6510-4

GH-C16

Géosérie de l'Aulnaie à *Iris pseudacorus* et *Alnus glutinosa* sur roches sédimentaires carbonatés

Surfaces : 6 ha - 0,002 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau perchées, sur les substrats marnocalcaires des étages collinéens inférieur et moyen. Ce complexe de végétations humides se retrouve au niveau des têtes de bassin versant et des suintements de pente, de 300 à 500 m d'altitude. La géosérie se situe au niveau de dépressions où la nappe affleure et n'est pas concernée par les débordements des cours d'eau.

Habitats d'intérêt communautaire : 6430-1 ; 6430-4

GH-C17

Géosérie de l'Aulnaie à *Iris pseudacorus* et *Alnus glutinosa* sur roches volcaniques

Surfaces : 2 ha - 0,001 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau perchées, sur les massifs volcaniques de l'étage collinéen moyen. Ce complexe de végétations humides se retrouve au niveau des têtes de bassin versant et des suintements de pente, de 300 à 700 m d'altitude. La géosérie se situe au niveau de dépressions où la nappe affleure et n'est pas concernée par les débordements des cours d'eau.

Habitats d'intérêt communautaire : 6430-4 ; 6510-4

GH-C3

Géosérie de la Chênaie-frênaie à *Fraxinus excelsior* et *Valeriana officinalis*

Surfaces : 1149 ha - 0,43 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau perchées, au niveau de faibles pentes et replats aux étages collinéens moyen et supérieur. Ce complexe de végétations humides se retrouve sur les massifs cristallins au niveau des têtes de bassin versant et des suintements de pente, de 500 à 950 m d'altitude. La géosérie se situe au niveau de dépressions où la nappe affleure et n'est pas concernée par les débordements des cours d'eau.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-6 ; 6410-11 ; 6430-1 ; 7140-1

GH-C2

Géosérie de l'Aulnaie à *Alnus glutinosa* et *Carex laevigata*

Surfaces : 635 ha - 0,24 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau perchées, au niveau de faibles pentes et replats aux étages collinéens moyen et supérieur, sous climat atlantisé. Ce complexe de végétations humides se retrouve sur les massifs cristallins au niveau des têtes de bassin versant et des suintements de pente, de 500 à 950 m d'altitude. La géosérie se situe au niveau de dépressions où la nappe affleure et n'est pas concernée par les débordements des cours d'eau.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-6 ; 6410-11 ; 6430-1 ; 7110-1 ; 7140-1 ; 91D0-12

GH-C4

Géosérie de la Chênaie à *Quercus robur* et *Molinia caerulea*

Surfaces : 15 ha - 0,01 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau perchées, sur des alluvions siliceuses anciennes à l'étage collinéen supérieur, sous climat atlantisé. Ce complexe de végétations humides se retrouve sur les terrasses des vallons à fond plat et les suintements de pente, de 500 à 750 m d'altitude. La géosérie se situe au niveau de dépressions où la nappe affleure et n'est pas concernée par les débordements des cours d'eau.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-6

GH-M3

Géosérie de la Sapinière à *Betula pubescens* et *Abies alba*

Surfaces : 811 ha - 0,31 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau perchées, au niveau de faibles pentes et replats à l'étage montagnard inférieur. Ce complexe de végétations humides se retrouve sur les massifs cristallins et volcaniques au niveau des têtes de bassin versant et les fonds de vallons évasés, de 950 à 1250 m d'altitude. La géosérie se situe au niveau de dépressions où la nappe affleure et n'est pas concernée par les débordements des cours d'eau.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-6 ; 6410-11 ; 6430-1 ; 6430-2 ; 7110-1 ; 7120-1 ; 7140-1 ; 91D0-12 ; 9410-8

GH-M6

Géosérie de la Boulaie à *Sphagnum magellanicum* et *Betula alba*

Surfaces : 285 ha - 0,11 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau perchées, au niveau de faibles pentes et replats à l'étage montagnard inférieur, sous climat atlantisé. Ce complexe de végétations humides se retrouve sur les massifs cristallins dans les vallées à fond plat et en situation de cuvette entre 950 et 1300 m d'altitude. La géosérie se situe au niveau de dépressions où la nappe affleure et n'est pas concernée par les débordements des cours d'eau.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-6 ; 6410-11 ; 6430-1 ; 6430-2 ; 7110-1 ; 7140-1 ; 7150-1 ; 91D0-12 ; 9410-8

Catégories physionomiques

GH-M4

Géosérie de la Pinède à *Pinus mugo subsp. rotundata*

Surfaces : 138 ha - 0,05 %

Cette géosérie humide du Massif central est déterminée par la proximité des nappes d'eau perchées, au niveau de faibles pentes et replats aux étages montagnard supérieur et subalpin inférieur. Ce complexe de végétations humides se retrouve sur les massifs cristallins au niveau des fonds de vallons très peu pentus, au sein des grands complexes tourbeux et en tête de bassin versant ; il se cantonne à haute altitude à partir de 1300 m.

Habitats d'intérêt communautaire : 6410-11 ; 7110-1 ; 7120-1 ; 7140-1 ; 7150-1 ; 91D0-12 ; 91D0-3 ; 9410-8

GH-A1

Géosérie de la Friche alluviale à *Leersia oryzoides* et *Bidens tripartita*

Surfaces : 137 ha - 0,05 %

Cette géosérie humide du Massif central est présente dans les grands cours d'eau à l'étage collinéen moyen. Ce complexe de végétations aquatiques, amphibies et de friches se retrouve au niveau du lit majeur des vallées alluviales de l'Allier et de la Dore avale, entre 250 m et 400 m d'altitude, sur des substrats à granulométrie variée (limons, argiles, sables et graviers).

Habitats d'intérêt communautaire : 3260-3 ; 3270-1

GH-A2

Géosérie de l'Herbier flottant à *Ranunculus fluitans*

Surfaces : 115 ha - 0,04 %

Cette géosérie humide du Massif central est présente dans les cours d'eau de l'étage collinéen moyen. Ces végétations aquatiques se retrouvent au niveau du lit mineur des rivières, entre 400 m et 800 m d'altitude.

Habitats d'intérêt communautaire : 3260-3

GH-A3

Géosérie de l'Herbier flottant à *Callitriche hamulata*

Surfaces : 26 ha - 0,01 %

Cette géosérie humide du Massif central est présente dans les petits cours d'eau des étages collinéen supérieur et montagnard inférieur. Ces végétations aquatiques se retrouvent au niveau du lit mineur des rivières, entre 600 m et 1000 m d'altitude.

GH-C14

Géosérie du Voile aquatique à *Lemna minor*

Surfaces : 212 ha - 0,08 %

Cette géosérie humide est présente au niveau des plans d'eau du Massif central aux étages collinéens inférieur et moyen, sous climat d'abri en contexte chaud et sec. Ce complexe de végétations des eaux stagnantes se retrouve au niveau des mares, vasques et trous d'eau, entre 300 m et 700 m d'altitude, sur roches cristallines.

Habitats d'intérêt communautaire : 3150-3 ; 3270-1 ; 6430-1

GH-C5

Géosérie de l'Herbier flottant à *Callitriche stagnalis*

Surfaces : 144 ha - 0,05 %

Cette géosérie humide est présente au niveau des plans d'eau du Massif central aux étages collinéens moyen et supérieur. Ce complexe de végétations des eaux stagnantes se retrouve au niveau des mares, vasques paratourbeuses et bras morts des petits ruisseaux, entre 500 m et 950 m d'altitude, sur roches cristallines.

Habitats d'intérêt communautaire : 3150-3

GH-M1

Géosérie de la Boulaie à *Menyanthes trifoliata* et *Betula alba*

Surfaces : 92 ha - 0,03 %

Cette géosérie humide est présente au niveau des plans d'eau du Massif central à l'étage montagnard inférieur. Ce complexe de végétations humides se retrouve sur les massifs cristallins et volcaniques sur des niveaux topographiques très bas où l'eau affleure, entre 950 m et 1250 m d'altitude.

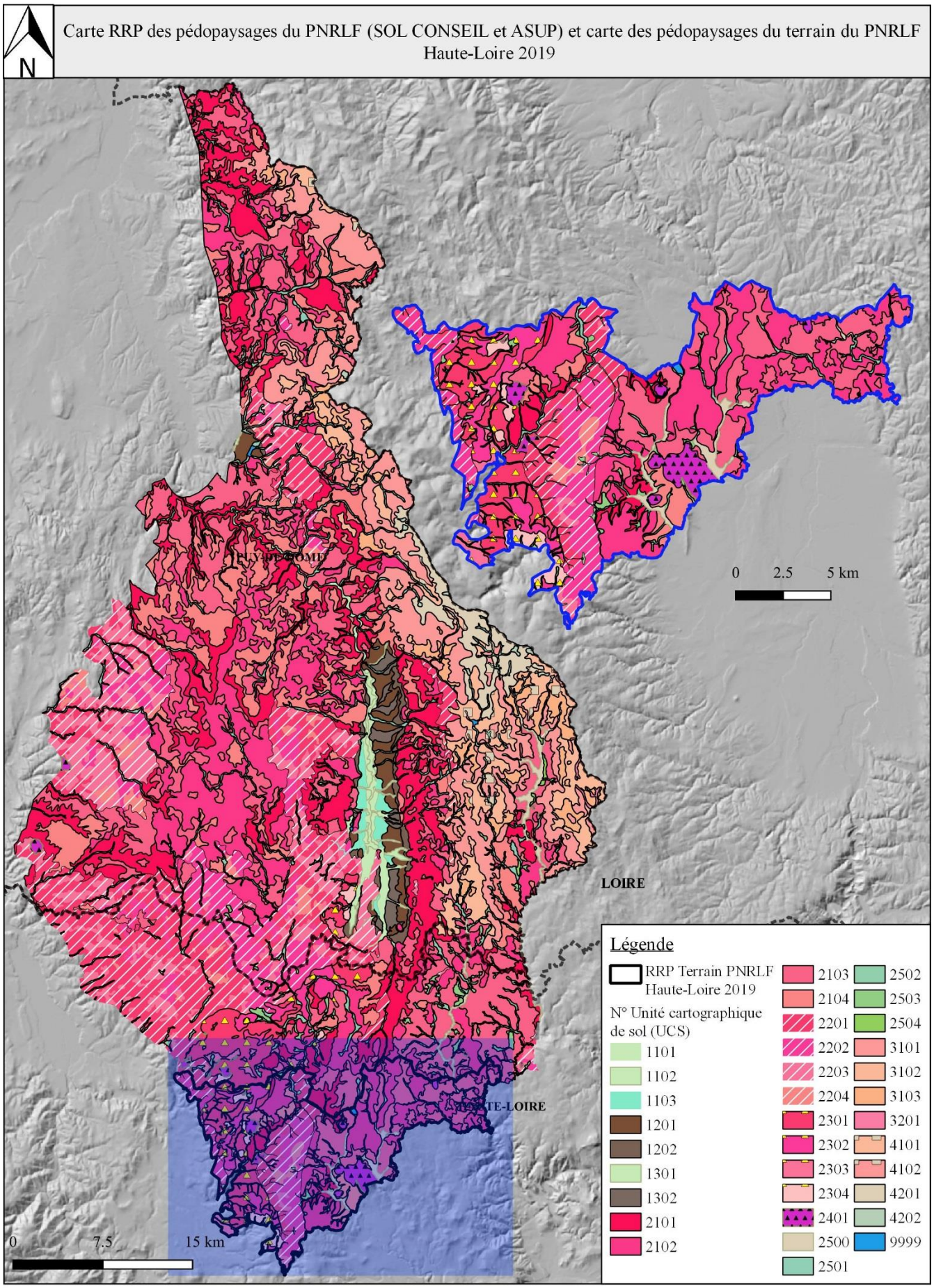
Habitats d'intérêt communautaire : 3150-3

Grand Domaine Morphologique	n° PDM	Petit domaine morphologique	UC	nom de l'UC	% recouvrement	recouvrement (ha)	Géologie	Morphologie	Pente	Occupation	US	Nom du sol	%recouvrement	Morphologie	Géologie	Occupation	Remarque
LIVRADOIS ET PLATEAUX DU FOREZ : Sols des reliefs cristallins d'altitude (300/400m à 800/1000 m) : Montagnard inférieur	2.1	Relief des granites	2101	Sommets et versants plutôt rectilignes à pentes fortes à très fortes, principalement boisés, à sols superficiels.	13	27858	Granite	Sommets et versants rectilignes	Pentes fortes à très fortes	Principalement boisé	31	LITHOSOL (A REGOSOL) ISSU DE GRANITE	2	Zones de convexité, de pente très forte	Granite	Principalement forestier	Sol un peu plus épais que US 31
											17	RANKOSOL ISSU DE GRANITE	13	Continuité zones de convexité, de pente très			Sol plus ou moins humifère
											18	ALOCRISOL TYPIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	30				Sol plus ou moins humifère selon le degré d'ancienneté mise en culture ou
											19	BRUNISOL DYSTRIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	50				
											20	BRUNISOL COLLUVIAL ISSU DE MATERIAUX GRANITIQUES	5	Talweg et atterissement de bas de pente	Colluvions granitiques		
			2102	Versants plutôt convexes à pentes moyennes, principalement boisés, à sols moyennement profonds	8	17040	Granite	Versants plutôt convexes	Pentes moyennes	Principalement boisé	18	ALOCRISOL TYPIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	40	Granite		Principalement forestier	Sol plus ou moins humifère
											19	BRUNISOL DYSTRIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	40				Sol plus ou moins humifère selon le degré d'ancienneté mise en culture ou reforestation
											21	COLLUVIOSOL REDOXIQUE (A COLLUVIOSOL-REDOXISOL) LOCALEMENT REDUCTIQUE OU HISTIQUE	10	Talweg et bas de versants colluviaux à engorgement	Colluvions granitiques		Engorgement très intense
											24	BRUNISOL COLLUVIAL (REDOXIQUE) ISSU DE GRANITE	5	Zone de concavité	Granite		Moins répandu
											59	ALOCRISOL REDOXIQUE (DES REPLATS SUR GRANITE	5	Replat			
		Relief des granites	2103	Replats sommitaux et versants à pentes faibles (à moyennes), principalement agricoles, à sols moyennement profonds à profonds	15	31512	Granite	Replats sommitaux et versants à pentes faibles à moyennes	Pentes faibles à moyennes	Principalement agricole	18	ALOCRISOL TYPIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	5	Granite		Principalement forestier	Sol plus ou moins humifère
											19	BRUNISOL DYSTRIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	55				Sol plus ou moins humifère selon le degré d'ancienneté mise en culture ou reforestation
											22	BRUNISOL EUTRIQUE ISSU DE GRANITE	23	Situation de convexité et terrain agricole peu pentu			Peu épais
											17	RANKOSOL ISSU DE GRANITE	5			Couverture agricole ancienne	
											23	BRUNISOL LUVIQUE ISSU DE GRANITE	2	Situation plane et glacis de liaise			
											21	COLLUVIOSOL REDOXIQUE (A COLLUVIOSOL-REDOXISOL) LOCALEMENT REDUCTIQUE OU HISTIQUE	5	Fond de talweg	Colluvions granitiques		
											20	BRUNISOL COLLUVIAL ISSU DE MATERIAUX GRANITIQUES	5	Zone de replat en			
			2104	Versants convexo-concaves à concaves, à pentes moyennes (à fortes), principalement agricoles, à sols moyennement profonds à profonds, localement hydromorphes	8,6	18507	Granite	Versants convexo-concaves à concaves	X	Principalement agricole	17	RANKOSOL ISSU DE GRANITE	5	Situation de convexité et terrain agricole peu pentu après défriche	Granite	Principalement forestier	Sol plus ou moins humifère
											18	ALOCRISOL TYPIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	5				Sol plus ou moins humifère selon le degré d'ancienneté mise en culture ou reforestation
											19	BRUNISOL DYSTRIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	63				
											23	BRUNISOL LUVIQUE ISSU DE GRANITE	2	Situation plane et glacis de liaise		Couverture agricole ancienne	
											21	COLLUVIOSOL REDOXIQUE (A COLLUVIOSOL-REDOXISOL) LOCALEMENT REDUCTIQUE OU HISTIQUE	10	Fond de talweg	Colluvions granitiques		
											24	BRUNISOL COLLUVIAL (REDOXIQUE) ISSU DE GRANITE	15	Zone de concavité	Granite		
	2.2	Relief des gneiss et migmatite	2201	Sommets et versants plutôt rectilignes à pentes fortes à très fortes, principalement boisés à sols superficiels	10,5	22710	Gneiss et migmatite	Sommets et versants rectilignes	Pentes fortes à très fortes	Principalement boisés	58	LITHOSOL (A REGOSOL) ISSU DE GNEISS ET DE MIGMATITES	5	Zone d'affleurement	Gneiss et migmatite		
											25	RANKOSOL DE GNEISS ET MIGMATITES	5	Zone d'affleurement			
											27	BRUNISOL DYSTRIQUE ISSU DE GNEISS	60	Topographie rectiligne	Gneiss	Couverture agricole	
											26	ALOCRISOL TYPIQUE HUMIFERE ISSU DE GNEISS	25			Secteur forestier	
											21	COLLUVIOSOL REDOXIQUE (A COLLUVIOSOL-REDOXISOL) LOCALEMENT REDUCTIQUE OU HISTIQUE	5	Fond de talweg et vallons	Colluvions		
			2202	Versants convexes à pentes moyennes, plutôt convexes, principalement boisés à sols moyennement profonds	4,4	9539	Gneiss et migmatite	Versants convexes	Pentes moyennes	Principalement boisé	25	RANKOSOL DE GNEISS ET MIGMATITES	10	Zone d'affleurement	Gneiss et migmatite		
											26	ALOCRISOL TYPIQUE HUMIFERE ISSU DE GNEISS	50				
											27	BRUNISOL DYSTRIQUE ISSU DE GNEISS	32	Topographie rectiligne	Gneiss	Secteur forestier	
											21	COLLUVIOSOL REDOXIQUE (A COLLUVIOSOL-REDOXISOL) LOCALEMENT REDUCTIQUE OU HISTIQUE	5	Fond de talweg et vallons	Colluvions	Couverture agricole	
			2203	Replats sommitaux et versants à pentes faibles (à moyennes), principalement agricoles à sols moyennement profonds à profonds	6	13016	Gneiss et migmatite	Replats sommitaux et versants	Pentes faibles à moyennes	Principalement agricole	25	RANKOSOL ISSU DE GNEISS ET MIGMATITES	10	Zone d'affleurement	Gneiss et migmatite		
											26	ALOCRISOL TYPIQUE HUMIFERE ISSU DE GNEISS	10			Secteur forestier	
											27	BRUNISOL DYSTRIQUE ISSU DE GNEISS	40	Topographie rectiligne	Gneiss	Couverture agricole	
											28	BRUNISOL EUTRIQUE (PACHIQUE) ISSU DE GNEISS	40	Pente faible		Secteur agricole	
			2204	Versants convexo-concaves à concaves, à pentes moyennes (à fortes), principalement agricoles à sols moyennement profonds à profonds, localement hydromorphes	?	?	Gneiss et migmatites	Versants convexo-concaves à concaves	Pentes moyennes à fortes	Principalement agricole	27	BRUNISOL DYSTRIQUE ISSU DE GNEISS	80	Topographie rectiligne	Gneiss	Couverture agricole	
											29	BRUNISOL COLLUVIAL (REDOXIQUE) ISSU DE MATERIAUX GNEISSIQUES	5	Bas de versant ou			
											30	BRUNISOL LUVIQUE ISSU DE GNEISS	5	Long glacis et pentes			
											21	COLLUVIOSOL REDOXIQUE (A COLLUVIOSOL-REDOXISOL) LOCALEMENT REDUCTIQUE OU HISTIQUE	10	Fond de talweg et vallons	Colluvions		
	2.3	Reliefs des micaschistes	2301	Sommets et versants plutôt rectilignes à pentes fortes à très fortes, principalement boisés à sols superficiels	1,7	3668	Micaschistes	Sommets et versants rectilignes	Pentes fortes à très fortes	Principalement boisé	32	LITHOSOL ISSU DE MICASCHISTES	5	Zone d'affleurement	Micaschistes		
											33	RANKOSOL ISSU DE MICASCHISTES	15	Zone de versant à pente			
											34	BRUNISOL DYSTRIQUE ISSU DE MICASCHISTES	70	Zone de versants les		Sous forêt	
											35	ALOCRISOL TYPIQUE HUMIFERE ISSU DE MICASCHISTES	10				
			2302	Versants convexes à pentes moyennes, plutôt convexes, principalement boisés à sols	0,5	1192	Micaschistes	Versants convexes	Pentes moyennes	Principalement boisé	34	BRUNISOL DYSTRIQUE ISSU DE MICASCHISTES	80		Micaschistes		
											35	ALOCRISOL TYPIQUE HUMIFERE ISSU DE MICASCHISTES	20			Sous forêt	
			2303	Replats sommitaux et versants à pentes faibles (à moyennes), principalement agricoles à sols moyennement profonds à profonds	0,3	595	Micaschistes	Replats sommitaux et versant	Pentes faibles	Principalement agricole	34	BRUNISOL DYSTRIQUE ISSU DE MICASCHISTES	45		Micaschistes		
											35	ALOCRISOL TYPIQUE HUMIFERE ISSU DE MICASCHISTES	10			Sous forêt	
											36	BRUNISOL EUTRIQUE (PACHIQUE) ISSU DE MICASCHISTES	45	Situation plane		Agricole	
			2304	Versants convexo-concaves à concaves, à pentes moyennes (à fortes), principalement agricoles à sols moyennement profonds à profonds, localement hydromorphes	0,1	258	Micaschistes	Versant convexo-concaves à concaves	Pentes moyennes à fortes	Principalement agricole	34	BRUNISOL DYSTRIQUE ISSU DE MICASCHISTES	45	Atterissement et bas de versant	Micaschistes		
											37	BRUNISOL COLLUVIAL REDOXIQUE (A REDOXISOL) ISSU DE MICASCHISTES	5				
											38	BRUNISOL LUVIQUE (A NEOLUVISOL) ISSU DE MICASCHISTES	5	Glacis et replats agricoles			
	2.4	Pointements basaltiques résiduels	2401	Collines à pentes abruptes convexes, principalement boisées à sols peu à moyennement profonds	0,1	345	Basalte	Collines à pentes abruptes convexes	Pentes moyennes à abruptes	Principalement boisé	39	BRUNISOL EUTRIQUE ISSU DE MATERIAUX BASALTIQUES	85	Versant abrupts	Basalte	Pas de développement d'andosols	
											40	COLLUVIOSOL ISSU DE MATERIAUX D'ORIGINE VOLCANIQUE	15	Bas de versant	Matériaux volcaniques		
	2.5	Vallons et petites vallées du socles cristallin	2500	Vallées d'alluvions récentes (Fy-z) de l'Ance et de l'Anzon	0,4	835	Alluvions récentes (Fy-z)	Vallées	X		41	FLUVIOSOL BRUNIFIE DES ALLUVIONS RECENTES DE L'ANCE ET DE L'ANZON	35		Alluvions indifférenciées Fy et Fz	Végétation de zone humide	
											42	REDUCTISOL EPHISTIQUE (A HISTOSOL REDUCTIQUE) DES ALLUVIONS RECENTES DE L'ANCE ET DE L'ANZON	65				
			2501	Petites vallées et larges vallons, agricoles ou forestiers à sols très hydromorphes	2,7	5866	Alluvions récentes et colluvions	Petites vallées et larges vallons	X	Agricole ou forestier	43	FLUVIOSOL REDOXIQUE (A REDUCTIQUE) ISSU D'ALLUVIONS RECENTES	20		Alluvions récentes		Fortes contraintes d'engorgement
											44	COLLUVIOSOL REDOXIQUE (A COLLUVIOSOL-REDOXISOL) A REDUCTIQUE ISSU D'ALLUVIONS-COLLUVIONS-RECENTES	15	Zones de bas de versant	Alluvions-colluvions récentes		
											45	HISTOSOL ISSU D'ALLUVIONS RECENTES	25				
											46	REDOXISOL REDUCTIQUE ISSU D'ALLUVIONS RECENTES	10		Alluvions récentes		
											47	REDUCTISOL HISTIQUE ISSU D'ALLUVIONS RECENTES	30				
			2502	Vallons secondaires agricoles ou forestiers de largeur limitée à sols généralement hydromorphes	2,3	5023	Alluvions et colluvions	Vallons secondaires	X	Agricole ou forestier	44	COLLUVIOSOL REDOXIQUE (A COLLUVIOSOL-REDOXISOL) A REDUCTIQUE ISSU D'ALLUVIONS-COLLUVIONS-RECENTES	40	Zones de bas de versant	Alluvions-colluvions récentes		Fortes contraintes d'engorgement
											47	REDUCTISOL HISTIQUE ISSU D'ALLUVIONS RECENTES	50	Zone de replat en situation de versant	Alluvions récentes		
											20	BRUNISOL COLLUVIAL ISSU DE MATERIAUX GRANITIQUES	10		Colluvions granitiques		Plus sains et plus évolués
			2503	Vallons secondaires agricoles ou forestiers de largeur limitée à sols non ou peu hydromorphes	0,5	1047	Colluvions-alluvions récentes	Vallons secondaires	X	Agricole ou forestier	48	BRUNISOL COLLUVIAL (A COLLUVISOL) REDOXIQUE ISSU DE COLLUVIONS-ALLUVIONS RECENTES	100	Vallons secondaires	Colluvions-alluvions récentes		Engorgement moins prononcé que 5202
			2504	Terrasses anciennes (Fx) des petites vallées sur socle cristallin (Anze principalement)	0,1	161	Alluvions anciennes	Terrasses anciennes	X		49	BRUNISOL FLUVIQUE (REDOXIQUE) ISSU DE TERRASSES D'ALLUVIONS ANCIENNES	100	Terrasses	Alluvions anciennes		

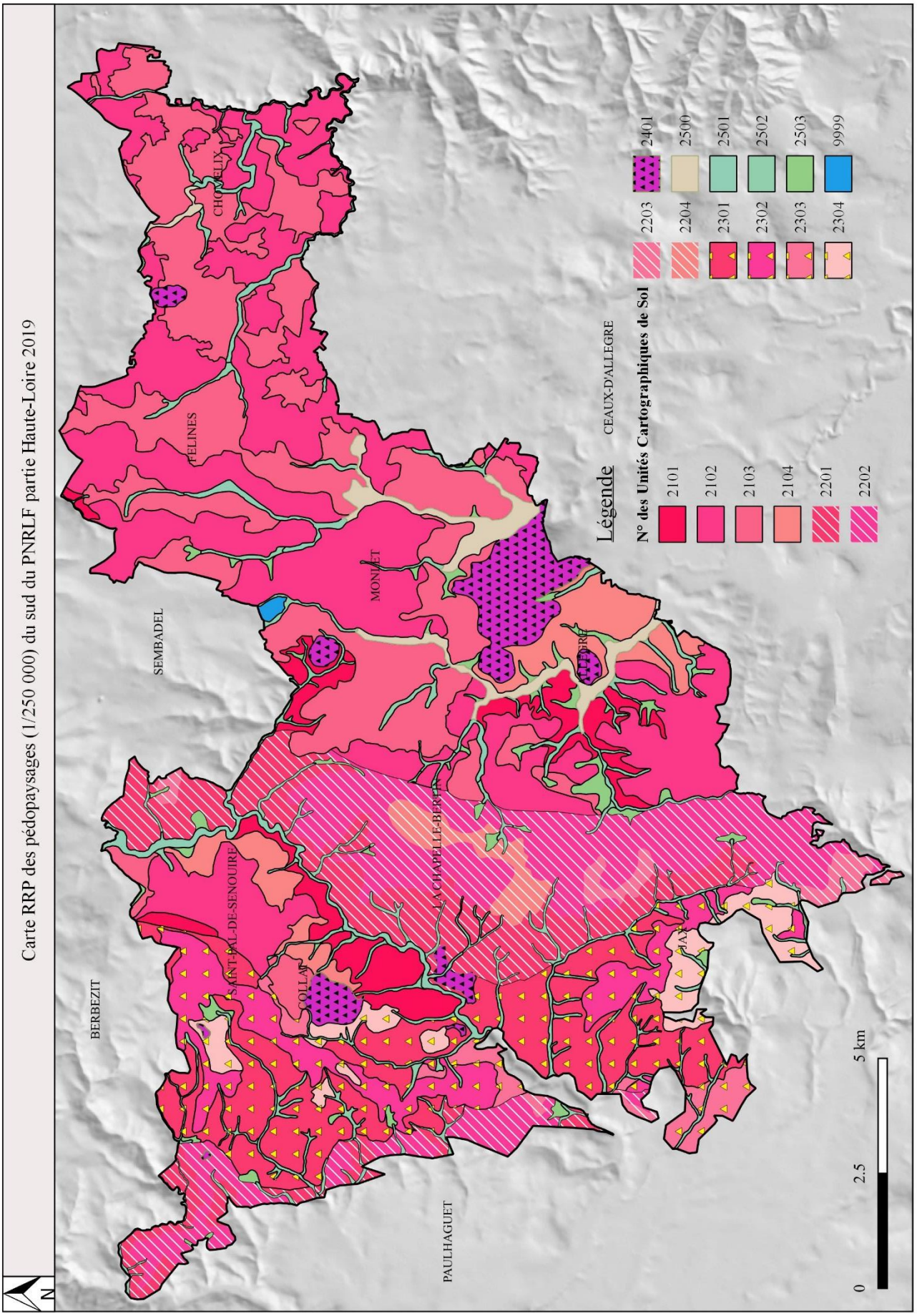
Annexe 12 : Tableau synthétique du GDM du Livradois et plateaux du Forez répertoriant les différentes UCS et UTS du PNR Livradois-Forez

Grand Domaine Morphologique	n° PDM	Petit domaine morphologique	UC	nom de l'UC	% recouvrement	recouvrement (ha)	Géologie	Morphologie	Pente	Occupation	US	Nom du sol	%recouvrement	Morphologie	Géologie	Occupation	Remarque
BASSIN D'AMBERT	1.1	Vallée de la Dore	1101	Vallée d'alluvions actuelles (Fz) proche de la Dore à sols profonds, limono-sablo-argileux à argilo-limono-sableux, majoritairement très hydromorphes	0,004	960	Alluvions actuelles (Fz)	Proche de la Dore	X	X	1	FLUVIOSOL JUVENILE	0,35	Alluvionnement récent	Alluvions actuelles (Fz)		
											2	FLUVIOSOL REDUCTIQUE	0,15	Secteur engorgé			
											3	REDUCTISOLS EPIHISTIQUES	0,15	Secteur engorgé			
											4	FLUVIOSOL BRUNIFIE	0,35	Secteur éloignés du cours de la Dore			
			1102	Vallée d'alluvions récentes (Fz-y) à sols moyennement profonds, sablo-limoneux à sablo-argilo-limoneux, caillouteux, hydromorphes.	0,007	1554	Alluvions récentes (Fz-y)	Terrasse Fy	X		2	FLUVIOSOL REDUCTIQUE	0,15		Alluvions récentes		Sols plus évolués que 1101
											5	FLUVIOSOL CAILLLOUTEUX D'ALLUVIONS RECENTES	0,3				
											6	FLUVIOSOL REDOXIQUE CAILLOUTEUX D'ALLUVIONS RECENTES	0,15				
											7	BRUNISOL FLUVIQUE REDOXIQUE D'ALLUVIONS RECENTES	0,3				
											8	REDOXISOL REDUCTIQUE FLUVIQUE PACHIQUE D'ALLUVIONS RECENTES	0,1				
			1103	Terrasses d'alluvions anciennes à sols peu profonds, sablo-limoneux à sablo-argilo-limoneux, caillouteux	0,4	1011	Alluvions anciennes	Individualisé par un talus net	X		9	BRUNISOL FLUVIQUE CAILLOUTEUX	1		Alluvions anciennes		Intensité d'engorgement variable
	1.2	Collines et glacis colluviaux	1201	Collines oligocènes à sols peu à moyennement profonds, limono-sablo-argileux, sablo-argilo-limoneux à argilo-limono-sableux, hydromorphes	1,3	2804	Oligocène	Colline	X		11	BRUNISOL (LEPTIQUE) ISSU D'ARGILE OLIGOCENE	0,25	Sommet de versant/versants pentus	Argile oligocène		
											10	BRUNISOL REDOXIQUE (LEPTIQUE) DE SABLE ARGILEUX A ARGILE SABLEUSE OLIGOCENE	0,45	Versants peu pentus et replats	Argile sableuse oligocène		
											12	REDOXISOL REDUCTIQUE (A REDOXISOL-REDUCTISOL) D'ALLUVIONS-COLLUVIONS	0,25	Zone d'accumulation : bas de versant et talweg	Alluvions-colluvions		
											60	CALCISOL CALCIMAGNESIQUE ARGILEUX	5	Pentes fortes et talus			
			1202	Glacis colluvial des bas de pentes granitiques à sols profonds, sablo-argilo-limoneux à sablo-argileux, hydromorphes	0,6	1367	Colluvion granitique	Glacis	X		13	BRUNISOL COLLUVIAL REDOXIQUE DE COLLUVIONS GRANITIQUES	0,8	Pentes les plus marquées	Colluvions granitiques		
											14	NEOLUVISOL REDOXIQUE DE GLACIS COLLUVIAL GRANITIQUE	0,2	Pentes les plus faibles			Marginale
	1.3	Vallons affluents de la Dore	1301	Vallons d'alluvions récentes à sols profonds, limono-sablo-argileux à argilo-limono-sableux, hydromorphes	0,2	507	Alluvions récentes	Vallons	X		12	REDOXISOL REDUCTIQUE (A REDOXISOL-REDUCTISOL) D'ALLUVIONS-COLLUVIONS	70	Fond de vallon peu pentu	Alluvions-colluvions		
											15	BRUNISOL FLUVIQUE CAILLOUTEUX D'ALLUVIONS-COLLUVIONS RECENTES	30	Reste du vallon			Apports alluviaux torrentiels plus que colluviaux
			1302	Glacis colluvial oligocène à sols bruns et brun lessivés hydromorphes	0,6	1244	Colluvions oligocène	Glacis	X		16	BRUNISOL REDOXIQUE (PACHIQUE) ISSU DE FORMATION SUPERFICIELLE COLLUVIO-ALLUVIALE	75		Formation superficielle colluvio-alluviale		Epais à très épais
											12	REDOXISOL REDUCTIQUE (A REDOXISOL-REDUCTISOL) D'ALLUVIONS-COLLUVIONS	25	Situation d'accumulation	Alluvions-colluvions		
MONTS DU FOREZ MONTAGNARD SUPERIEUR (1000-1200 m)	3.1	Relief des granites et des gneiss	3101	Sommets et versants plutôt rectilignes à pentes fortes à très fortes, principalement boisées à sols superficiels	7,8	16871	Granite et gneiss	Sommets et versants rectilignes	Pentes fortes à très fortes	Principalement boisé	31	LITHOSOL (A REGOSOL) ISSU DE GRANITE	5	Zones d'affleurements dans les abrupts et les	Granite	Principalement forestier	
											53	RANKOSOL (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	10	Zones de pentes fortes	Granite et gneiss		Généralement humifère
											18	ALOCRISOL TYPIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	45		Granite	Forêt et prairie de défriche récente	Sol plus ou moins humifère
											50	ALOCRISOL HUMIQUE ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	20		Granite et gneiss	Forêt et zones de landes	
											19	BRUNISOL DYSTRIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	20		Granite	agricole à prairiale	Sol plus ou moins humifère selon le degré d'ancienneté mise en culture ou
			3102	Versants convexes à pentes moyennes, principalement boisées à sols moyennement profonds	5,8	12478	Granite et gneiss	Versants convexes	Pentes moyennes	Principalement boisé	50	ALOCRISOL HUMIQUE ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	40		Granite et gneiss		
											19	BRUNISOL DYSTRIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	35		Granite		
											51	ALOCRISOL HUMIQUE PODZOLISE ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	15	Nord à nord-est	Granite et gneiss		indice de podzolisation peu
											52	PODZOSOL OCRIQUE ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	5	Nord nord-est très localisé		Sous landes	
											53	RANKOSOL (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	5	Situation découverte et convexité franche,			
			3103	Versants à pentes faibles (à moyennes) et replats, principalement agricoles à sols moyennement profonds	2,1	4452	Granite et gneiss	Versants et replats	Pentes faibles et moyennes	Principalement agricole	19	BRUNISOL DYSTRIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	90		Granite	agricole	
											18	ALOCRISOL TYPIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	10			Forestier ou prairie de défriche récente	
	3.2	Vallons du socle cristallin		Vallons secondaires généralement forestiers à sols d'hydromorphie variable	0,3	732		Vallons secondaires	X	Forestier	44	COLLUVIOSOL REDOXIQUE (A COLLUVIOSOL-REDOXISOL) A REDUCTIQUE ISSU D'ALLUVIONS-COLLUVIONS RECENTES	35	Vallons dont le drainage ext est favorable	Alluvions-colluvions récentes		Fortes contraintes d'engorgement
											42	REDUCTISOL EPIHISTIQUE (A HISTOSOL REDUCTIQUE) DES ALLUVIONS RECENTES DE L'ANCE ET DE L'ARZON	65	Zones d'accumulation tourbescentes	Alluvions récentes		
MONTS DU FOREZ RELIEF CRISTALLIN ET GLACIAIRE DU MONTAGNARD SUPERIEUR (1200-1500 m)	4.1	Relief des granites et des gneiss et des placages glaciaires résiduels	4101	Versants convexes à pentes moyennes, principalement boisées à sols moyennement profonds	1,7	3785	Granite/gneiss/placage glaciaire	Versants convexes	Pentes moyennes	Principalement boisé	51	ALOCRISOL HUMIQUE PODZOLISE ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	5		Granite et gneiss		Gradient altitudinale
											52	PODZOSOL OCRIQUE ISS DE GRANITE ET DE GNEISS	40				
											53	RANKOSOL (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	10				
			4102	Sommets et versants plutôt rectilignes à modérées, à prairies et landes (hors estives), à sols moyennement profonds	0,3	792	Granite/gneiss/placage glaciaire	Sommets et versants rectilignes à modérés	X	Prairies et landes (hors estive)	18	ALOCRISOL TYPIQUE (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE	80		Granite		
											51	ALOCRISOL HUMIQUE PODZOLISE ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	20		Granite et gneiss	Franges boisées ou vieilles landes	
	4.2	Sommets aplanis des estives sur matériaux d'origini glaciaire	4201	Plateau sommital légèrement vallonné, des pelouses d'estives à sols organiques acides à très acides	1,5	3361	Matériaux d'origine glaciaire	Plateau sommital légèrement vallonné	X	Pelouses d'estives	53	RANKOSOL (HUMIFERE) ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	20	Zones de convexité	Granite et gneiss		
											54	PODZOSOLS OCRIQUE HUMIFERE ISSU DE MATERIAUX CRISTALLINS D'ORIGINE GLACIAIRE	30		Matériaux cristallins d'origine glaciaire		Plus forte teneur en MO que US 52
											51	ALOCRISOL HUMIQUE PODZOLISE ISSU DE GRANITE ET DE GNEISS	50		Granite et gneiss		
			4202	Dépressions du plateau sommital humides à très humides (marais et tourbières) à sols tourbescents à tourbeux	0,1	277	Matériaux d'origine glaciaire	Depressions du plateau sommital	X	Marais et tourbières	55	HISTOSOL FIBRIQUE REDUCTIQUE ISSU DE MATERIAUX CRISTALLINS D'ORIGINE GLACIAIRE	60		Matériaux cristallins d'origine glaciaire	Tourbière d'altitude	Entourée du l'US 57
											57	REDUCTISOL HUMIFERE ISSU DE MATERIAUX CRISTALLINS D'ORIGINE GLACIAIRE	10				
											56	ALOCRISOL TYPIQUE ISSU DE MORAINE GRANITIQUE	30		Moraine granitique		

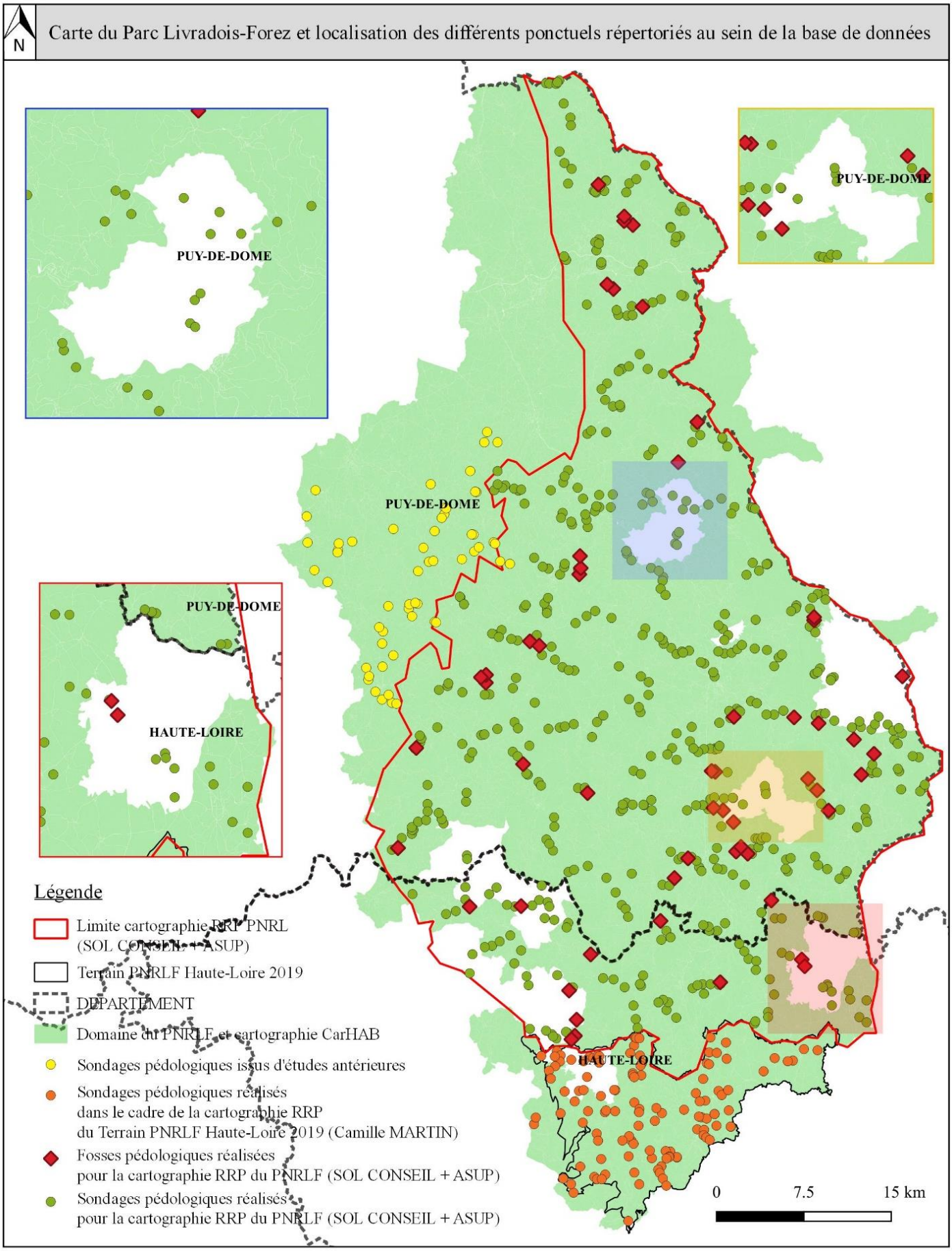
Annexe 13 : Tableau synthétique des GDM du Bassin d'Ambert, des Monts du Forez (1000-1200m) et des Monts du Forez (1200-1500m) répertoriant les différentes UCS et UTS du PNR Livradois-Forez



Annexe 14 : Carte RRP des pédopaysages au 1/250 000 du PNR Livradois-Forez (SOL CONSEIL, ASUP et Camille MARTIN)



Annexe 15 : Carte RRP des pédopaysages du sud du PNR Livradois-Forez partie Haute-Loire 2019 (Camille MARTIN)



Annexe 16 : Localisation des ponctuels répertoriés au sein de la base de données du PNR Livradois-Forez

Classification Référentiel Pédologique (BAIZE, et al., 2008)	Classification CPCS Duchaufour (DUCHAUFOUR, 1977)
LITHOSOL	LITHOSOL
RANKOSOL	RANKER
ALOCRISOL LEPTIQUE	SOL BRUN ACIDE/OCREUX PEU EPAIS
ALOCRISOL-PODZOSOL OCRIQUE	SOL BRUNACIDE/OCREUX-SOL OCRE PODZOLIQUE
BRUNISOL LEPTIQUE	SOL BRUN PEU EPAIS
BRUNISOL	SOL BRUN
CALCISOL	SOL BRUN CALCIQUE
COLLUVIOSOL	SOL COLLUVIAL
ANDOSOL	ANDOSOL
COLLUVIOSOL REDOXIQUE A REDUCTIQUE	SOL COLLUVIAL A PSEUDOGLEY OU GLEY OXYDE
BRUNISOL REDOXIQUE	SOL BRUN A PSEUDOGLEY
FLUVIOSOL JUVENILE	SOL ALLUVIAL
FLUVIOSOL BRUNIFIE-BRUNISOL FLUVIQUE	SOL ALLUVIAL BRUNIFIE
FLUVIOSOL REDOXIQUE A REDUCTIQUE	SOL ALLUVIAL A PSEUDOGLEY OU GLEY OXYDE
REDOXISOL	PSEUDOGLEY
REDUCTISOL	STAGNOGLEY/GLEY
HISTOSOL	TOURBE

Annexe 17 : Tableau des différents types de sol rencontrés sur le PNR Livradois-Forez (classification RP) et équivalent CPCS (Duchaufour)

SONDAGE	X_L93	Y_L93	TYPE_SOL	GEOLOGIE	POSITION_P	ALTITUDE	UC	COMMUNE	EP_H1	EP_H2	EP_H3	EP_H4	PROF_TOT	TACHE_I_H1	TACHE_I_H2	TACHE_I_H3	TACHE_I_H4	%EG_H1	%EG_H2	%EG_H3	%EG_H4	NAF_GLOBAL	NAF_I_H1	NAF_I_H2	NAF_I_H3	NAF_I_H4	PH_1	PH_2	PH_3	PH_H4	COD_CELLULE	COD_PHYSIO	COD_GEO_SE	ETAGE_VEG
Informations générales du sondage									Informations pédologiques																						Informations issues de CarHAB			
162	746483.829999999958090	6500699.610000000335276	ALOCRISOL_PODZOSOL	GRANITE	VERSANT	936	2102	SAINT_AMANT_ROCHE_SAVINE	10	30	40		80	0	0	0		0	0	10		1	1	1	1		4.31	4.44	4.48		PL_SM_M2	PL	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
163	747218.079999999958090	6501130.179999999701977	ALOCRISOL_PODZOSOL	GRANITE	VERSANT	886	2102	LA CHAPELLE_AGNON	20	30	50		50	0	0	0		0	0	0		2	0	1	2		4.76	5.10	5.51		HER_SM_C2	HER	SM_C2	COLLINEEN_SUPERIEUR
164	748616.540000000037253	6500533.190000000409782	ALOCRISOL_PODZOSOL	GRANITE	SOMMET	836	2102	LA CHAPELLE_AGNON	15	20			35	0	0			0	0			2	1	2			4.36	4.29			PL_SM_C4	PL	SM_C4	COLLINEEN_SUPERIEUR
165	750128.119999999995343	6493559.530000000260770	REDUCTISOL	COLLUVIONS_INDIFFERENCIEE	VERSANT	1078	2503	LE MONESTIER	20	30	20		50	3	6	6		0	0	0		0	0	0	0		3.94	4.32	4.59		ZHP_GH_M6	ZHP	GH_M6	MONTAGNARD_INFERIEUR
166	750961.369999999995343	6492887.200000000186265	ALOCRISOL_PODZOSOL	MIGMATITE	REPLAT	1123	2202	LE MONESTIER	10	20	20		30	0	0	0		0	0	0		1	0	0	1		4.31	3.99	4.53		PL_SM_M2	PL	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
167	751104.449999999953434	6492446.339999999850988	ALOCRISOL_PODZOSOL	MIGMATITE	VERSANT	1150	2202	CHAMPETIERES	10	20	50		30	0	0	0		0	0	10		1	0	1	1		3.75	4.06	4.74		FN_SM_M2	FN	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
168	747914.589999999967404	6492174.070000000298023	ALOCRISOL_PODZOSOL	GRANITE	REPLAT	1030	2102	FOURNOLS	5	25	20		30	0	0	0		0	0	0		1	0	0	1		4.43	4.45	4.58		PL_SM_M2	PL	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
169	747376.229999999981374	6491609.299999999813735	HISTOSOL	COLLUVIONS_GRANITE	VALLON	993	2502	FOURNOLS	30	40	30		100	0	0	6		0	0	0		0	0	0	0		5.36	5.00	5.24		PLH_GH_M2	PLH	GH_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
170	746947.079999999958090	6490331.110000000335276	REDUCTISOL	ALLUVIONS	PETITE_VALLEE	952	2501	FOURNOLS	25	25	20		50	2	5	5		0	0	0		0	0	0	0,5		3.84	4.70	5.27		ZHP_GH_C1	ZHP	GH_C1	COLLINEEN_SUPERIEUR
171	750043.819999999948777	6474912.719999999739230	FLUVIOSOL_REDOXIQUE_REDUCTIQUE	ALLUVIONS	PETITE_VALLEE	837	2501	SAINT_ALYRE_DARLANC	20	20			40	0	2			0	0			0	0	0			5.01	5.35			ZHP_GH_C1	ZHP	GH_C1	COLLINEEN_SUPERIEUR
172	749832.079999999958090	6475602.099999999627471	BRUNISOL_LEPTIQUE	MIGMATITE	VERSANT	871	2203	SAINT_ALYRE_DARLANC	15	25			40	0	0			5	10			0	0	0			4.44	4.09			HER_SM_C2	HER	SM_C2	COLLINEEN_SUPERIEUR
173	749500.459999999962747	6475926.950000000186265	ALOCRISOL_PODZOSOL	MIGMATITE	VERSANT	930	2202	SAINT_ALYRE_DARLANC	15	15	20		30	0	0	0		0	0	10		2	2	1	0		4.64	4.56	4.45		FP_SM_C4	FP	SM_C4	COLLINEEN_SUPERIEUR
174	748970.270000000018626	6477007.769999999552965	ALOCRISOL_PODZOSOL	GNEISS	REPLAT	968	2202	DORANGES	10	20	20		30	0	0	0		0	0	0		2	2	1	1		4.74	4.67	5.08		PL_SM_C4	PL	SM_C4	COLLINEEN_SUPERIEUR
175	775502.130000000004657	6486240.870000000111759	ALOCRISOL_PODZOSOL	GRANITE	REPLAT	1125	3102	LA CHAULME	30	30	30		60	0	0	0		0	0	0		1	0	1	0		3.65	4.31	4.66		RECOF_SM_M2	RECOF	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
176	775390.800000000046566	6485977.580000000074506	ALOCRISOL_PODZOSOL	GRANITE	VERSANT	1123	3101	LA CHAULME	10	30	50		40	0	0	0		0	0	0		1	0	1	0		3.97	4.35	4.69		FN_SM_M2	FN	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
177	775095.599999999976717	6485678.429999999701977	REDUCTISOL	GRANITE	REPLAT	1145	3102	LA CHAULME	30	30			60	0	6			0	0			0	0	0			4.16	3.90			FP_SM_M2	FP	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
178	773467.140000000013970	6485836.360000000335276	BRUNISOL_LEPTIQUE	GRANITE	PENTE	1154	3103	LA CHAULME	20	15			35	0	0			0	0			0	0	0			5.03	5.82			HER_SM_M2	HER	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
179	770386.219999999972060	6484159.070000000298023	BRUNISOL_REDOXIQUE	ALLUVIONS	TERRASSE	866	2500	EGLISOLLES	20	30			50	0	5			0	0			0	0	0			4.24	4.96			PL_SM_C2	PL	SM_C2	COLLINEEN_SUPERIEUR
180	770546.900000000023283	6483050.969999999739230	BRUNISOL	GRANITE	SOMMET	1015	2101	EGLISOLLES	10	30	30		40	0	0	0		0	10	10		0	0	0	0		3.79	4.52	4.71		FN_SM_M2	FN	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
181	770435.130000000004657	6483437.549999999813735	ALOCRISOL_PODZOSOL	GRANITE	VERSANT	966	2101	EGLISOLLES	15	25	40		40	0	0	0		0	0	0		1	1	1	0		3.85	4.34	4.70		PL_SM_M2	PL	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
182	769688.520000000018626	6482594.980000000447035	REDUCTISOL	ALLUVIONS_COLLUVIONS	PETITE_VALLEE	869	2501	EGLISOLLES	10	30	30		40	3	6	6		0	0	0		0	0	0	0		5.76	4.83	5.05		ZHP_GH_C1	ZHP	GH_C1	COLLINEEN_SUPERIEUR
183	768669.420000000041910	6478586.459999999962747	BRUNISOL	GRANITE	REPLAT	867	2101	SAUVESSANGES	15	35	30		50	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0		4.20	4.68	4.78		PL_SM_C4	PL	SM_C4	COLLINEEN_SUPERIEUR
184	768795.209999999962747	6478822.599999999627471	REDUCTISOL	COLLUVIONS_GRANITE	VALLON	847	2501	SAUVESSANGES	15	30			45	2	6			0	0			0	0	0			4.12	4.59			PLH_GH_C1	PLH	GH_C2	COLLINEEN_MOYEN
185	768179.819999999948777	6478189.019999999552965	BRUNISOL	GNEISS	VERSANT	954	2104	SAUVESSANGES	25	20			25	0	0			0	0			0	0	0			4.89	4.91			CU_SM_M2	CU	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
186	767124.140000000013970	6479007.379999999888241	BRUNISOL	GNEISS	VERSANT	1023	3101	SAUVESSANGES	10	30	20		40	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0,5		4.85	4.58	4.74		FN_SM_M2	FN	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
187	766340.280000000027940	6479352.209999999962747	ALOCRISOL_PODZOSOL	GNEISS	PLATEAU	1060	3102	SAUVESSANGES	20	30	20		50	0	0	2		0	0	0		1	1	0	0		4.09	4.29	4.57		FN_SM_M2	FN	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
188	766084.500000000000000	6480078.700000000186265	ALOCRISOL_PODZOSOL	GRANITE	PLATEAU	1084	3103	SAUVESSANGES	30	30	30		60	0	0	0		2	0	0		1	0	1	1		4.21	4.80	5.10		CU_SM_M2	CU	SM_M2	MONTAGNARD_INFERIEUR
189	745198.329999999958090	6539019.330000000074506	BRUNISOL_LEPTIQUE	COLLUVIONS_GRANITE	FOND_DE_VALLON	454	2501	CHATELDON	15	35			50	0	0			0	0			0	0	0			4.23	4.59			FN_SM_C2	FN	SM_C2	COLLINEEN_MOYEN
190	744577.599999999976717	6539515.790000000037253	ALOCRISOL_LEPTIQUE	GRANITE	VERSANT	469	2501	CHATELDON	10	15			10	0	0			5	35			2	0	2			4.50	4.78			FN_SM_C1	FN	SM_C1	COLLINEEN_MOYEN
191	744152.449999999953434	6540504.009999999776483	RANKOSOL	GRANITE	VERSANT	609	2103	CHATELDON	30				30	0				10				0	0				5.40				HER_SM_C4	HER	SM_C4	COLLINEEN_SUPERIEUR
192	745137.640000000013970	6542736.269999999552965	RANKOSOL	GRANITE	VERSANT	604	2103	LACHAUX	30				30	0				10				0	0				5.15				HER_SM_C3	HER	SM_C3	COLLINEEN_MOYEN

Annexe 18 : Exemple de l'agencement de la base de données finale utilisée pour réaliser le parallèle entre le sol et la végétation

Grands types de sol \ Séries/géoséries	GH_C1	GH_C15	GH_C2	GH_C3	GH_M2	GH_M3	GH_M6	Total 1_Nappe perchée-petit ruisseau	GH_C9	GH_C11	Total 2_alluviale	GH_M4	GH_M5	Total 3_ZH-montagnard	GM_C1
RANKOSOL					14,3			1,6							20,0
ALOCRISOL_LEPTIQUE															
ALOCRISOL_PODZOSOL				16,7				1,6							
BRUNISOL_LEPTIQUE															6,7
BRUNISOL	2,4		50,0					3,1							20,0
CALCISOL															
ANDOSOL															
COLLUVIOSOL	2,4							1,6							6,7
FLUVIOSOL_BRUNIFIE_BRUNISOL_FLUVIQUE						20,0		1,6							
FLUVIOSOL_JUVENILE									100,0	40,0	50,0				
BRUNISOL_REDOXIQUE	2,4	100,0						3,1		20,0	16,7				13,3
COLLUVIOSOL_REDOXIQUE_REDUCTIQUE	7,1			16,7				6,3							
FLUVIOSOL_REDOXIQUE_REDUCTIQUE	7,1			16,7	14,3			7,8		20,0	16,7				
REDOXISOL_REDOXISOL_REDUCTIQUE	21,4					20,0		15,6							33,3
REDUCTISOL	47,6		50,0	50,0	57,1	40,0	100,0	48,4		20,0	16,7				
HISTOSOL	9,5				14,3	20,0		9,4				100,0	100,0	100,0	
Total général du nombre de sondage par série/géosérie	42	1	2	6	7	5	1	64	1	5	6	2	1	3	15

Grands types de sol \ Séries/géoséries	GM_C2	SM_C1_F	SM_C1_O	Total 11_sol colluvionné	SM_C2_F	5_Collinéen-ferme-sol épais	SM_C2_O	7_Collinéen-ouvert-sol épais	SM_C3_F	SM_C4_F	Total 6_Collinéen-ferme-sol peu épais	SM_C3_O	SM_C4_O	Total 8_Collinéen-ouvert-sol peu épais
RANKOSOL					5,2	5,2	9,0	9,0	13,2	14,5	14,0	19,7	14,0	17,3
ALOCRISOL_LEPTIQUE		40,0		22,2	5,2	5,2	1,5	1,5	13,2	14,5	14,0	1,6		1,0
ALOCRISOL_PODZOSOL		20,0		11,1	12,1	12,1	3,0	3,0	18,4	25,5	22,6	3,3	7,0	4,8
BRUNISOL_LEPTIQUE	21,9	20,0		11,1	20,7	20,7	14,9	14,9	31,6	10,9	19,4	21,3	27,9	24,0
BRUNISOL	18,8		25,0	11,1	29,3	29,3	29,9	29,9	21,1	34,5	29,0	39,3	34,9	37,5
CALCISOL														
ANDOSOL														
COLLUVIOSOL	6,3	20,0	50,0	33,3	13,8	13,8	16,4	16,4	2,6		1,1	8,2	11,6	9,6
FLUVIOSOL_BRUNIFIE_BRUNISOL_FLUVIQUE	6,3				1,7	1,7								
FLUVIOSOL_JUVENILE	9,4						1,5	4,5						
BRUNISOL_REDOXIQUE	18,8				1,7	1,7	4,5	1,5				6,6	4,7	5,8
COLLUVIOSOL_REDOXIQUE_REDUCTIQUE														
FLUVIOSOL_REDOXIQUE_REDUCTIQUE	12,5		25,0	11,1			4,5	4,5						
REDOXISOL_REDOXISOL_REDUCTIQUE	6,3				8,6	8,6	10,4	10,4						
REDUCTISOL					1,7	1,7	4,5	4,5						
HISTOSOL														
Total général du nombre de sondage par série/géosérie	32	5	4	9	58	58	67	67	38	55	93	61	43	104

Grands types de sol \ Séries/géoséries	SM_C9	SM_M2_F	9_Montagnard inf-fermé	SM_M2_O	10_Montagnard inf-ouvert	SM_M3	SM_M4	SM_M5	SM_M6	Total 4_Montagnard-sup	SM_S1a	Total général du nombre de sondage par type de sol
RANKOSOL	35,0	3,4	3,4	5,4	5,4			10,0		9,1		59
ALOCRISOL_LEPTIQUE		21,0	21,0	13,5	13,5			10,0		9,1		52
ALOCRISOL_PODZOSOL		40,3	40,3	21,6	21,6			65,0	100,0	68,2	100,0	109
BRUNISOL_LEPTIQUE	15,0	10,9	10,9	16,2	16,2							96
BRUNISOL	15,0	16,8	16,8	24,3	24,3		40,0	10,0		9,1		151
CALCISOL	5,0											1
ANDOSOL							20,0					1
COLLUVIOSOL	30,0	3,4	3,4	8,1	8,1		40,0					52
FLUVIOSOL_BRUNIFIE_BRUNISOL_FLUVIQUE												4
FLUVIOSOL_JUVENILE												7
BRUNISOL_REDOXIQUE												21
COLLUVIOSOL_REDOXIQUE_REDUCTIQUE												4
FLUVIOSOL_REDOXIQUE_REDUCTIQUE						100,0						15
REDOXISOL_REDOXISOL_REDUCTIQUE		3,4	3,4									33
REDUCTISOL		0,8	0,8	8,1	8,1			5,0		4,5		41
HISTOSOL				2,7	2,7							10
Total général du nombre de sondage par série/géosérie	20	119	119	37	37	1	5	20	2	22	1	656

[0-1 %[
[1-10 %[
[10-20 %[
[20-30 %[
[30-50 %[
[50-70 %[
[70-100 %[
100%
occurrence < 10

Annexe 19 : Tableau de contingence final permettant d'établir les liens entre les types de sol et les types de végétation du PNR Livradois-Forez

SERIE-GEOSERIE	Milieu et regroupement	Caractères édaphiques principaux	Type de sol dominant
GH_C1 GH_C15 GH_C2 GH_C3 GH_M2 GH_M3 GH_M6 *GH_C4* *GH_C16* *GH_C17*	1_Nappe perchée-petit ruisseau	REDUCTISOL/REDOXISOL	REDUCTISOL
GH_C11 GH_C9 *GH_C10* *GH_C12* *GH_C13* *GH_C18*	2_alluviale	FLUVIOSOL JUVENILE/BRUNISOL REDOXIQUE/FLUVIOSOL REDOXIQUE	FLUVIOSOL JUVENILE
GH_M4 GH_M5	3_ZH-montagnard	HISTOSOL	HISTOSOL
SM_M5 SM_M6 *SM_S1a* *SM_S1b* *SM_S1c*	4_Montagnard-sup	ALOCRISOL-PODZOSOL	ALOCRISOL-PODZOSOL
SM_C2_F	5_Collinéen-ferme-sol épais	BRUNISOL/BRUNISOL LEPTIQUE/COLLUVIOSOL	BRUNISOL
SM_C3_F SM_C4_F *SM_C6_F*	6_Collinéen-ferme-sol peu épais	BRUNISOL/ALOCRISOL-PODZOSOL/BRUNISOL LEPTIQUE	BRUNISOL
SM_C2_O	7_Collinéen-ouvert-sol épais	BRUNISOL/COLLUVIOSOL/BRUNISOL LEPTIQUE	BRUNISOL
SM_C3_O SM_C4_O *SM_C6_O*	8_Collinéen-ouvert-sol peu épais	BRUNISOL/BRUNISOL LEPTIQUE/RANKOSOL	BRUNISOL/BRUNISOL LEPTIQUE/RANKOSOL
SM_M2_F *SM_M3_F*	9_Montagnard inf-fermé	ALOCRISOL-PODZOSOL/ALOCRISOL LEPTIQUE/BRUNISOL	ALOCRISOL-PODZOSOL
SM_M2_O *SM_M3_O*	10_Montagnard inf-ouvert	BRUNISOL/ALOCRISOL-PODZOSOL/BRUNISOL LEPTIQUE	BRUNISOL
SM_C1_F SM_C1_O	11_sol colluvionné	COLLUVIOSOL/ALOCRISOL LEPTIQUE/BRUNISOL	COLLUVIOSOL
SM_C9 *SM_C8*	Collinéen sol volcanique	RANKOSOL/COLLUVIOSOL/BRUNISOL (volcanique)	RANKOSOL (volcanique)
SM_M4	Montagnard inférieur sol volcanique	BRUNISOL/COLLUVIOSOL/ANDOSOL (volcanique)	BRUNISOL (volcanique)
GM_C2	Bassin d'Ambert	BRUNISOL LEPTIQUE/BRUNISOL/BRUNISOL REDOXIQUE	BRUNISOL
GM_C1	Bassin périphérique Plaine et Varennes	REDOXISOL/BRUNISOL/RANKOSOL	BRUNISOL (possiblement rédoxique à rédoxisol)
SM_C13	Collinéen substrat carbonaté	BRUNISOL/CALCICOL/VERTISOL	BRUNISOL (possiblement calcaire/calcique)
GX-C17 *GX-C15* *SX-C3*	Dalles et escarpements rocheux	LITHOSOL	LITHOSOL
SX-C5 *SX-C11*	Eboulis	PEYROSOL	PEYROSOL
GH_A1 *GH_A2* *GH_A3* *GH_C14* *GH_C5* *GH_M1*		PLAN D'EAU	

Série-géoséries pertinentes, regroupées en conditions écologiques similaires

Série-géoséries aux caractères édaphiques/type de sol dominant définis par dire d'expert

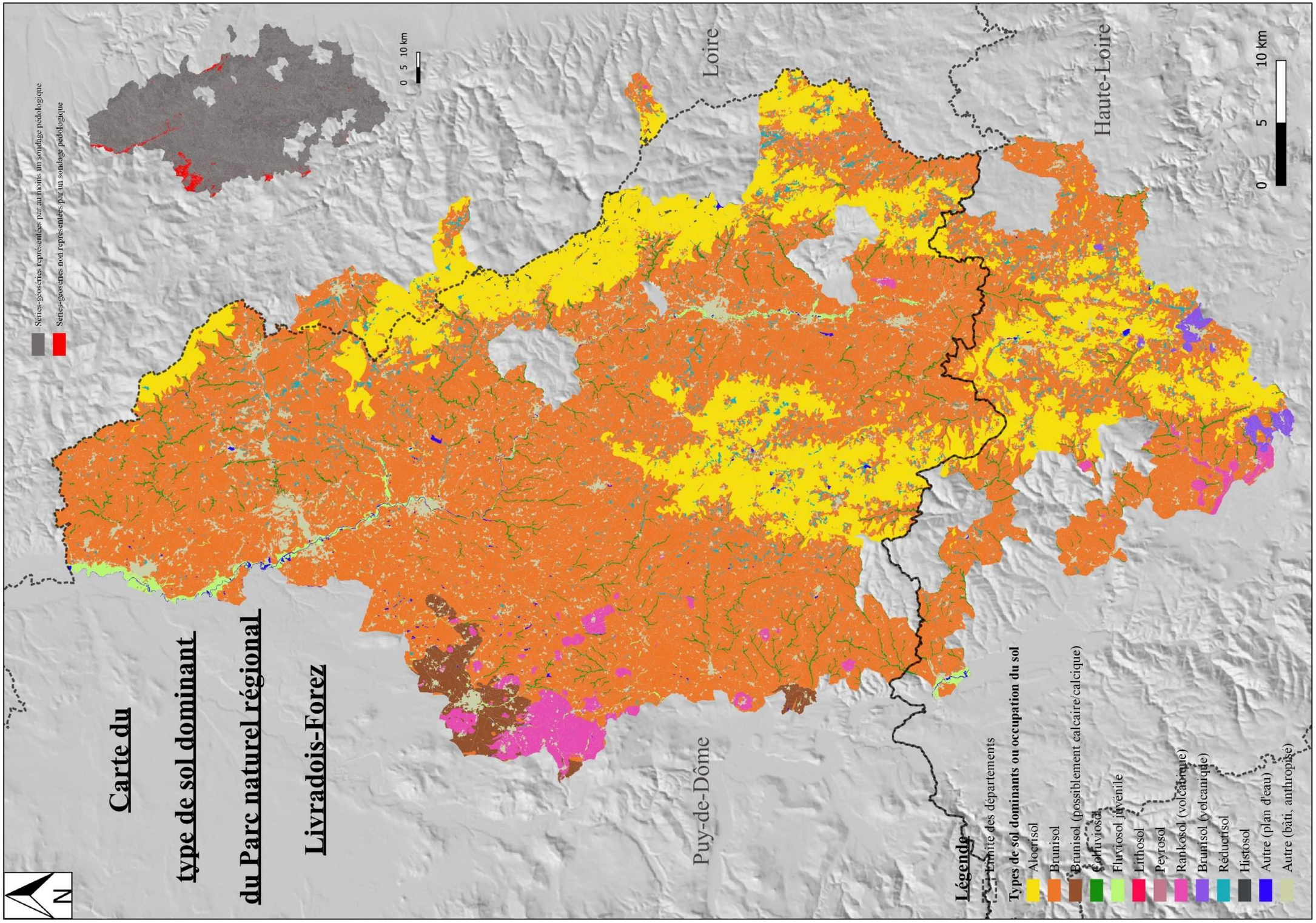
GH_C999 Série-géoséries non proxpectées de manière pédologique

Annexe 20 : Tableau des séries et géoséries présentent sur le territoire du PNR Livradois-Forez et types de sol dominants ou principaux caractères édaphiques associés

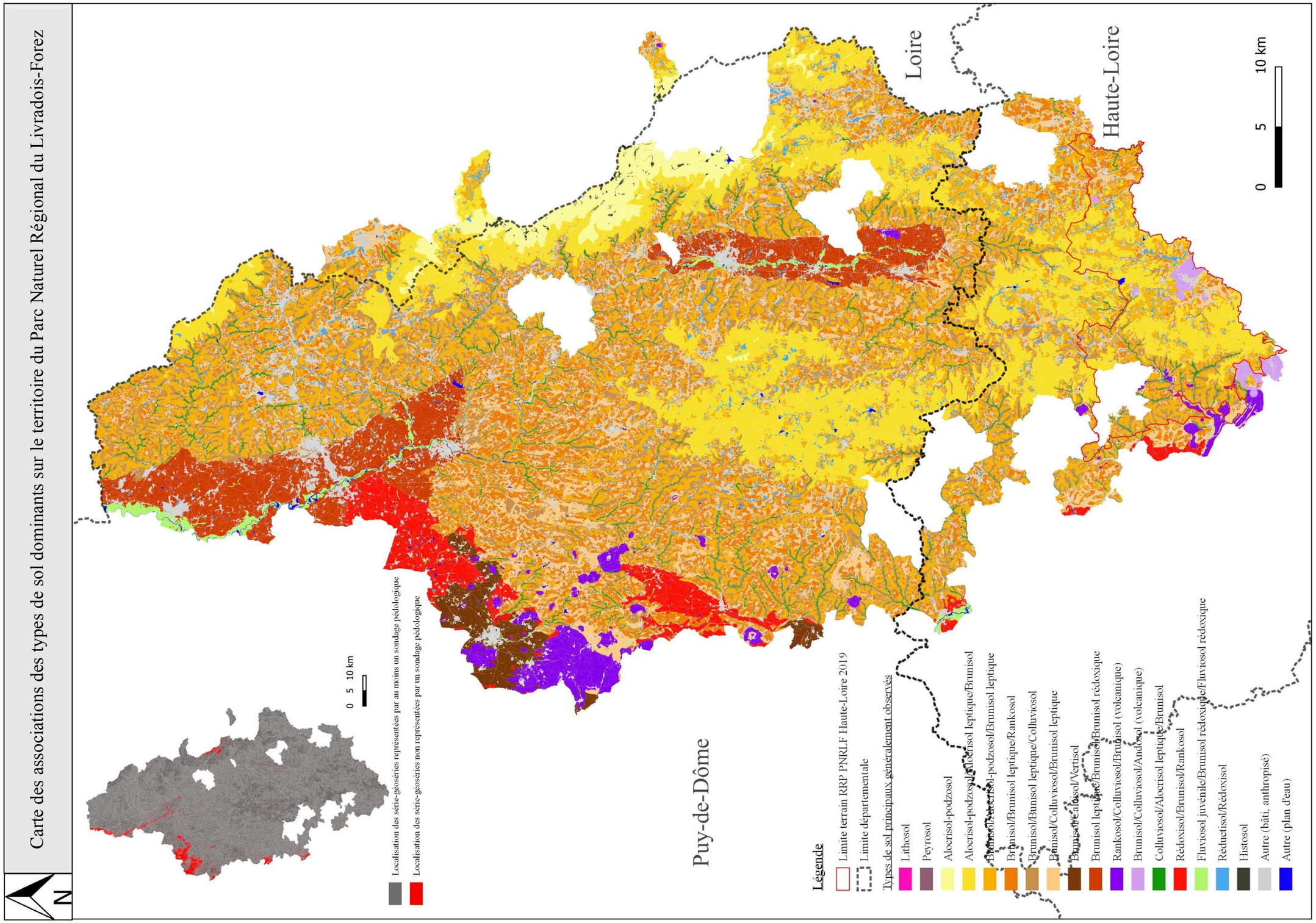
Regroupement de séries et géoséries	Type de sol	Pourcentage par série/géoséries
1_Nappe-perchee-petit-ruisseau	REDOXISOL	24,4
	REDUCTISOL	75,6
10_Montagnard-inferieur-ouvert	ALOCRISOL LEPTIQUE	17,9
	ALOCRISOL-PODZOSOL	28,6
	BRUNISOL LEPTIQUE	21,4
	BRUNISOL	32,1
11_Sol-colluvionne	ALOCRISOL LEPTIQUE	22,2
	ALOCRISOL-PODZOSOL	11,1
	BRUNISOL LEPTIQUE	11,1
	BRUNISOL	11,1
	COLLUVIOSOL	33,3
	FLUVIOSOL REDOXIQUE REDUCTIQUE	11,1
5_Collineen-ferme-sol-epais	ALOCRISOL-PODZOSOL	15,9
	BRUNISOL LEPTIQUE	27,3
	BRUNISOL	38,6
	COLLUVIOSOL	18,2
6_Collineen-ferme-sol-peu-epais	RANKOSOL	14,1
	ALOCRISOL LEPTIQUE	14,1
	ALOCRISOL-PODZOSOL	22,8
	BRUNISOL LEPTIQUE	19,6
	BRUNISOL	29,3
7_Collineen-ouvert-sol-epais	BRUNISOL LEPTIQUE	20,8
	BRUNISOL	41,7
	COLLUVIOSOL	22,9
	REDOXISOL	14,6
8_Collineen-ouvert-sol-peu-epais	RANKOSOL	22,0
	BRUNISOL LEPTIQUE	30,5
	BRUNISOL	47,6
9_Montagnard-inferieur-ferme	ALOCRISOL LEPTIQUE	23,6
	ALOCRISOL-PODZOSOL	45,3
	BRUNISOL LEPTIQUE	12,3
	BRUNISOL	18,9
Montagnard inférieur sol volcanique	BRUNISOL (volcanique)	40,0
	COLLUVIOSOL (volcanique)	40,0
	ANDOSOL	20,0

Les types de sol ayant un pourcentage inférieur à 10 % ont été considérés comme étant du bruit. Ils n'ont donc pas été retenus pour établir le modèle final. Afin de rééquilibrer les pourcentages restants,, une règle de Troie a été appliquée pour recouvrir un total de 100 % sur chaque regroupement.

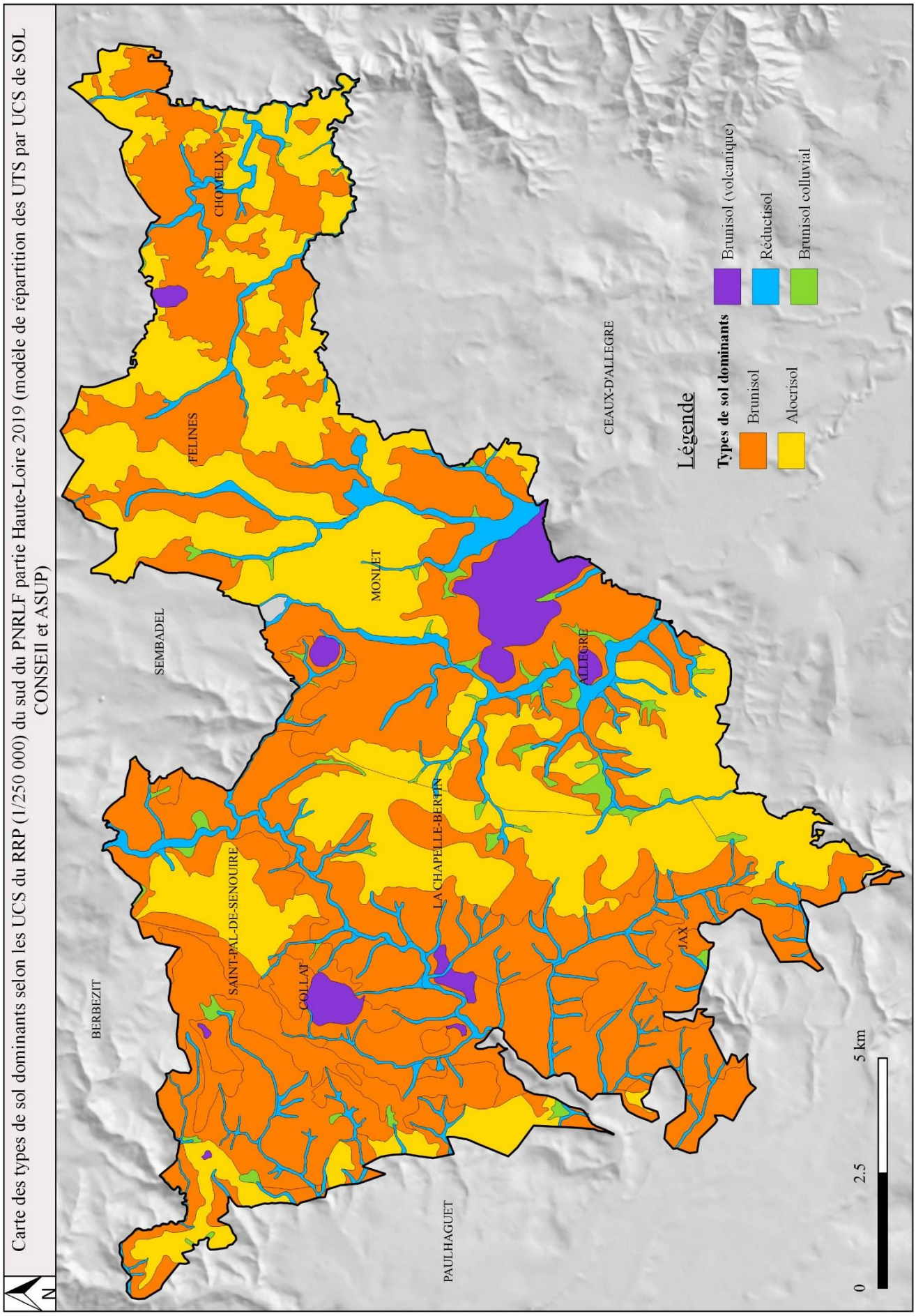
Annexe 21 : Modèle final basé sur la végétation, utilisé pour informer de façon unique chaque polygone d'UCS de la carte RRP



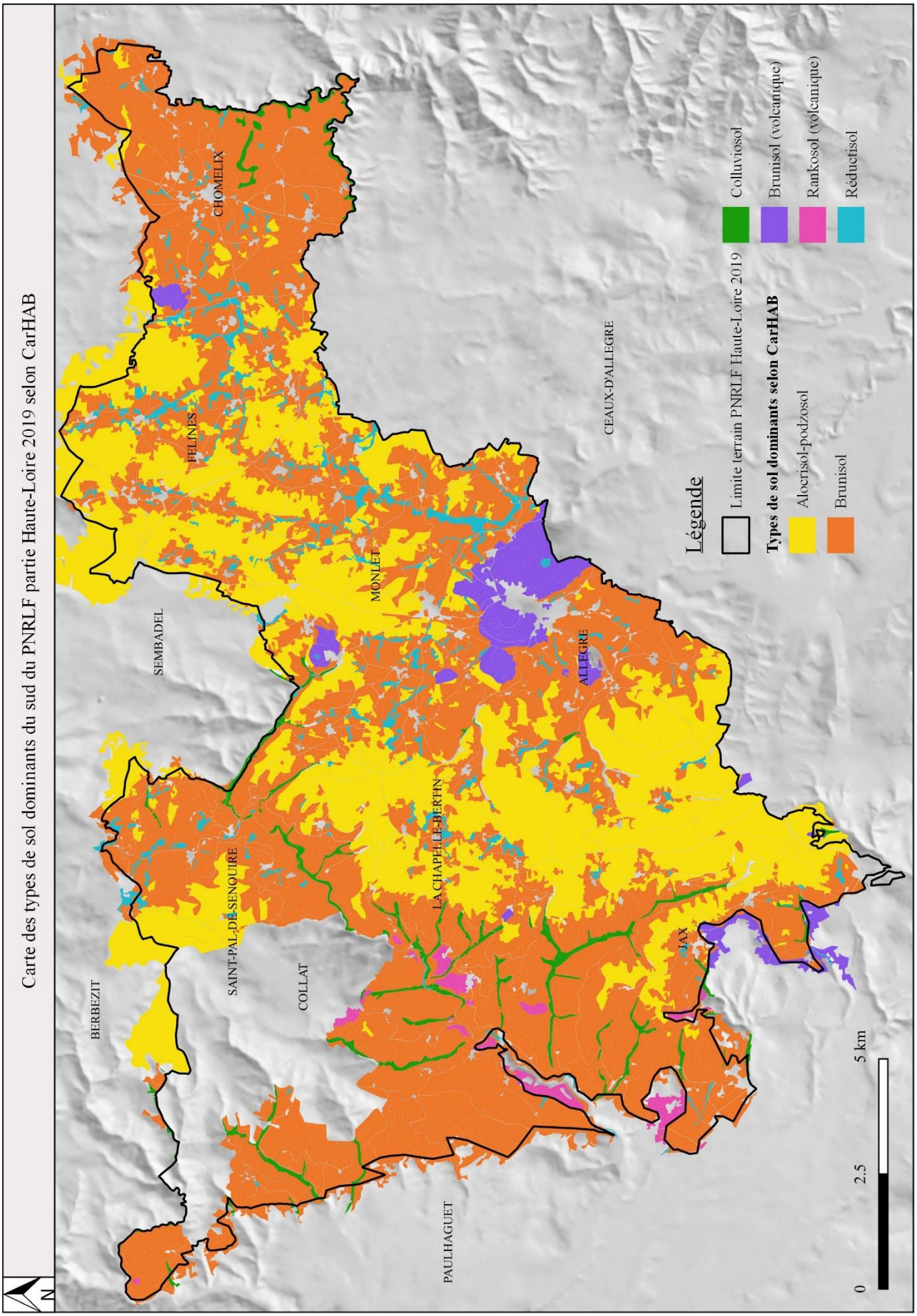
Annexe 22 : Carte au 1/25 000 des types de sol dominants du PNR Livradois-Forez



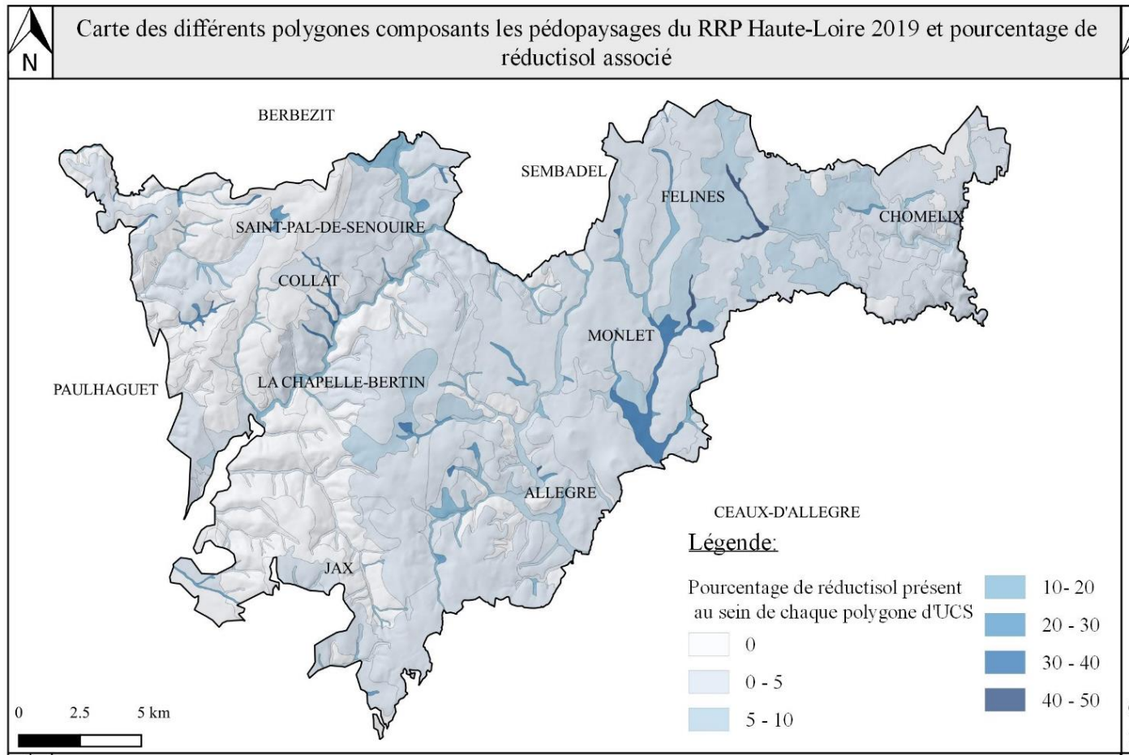
Annexe 23 : Carte CarHAB au 1/25 000 des associations des types de sol dominants du PNR Livradois-Forez

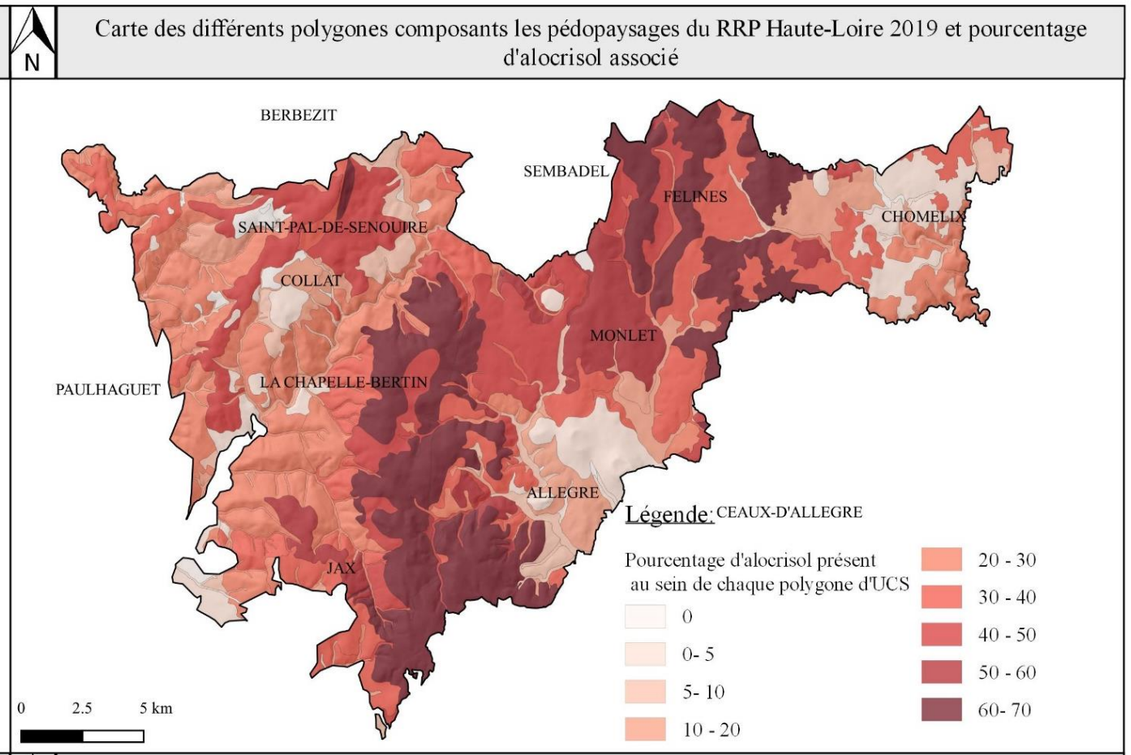


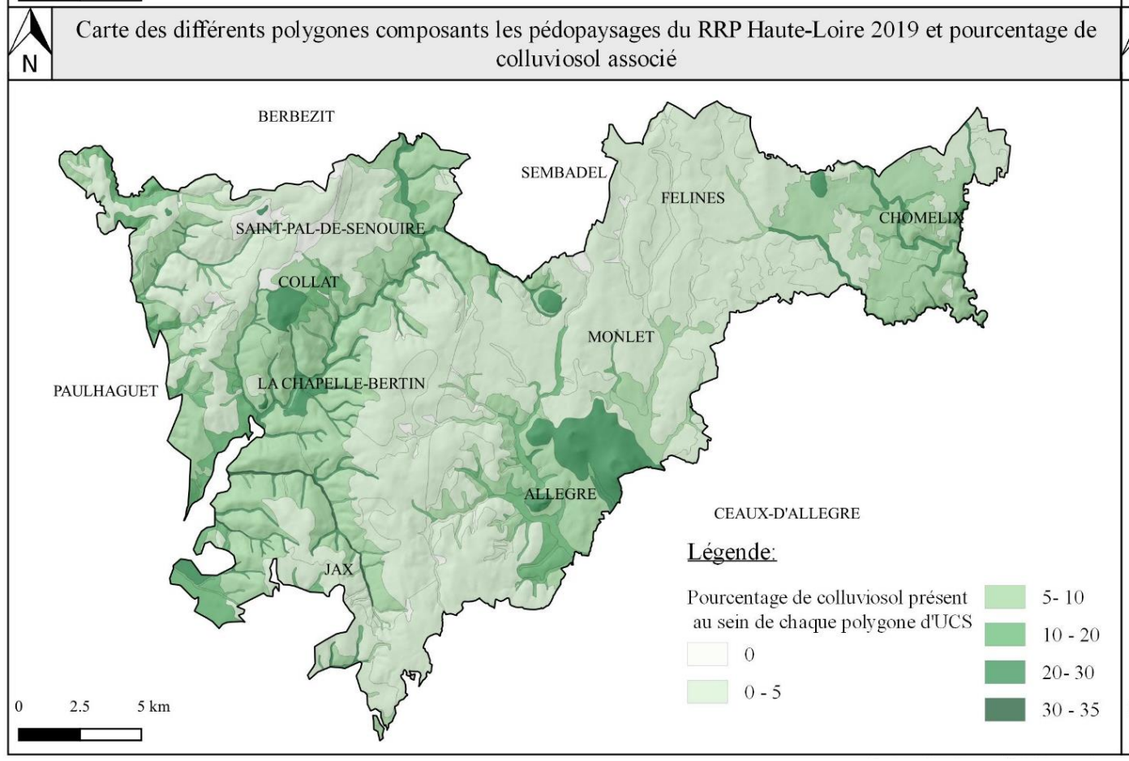
Annexe 24 : Carte des types de sol dominants par UCS de la partie sud du PNRLF Haute-Loire 2019 établi selon le modèle pédologique de composition d'UTS par UCS des bureaux d'études SOL CONSEIL et ASUP

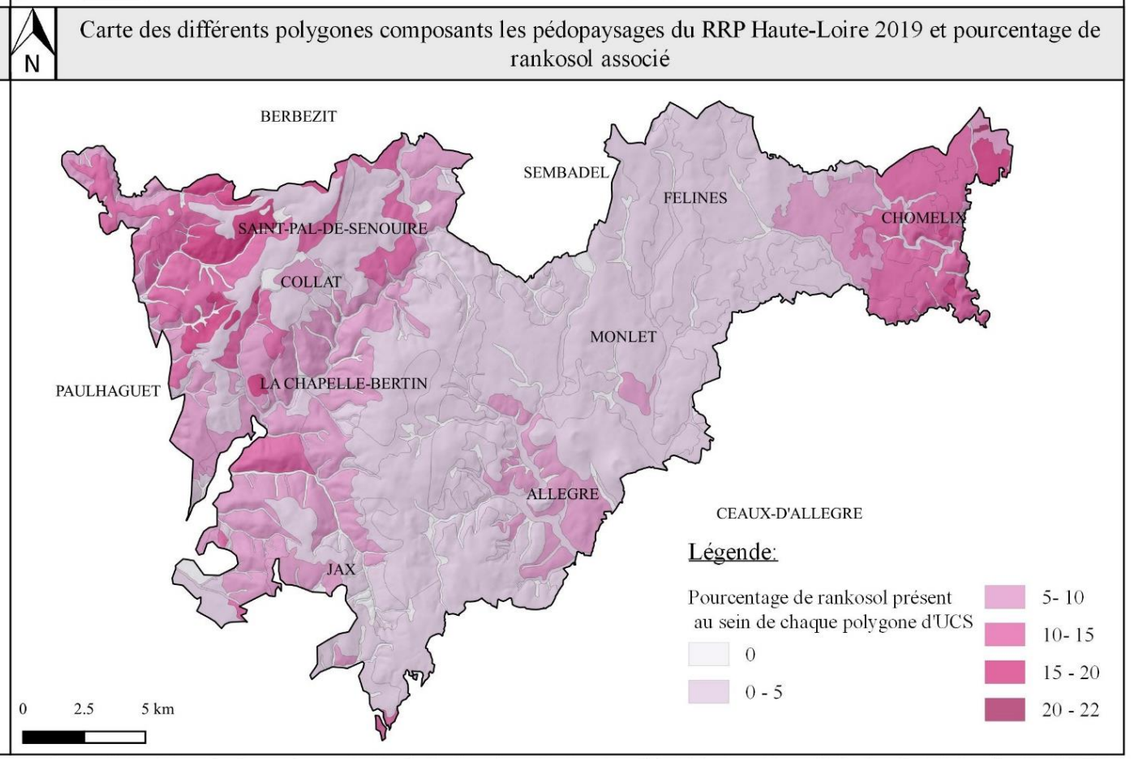


Annexe 25 : Carte des types de sol dominants de la partie sud du PNRLF Haute-Loire 2019 établi selon le tableau de contingence reliant les types de sol à la végétation (CarHAB)









Annexe 26 : Cartes des différents polygones composants les pédopaysages du RRP Haute-Loire 2019 et pourcentages de Réductisol, Colluviosol, Alocrisol et Rankosol associés

Méthodologie utilisant une carte des végétations (CarHAB) en vue de préciser les informations pédologiques de la carte des pédopaysages (RRP) à l'échelle du PNR Livradois-Forez

Résumé :
Ce rapport de stage traite des relations existant entre le sol et la végétation. Il a été rédigé dans le cadre d'un stage permettant le début d'un partenariat entre le Conservatoire Botanique national du massif Central et l'établissement VetAgro Sup. Il est globalement divisé en deux parties. La première est une partie bibliographique sur la phytosociologie paysagère, la pédologie et les paramètres écologiques du milieu qui permettent de réaliser le parallèle entre les deux sujets de l'étude. Elle permet d'introduire la thématique du stage et aborde les différentes méthodes d'étude des liens résidant entre le sol et la végétation.
La seconde partie est une partie relative au travail personnel réalisé durant ces 5 mois et demi de stage sur le territoire du PNR Livradois-Forez. Afin de mettre en évidence les liens résidant entre le sol et la végétation, une superposition cartographique d'informations provenant de la carte CARHAB du PNR Livradois-Forez et des données ponctuelles disponibles issues de la cartographie des pédopaysages (Référentiel Régional Pédologique) du PNR Livradois-Forez a été réalisée. A l'issue de cette superposition cartographique, un tableau de contingence permettant de vérifier l'existence desdits liens a été construit. Il permet également de faire certaines correspondances entre des types de sols et des types de végétation. Grâce à ce tableau, des cartes des types de sol dominants au 1/25 000ème du PNR Livradois-Forez basées sur le découpage des cartes CarHAB, ont pu être construites. La seconde partie de ce rapport traite également de la méthode mise au point afin d'informer de façon unique la composition en sol des polygones de la carte des pédopaysages. Cette méthode apporte une plus-value à la carte des pédopaysages en la précisant davantage. Des exemples de construction cartographique résultant de cette méthode sont également présentés au sein de la dernière partie de ce rapport écrit.

Abstract :
This paper talk about the relationships between soil and vegetation. It was written as part of an internship allowing the beginning of a partnership between the National Botanical Conservatory of the Massif Central and VetAgro Sup. It is divided into two sections. The first is a bibliographic section on phytosociology, pedology and ecological parameters of the environment. It allows the issue of the internship and also highlights some different methods of studying the links between the soil and vegetation.
The second section is relating to the personal work that has been conducted in these internship period on the Regional Nature Park of the Livradois-Forez. In order to identify the links between the soil and the vegetation, a cartographic overlay of information from the CARHAB map and the available point data from the cartography of soil landscapes (Regional Pedagogical Referential) of the Livradois-Forez RNP has been realized. From this cartographic overlay, a contingency table has been constructed to check the existence of fundamental relationships between soil and vegetation. It also allows for matching soil types and vegetation types. Using this table, 1 / 25,000th dominant soil type maps of Livradois-Forez RNP have been constructed. The second part of this report also discusses about the method developed to uniquely inform the soil composition of polygons on the landscape map. This method adds value to the landscape map by making it more specific. Examples of cartographic construction resulting from this method are also presented in this section.

Mots clefs : sol, pédopaysage, phytosociologie, CarHAB, cartographie, PNR Livradois-Forez