



AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

Vb ML580

SMz 97125
vol.2

Université de METZ
R SciFA

Centre de Recherches Ecologiques
Laboratoire de Phytoécologie

THESE

présentée à l'Université de Metz en vue de l'obtention du grade de
Docteur de l'Université de Metz

Mention: Sciences de la Vie

Spécialité: Hydrobiologie

par

THIEBAUT Gabrielle

EFFETS DES PERTURBATIONS LIEES A L'EUTROPHISATION ET L'ACIDIFICATION DES COURS D'EAU DES VOSGES DU NORD SUR LES PHYTOCENOSSES AQUATIQUES Approche spatio-temporelle et expérimentale.

FIGURES

TABLEAUX

ANNEXES

Soutenue le 5 mai 1997 devant le jury composé de:

Porteurs:

Prof. J. HAURY
Prof. M. TREMOLIERES
Prof. R. CARBIENER
Dr. F. GUEROLD
Dr. J. KVET
Prof. P. VASSEUR
Prof. S. MILLER

ENSA Rennes
Université de Strasbourg
Université de Strasbourg
Université de Metz
Académie des Sciences de Trebon
Université de Metz
Université de Metz

Examineurs

Directeur de thèse

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE METZ



022 420618 7

FIGURES

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE - METZ	
N° inv.	1997054 S
Cote	S/M ₃ 97/25
Loc	Majarin

LISTE DES FIGURES

- Figure 1:** Carte géologique du bassin versant de la Haute Moder (Vosges du Nord).
- Figure 2:** Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Haute Moder.
- Figure 3:** Données climatiques 1972-1995 (station de Mouterhouse).
- Figure 4:** Données climatiques mensuelles dans les Vosges du Nord (1993 - 1995).
- Figure 5:** Carte géologique du bassin versant de la Haute Moder.
- Figure 6:** Données climatiques de la plaine d'Alsace.
- Figure 7:** Carte de localisation des stations d'études sur le bassin versant de la Haute Moder (suivi eutrophisation).
- Figure 8:** Carte de localisation des stations d'étude de la plaine d'Alsace.
- Figure 9:** Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques du Schwarzbach.
- Figure 10:** Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques du Falkensteinbach.
- Figure 11:** Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques de la Zinsel du Nord.
- Figure 12:** Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques du Rothbach.
- Figure 13:** Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques de la Moder.
- Figure 14:** Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques du Mittelbach.
- Figure 15:** Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques du bassin versant de la Moder.
- Figure 16:** Analyse en Composantes Principales "A.C.P." sur les valeurs moyennes des principaux paramètres physico-chimiques (n= 38 stations).
- Figure 17:** Analyse en Composantes Principales "A.C.P." sur les valeurs moyennes des 12 paramètres physico-chimiques (n= 13 stations).
- Figure 18:** Charges critiques d'acidité en Europe.
- Figure 19:** Dépôts atmosphériques de polluants dans le NE de la France.
- Figure 20:** Carte de localisation des stations suivies dans le cadre de l'acidification (Vosges du Nord).
- Figure 21:** Carte de localisation des stations d'étude (massif du Donon).
- Figure 22:** Données climatiques annuelles de la station de Grand-Fontaine (Donon).
- Figure 23:** Variations mensuelles des précipitations en 1995 (Donon).
- Figure 24:** Relations entre les paramètres discriminants de l'acidification (réseau élargi).
- Figure 25:** Analyse en Composantes Principales "A.C.P.1a acidification" sur les valeurs moyennes de 4 paramètres physico-chimiques (n = 41 stations).
- Figure 26:** Carte du degré d'acidification des cours d'eau des Vosges du Nord.
- Figure 27:** Relations entre les paramètres discriminants de l'acidification (réseau restreint).
- Figure 28:** Analyse en Composantes Principales "A.C.P.1b acidification" sur les valeurs moyennes de 4 paramètres physico-chimiques.
- Figure 29:** Variations mensuelles des principaux paramètres (réseau restreint).

Figure 30: Analyse en Composantes Principales "A.C.P. Donon" sur les valeurs moyennes des principaux paramètres physico-chimiques (n= 18 stations).

Figure 31: Carte du degré d'acidification des cours d'eau du massif du Donon.

Figure 32: Analyse en Composantes Principales "A.C.P. Vosges du Nord-Donon" sur les valeurs moyennes des 7 paramètres physico-chimiques (n= 36 stations).

Figure 33: Variations mensuelles du pH, de l'alcalinité et de l'aluminium total.

Figure 34: Variations climatiques mensuelles des précipitations en 1994 et 1995 (Vosges du Nord).

Figure 35: Variations temporelles des différentes catégories d'aluminium.

Figure 36: Moyenne mensuelle en dioxyde de soufre (1991-1992) station de La Petite Pierre.

Figure 37: Moyenne mensuelle en dioxyde d'azote (1991-1992) station de La Petite Pierre.

Figure 38: Esquisse pédologique des Vosges du Nord.

Figure 39: Analyse Factorielle des Correspondances "A.F.C1a" (hydrophytes).

Figure 40: Analyse Factorielle des Correspondances "A.F.C1b" (hydrophytes, algues et bryophytes).

Figure 41: Carte de répartition des groupements végétaux sur les cours d'eau des Vosges du Nord (réseau eutrophisation).

Figure 42: Analyse en Composantes Principales "A.C.P. inter-groupements": variations saisonnières.

Figure 43a: Analyse en Composantes Principales "A.C.P. intra-groupe": variations saisonnières.

Figure 43b: Variations saisonnières intra-groupe des principaux paramètres physico-chimiques.

Figure 44: Analyse en Composantes Principales "A.C.P. inter-groupements": variations inter-annuelles.

Figure 45: Distribution des principales espèces de macrophytes aquatiques en fonction du pH, de l'alcalinité, de l'azote ammoniacal et des orthophosphates.

Figure 46: Répartition des 4 espèces de callitriches en fonction du pH, de l'alcalinité, de l'azote ammoniacal et des orthophosphates.

Figure 47: Distribution des bryophytes en fonction des principaux paramètres de la qualité des eaux (réseau Vosges du Nord).

Figure 48: Le Schwarzbach.

Figure 49: Le Falkensteinbach.

Figure 50: La Zinsel du Nord.

Figure 51: Le Rothbach.

Figure 52: La Moder.

Figure 53: Le Mittelbach.

Figure 54: Comparaison des séquences de bioindication de la trophie entre le Schwarzbach et le Rothbach.

Figure 55: Analyse Factorielle Discriminante "A.F.D." (groupements végétaux) entre les Vosges du Nord et le Ried.

Figure 56: Analyse Factorielle Discriminante "A.F.D" (espèces) entre les Vosges du Nord et le Ried.

Figure 57: Profils écologiques de deux espèces d'élodées pour 4 paramètres physico-chimiques (Ried-Vosges du Nord).

Figure 58: Analyse en Composantes Multiples des relevés végétaux (Bretagne-Lozère-Vosges du Nord)

Figure 59: Composition et variations géographiques du *Callitrichetum hamulatae*.

Figure 60: Variations écologiques du *Callitrichetum hamulatae* et relations avec les autres groupements des rivières.

Figure 61: Distribution des espèces en fonction des principaux paramètres de l'acidification (réseau Vosges du Nord).

Figure 62: Distribution des espèces en fonction des principaux paramètres de l'acidification (réseau Donon).

Figure 63: Protocole expérimental du dosage de l'Activité Nitrate Réductase.

Figure 64: Activité Photosynthétique et Activité Nitrate Réductase de 3 populations d'Elodée du Canada dans 2 milieux de culture.

Figure 65: Activité Photosynthétique et Activité Nitrate Réductase de 3 populations d'Elodée du Canada après une phase d'intoxication ammoniacale.

Figure 66: Comparaison de la longueur des entre-noeuds de rameaux de 3 populations d'Elodée du Canada.

Figure 67: Mesure de l'Activité Nitrate Réductase chez *Elodea nuttallii* et *E. canadensis* après une phase d'intoxication ammoniacale.

Figure 68: Effet d'une nutrition compétitive en NH_4^+ et/ou en NO_3^- sur l'Activité Nitrate Réductase des 2 espèces d'élodées.

Figure 69: Relations entre les orthophosphates et l'azote ammoniacal dans l'eau.

Figure 70: Relations entre le P total foliaire de quelques espèces et les orthophosphates de l'eau.

Figure 71: Relations entre le P total du sédiment et les orthophosphates de l'eau.

Figure 72: Relations entre le P total foliaire de quelques espèces et le P total du sédiment.

Figure 73: Carte de localisation des stations à *Potamogeton polygonifolius* transplantés.

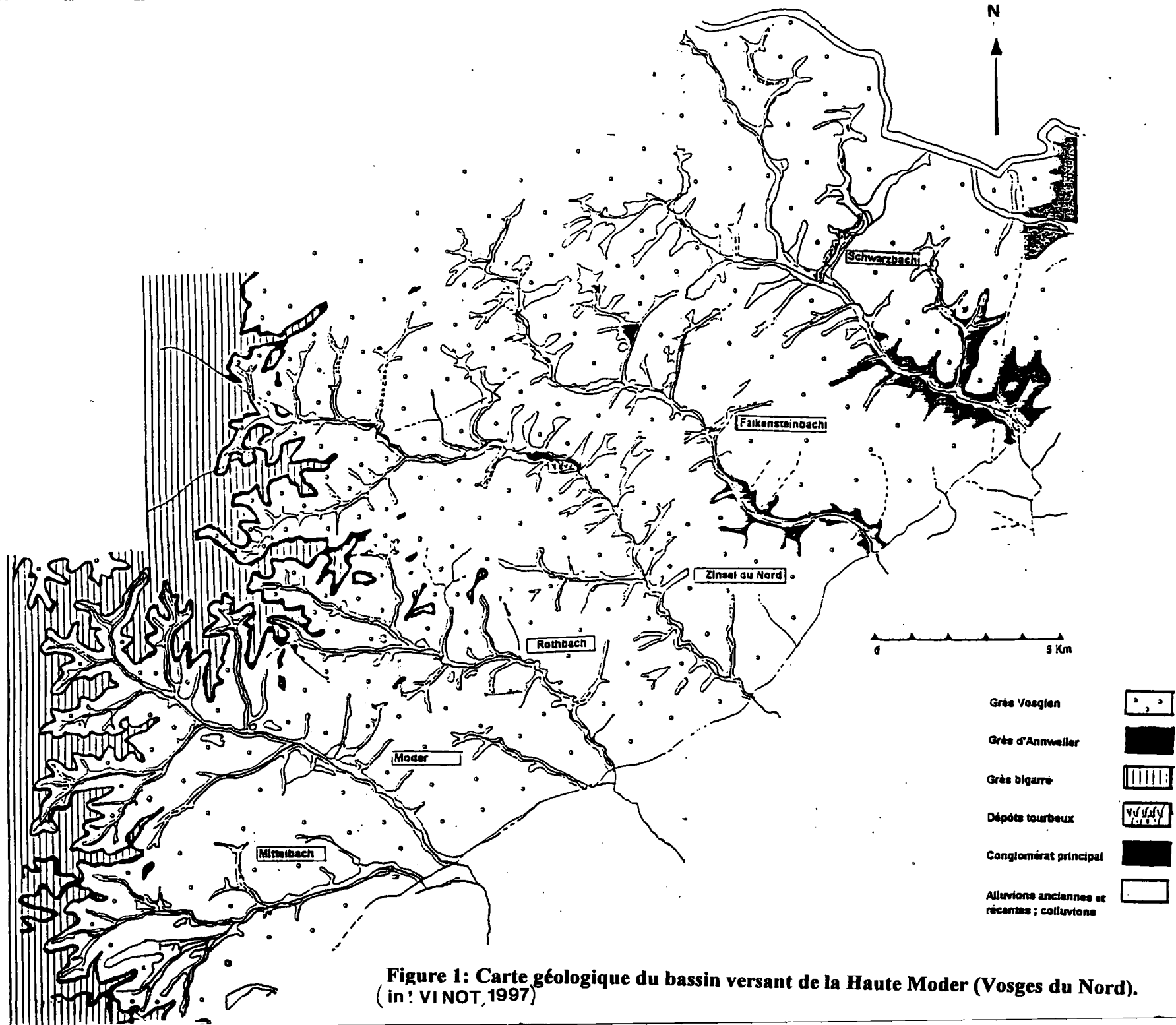


Figure 1: Carte géologique du bassin versant de la Haute Moder (Vosges du Nord).
 (in: VINOT, 1997)

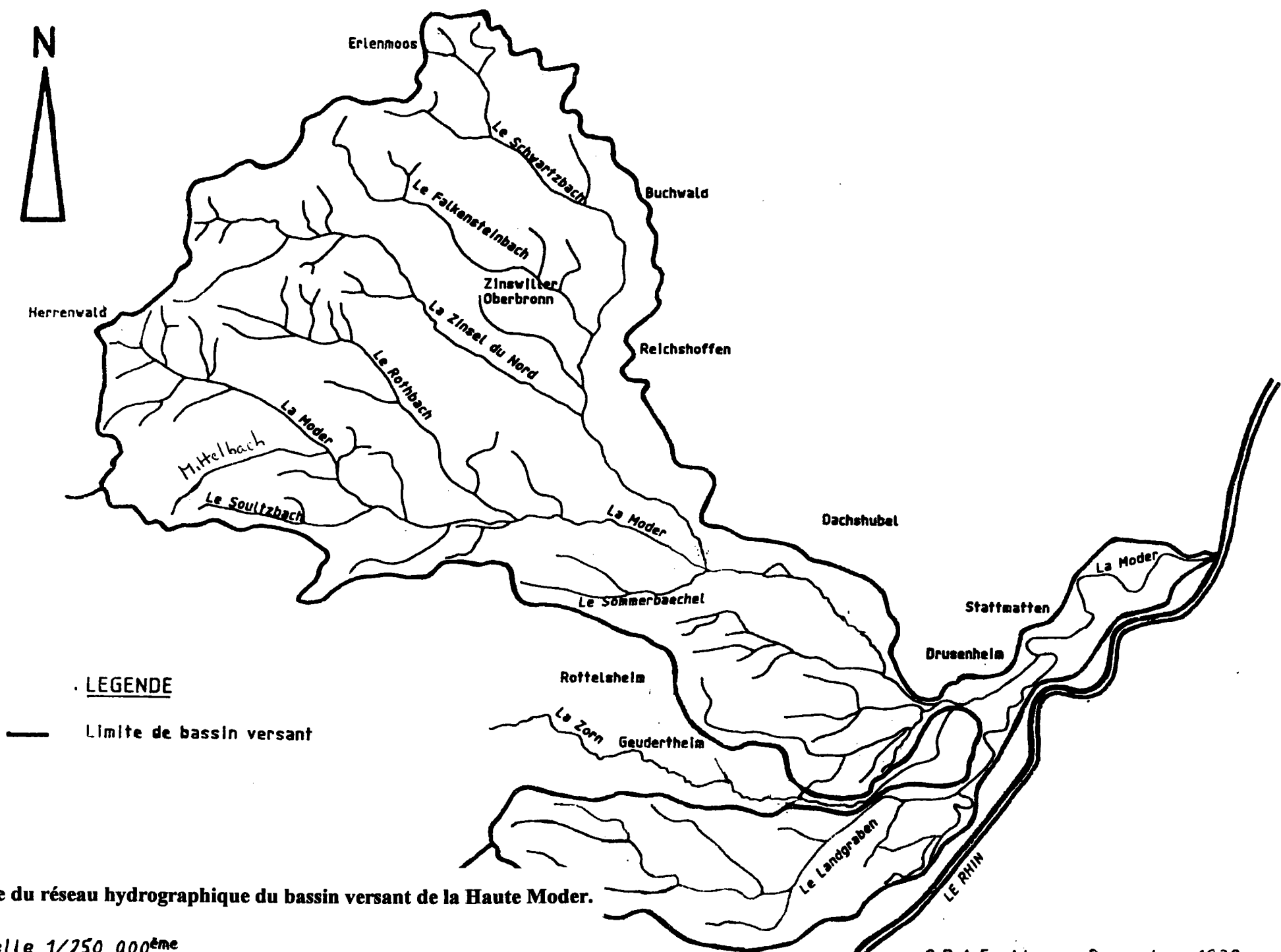


Figure 2: Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Haute Moder.

Echelle 1/250 000^{ème}

S.R.A.E. Alsace Décembre 1988

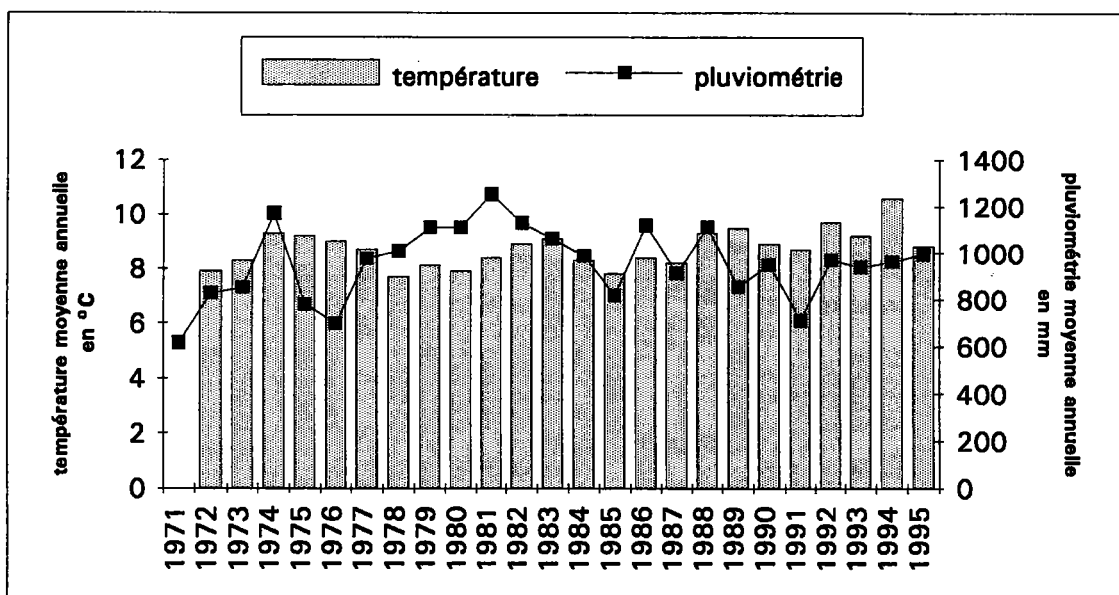
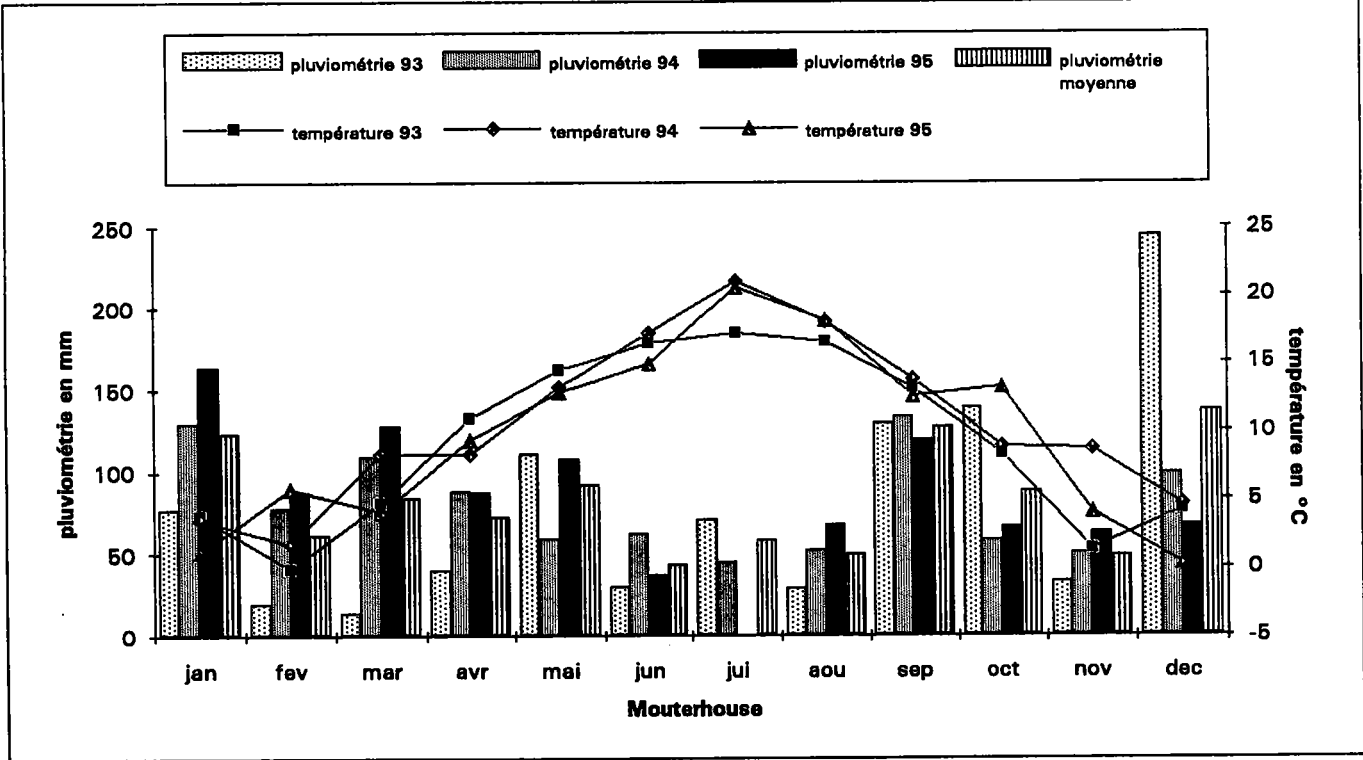
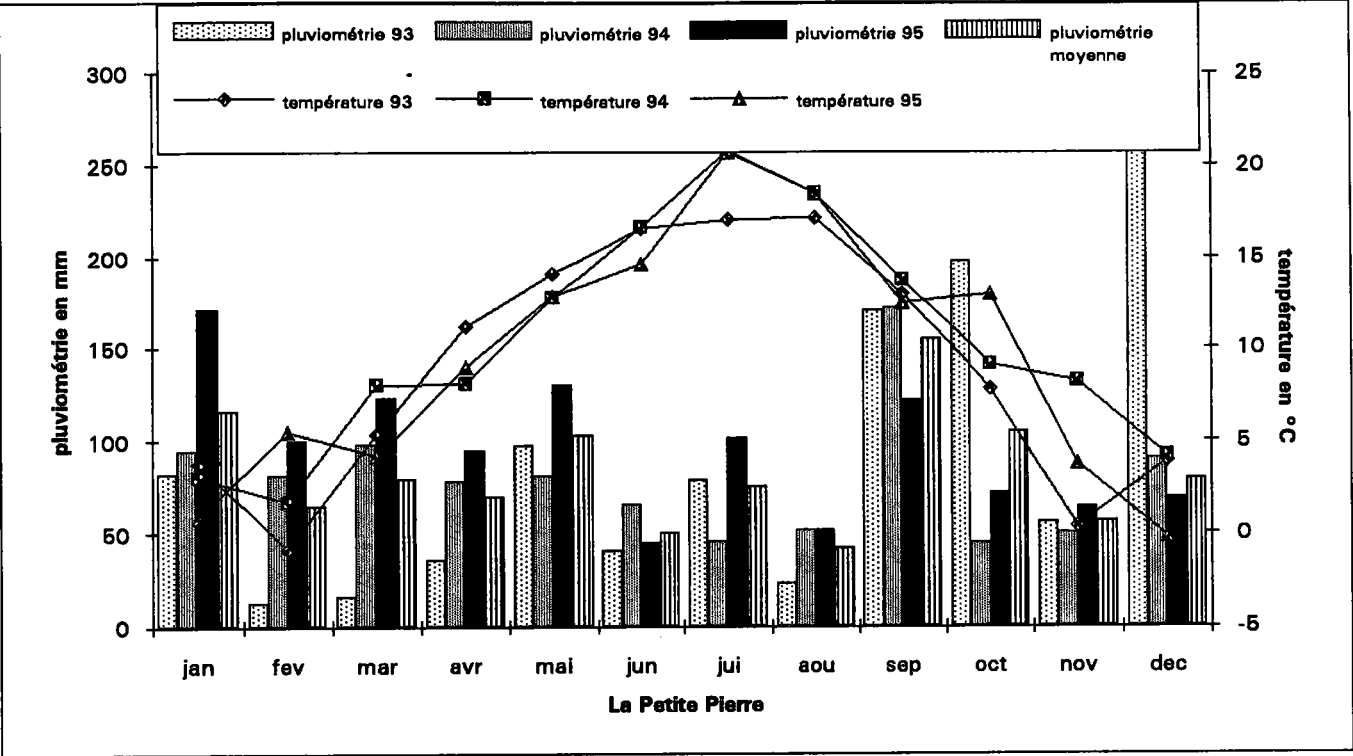


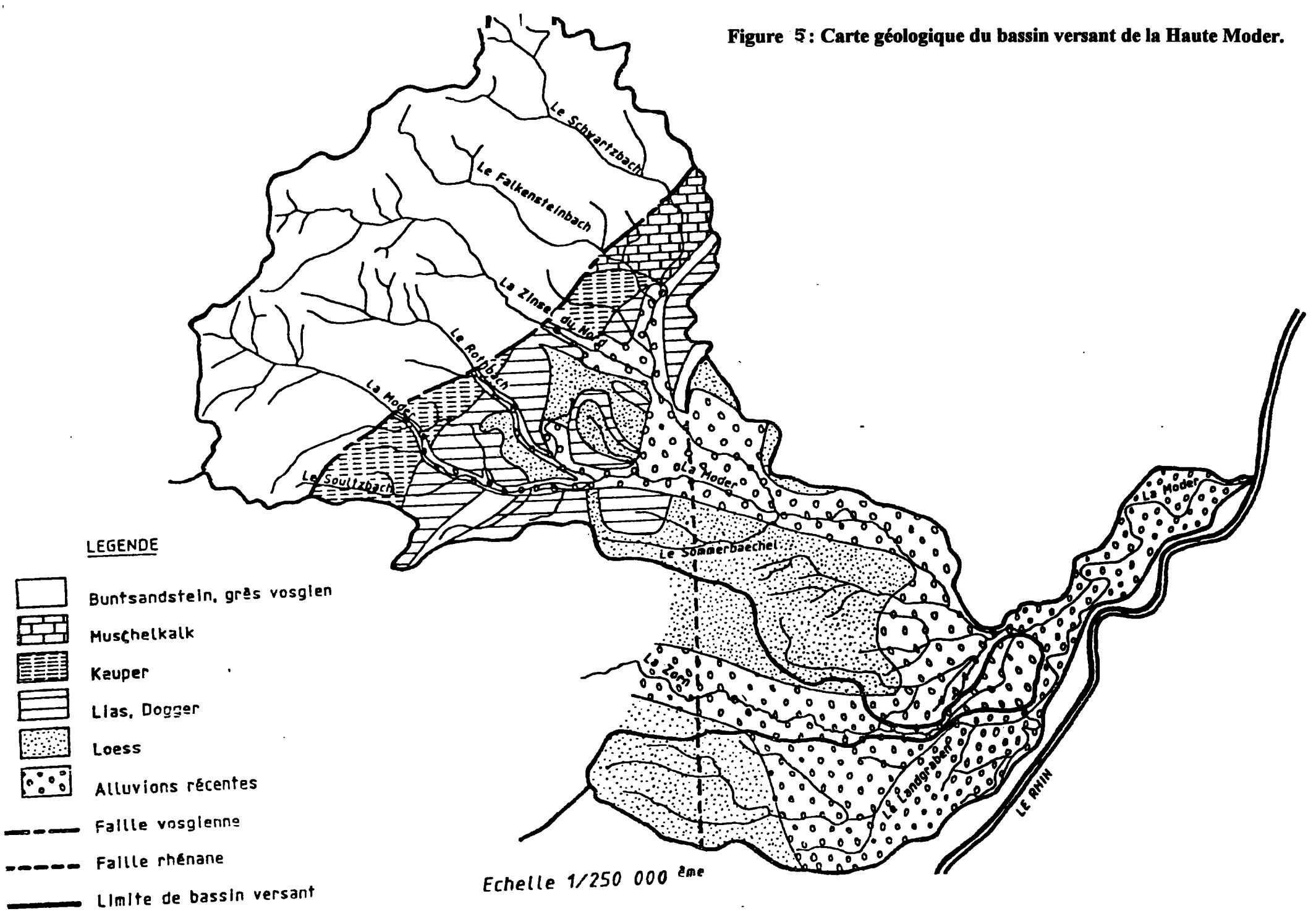
Figure 3: Données climatiques (1972-1995) dans les Vosges du Nord. (Station de Mouterhouse).
 Les valeurs correspondent à des moyennes annuelles.



Pas de données en juillet 1995 à Mouterhouse.

Figure 4: Données climatiques mensuelles dans les Vosges du Nord de 1993 à 1995. pluviométrie moyenne calculée sur la période (1993-1995).

Figure 5: Carte géologique du bassin versant de la Haute Moder.



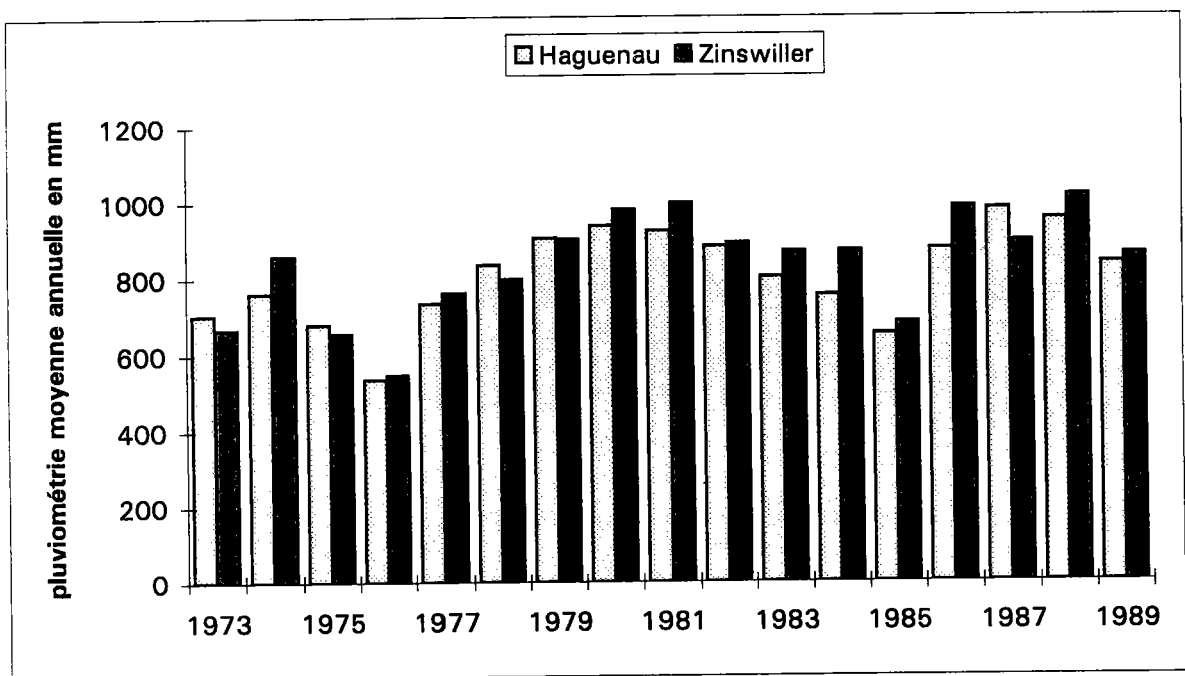


Figure 6: Données climatiques (1973-1989) en plaine d'Alsace. stations de Zinswiller et de Haguenau.

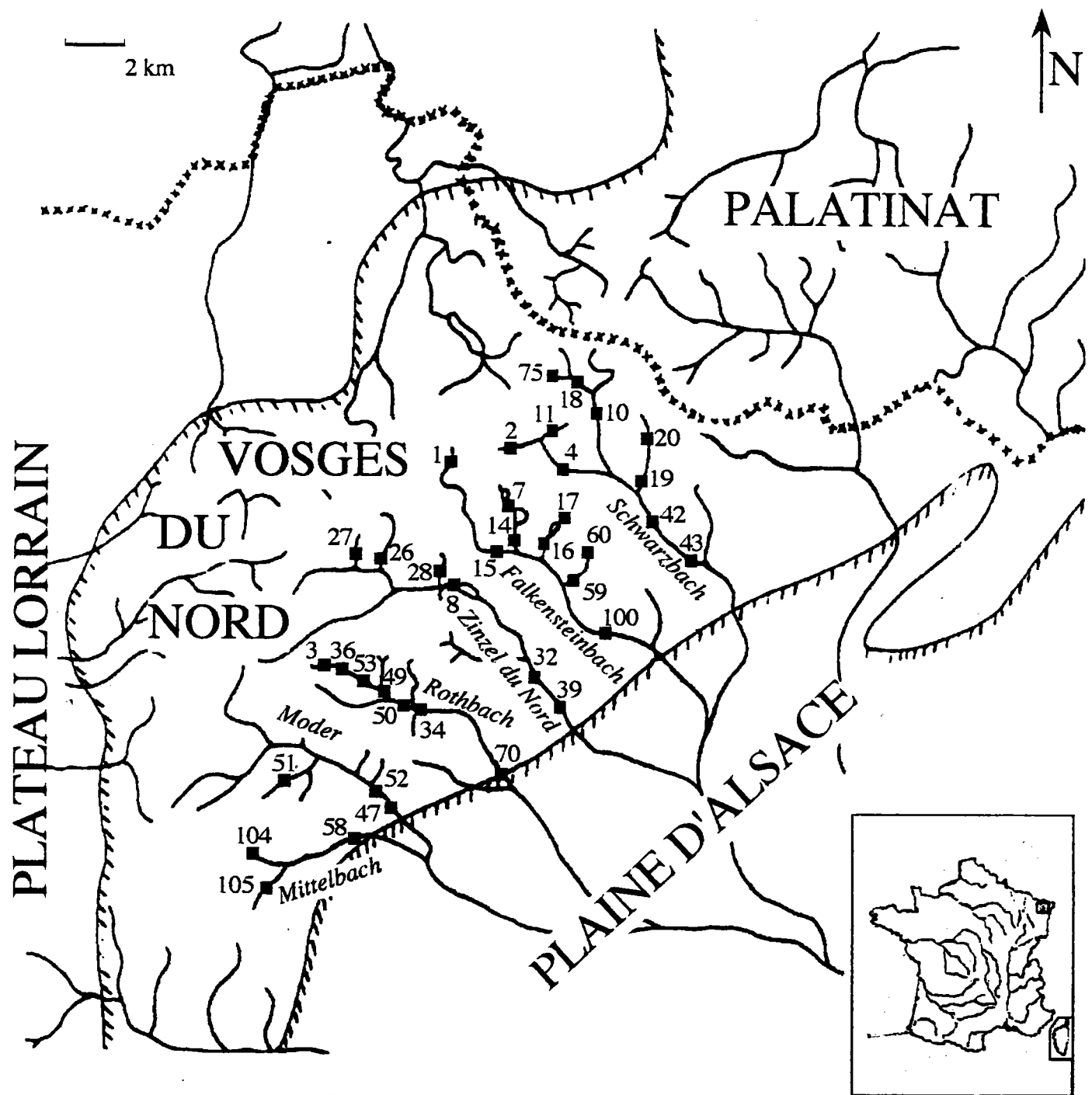


Figure 7 : Carte de localisation des 38 stations d'études dans les Vosges du Nord (suivi eutrophisation).

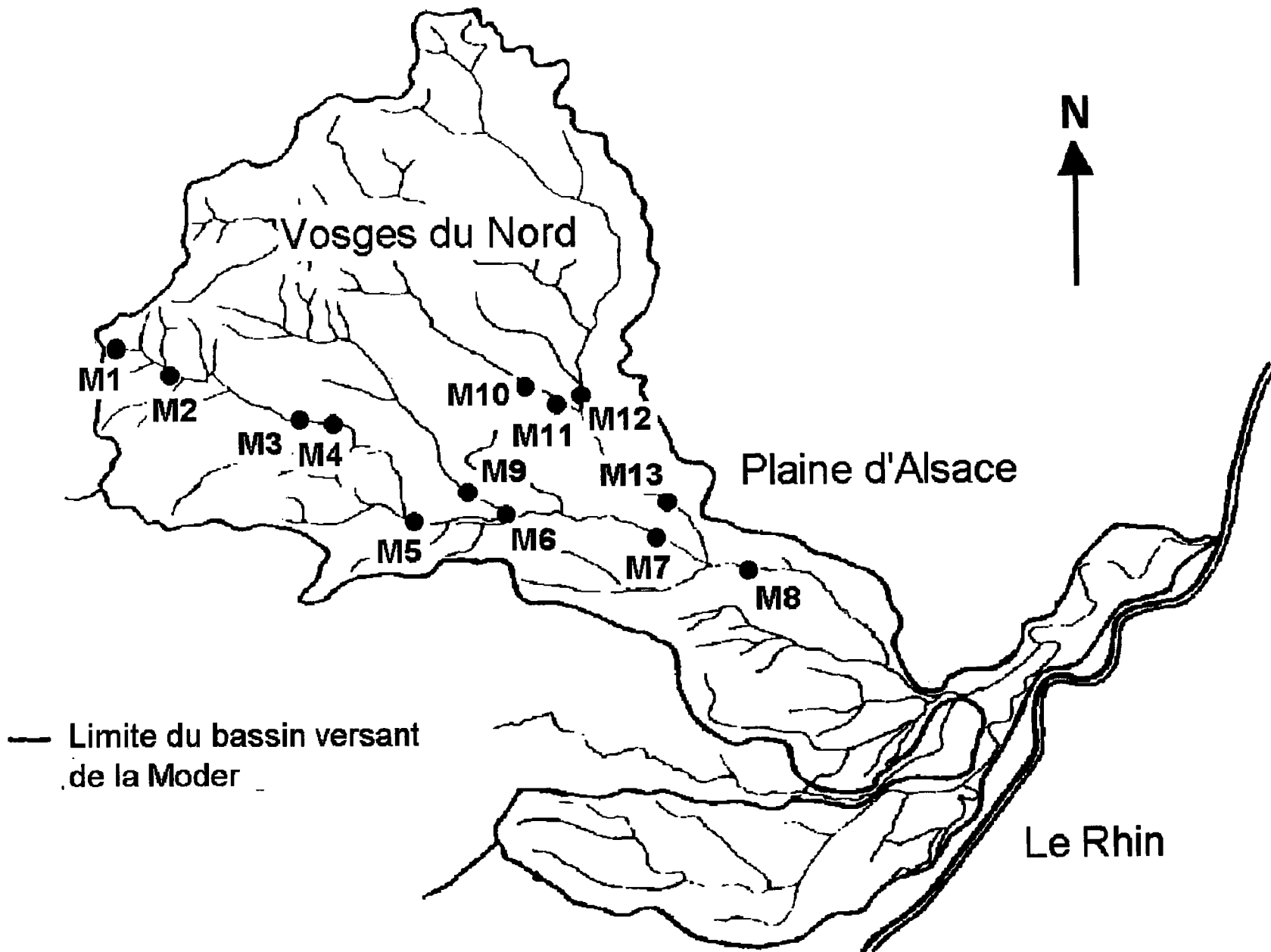


Figure 8: Carte de localisation des stations d'étude

Le SCHWARZBACH

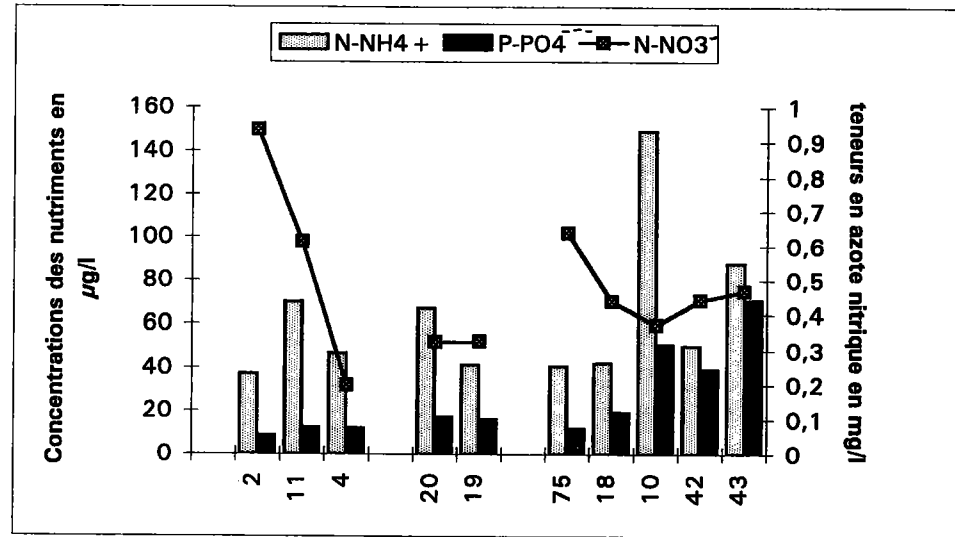
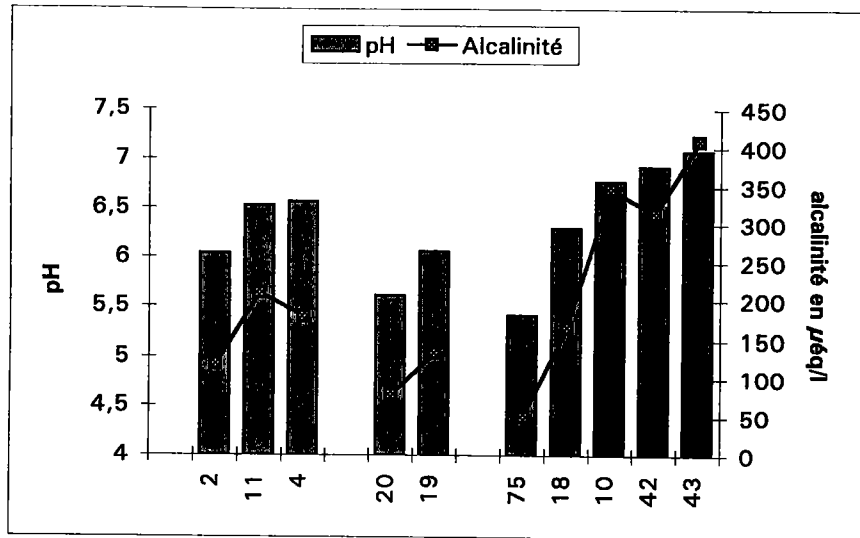


Figure 9: Zonation amont -aval du Schwarzbach
R75, R18, R10, R42, R43: cours principal
R2, R11, R4: affluent I
R20, R19: affluent II

FALKENSTEINBACH

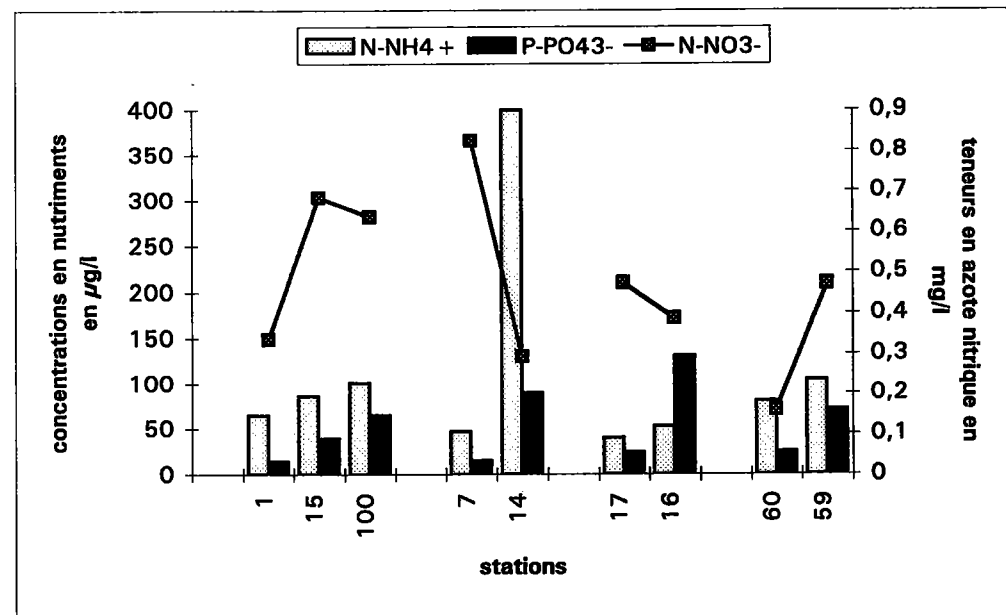
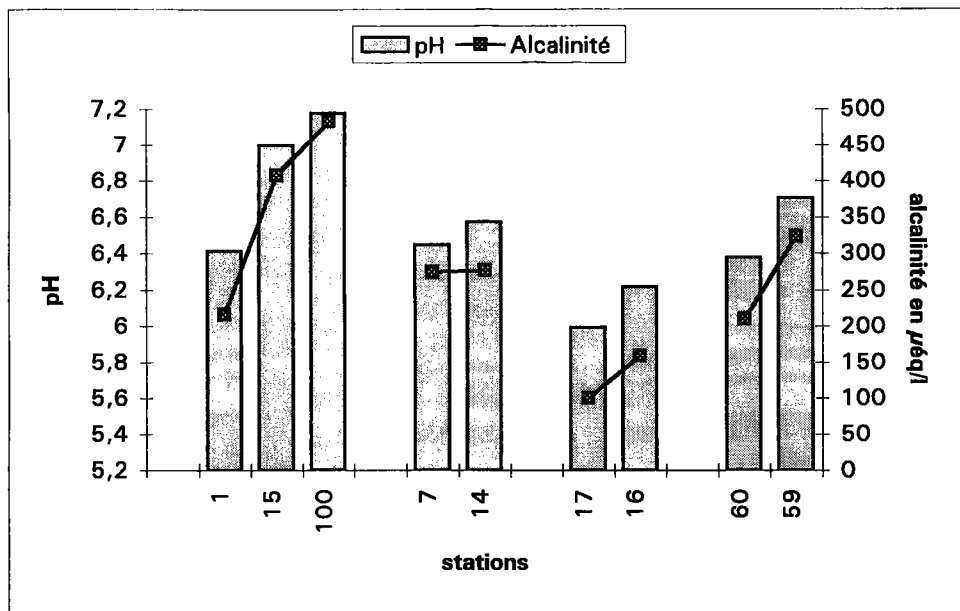


Figure 10: Zonation amont-aval sur le Falkensteinbach

R1, R15, R100: réseau principal

R7, R14: Affluent Etang de Hanau

R17, R16: Affluent Lieschbach

R60, R59: Affluent Mambach

LA ZINSEL DU NORD

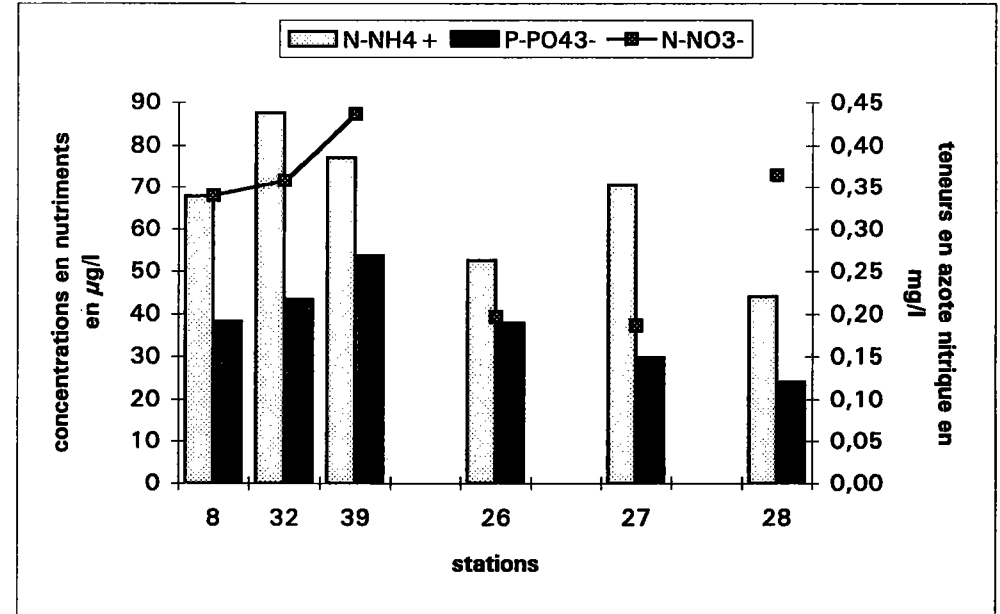
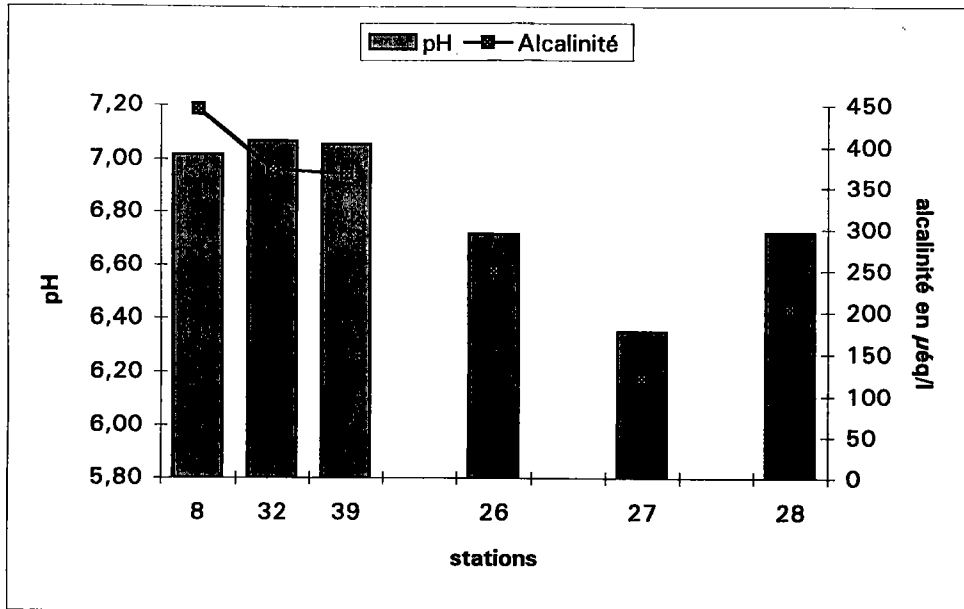


Figure 11: Zonation amont -aval de la Zinsel du Nord
R8, R32, R39: cours principal
R27: affluent I
R28: affluent III
R26: affluent II

LE ROTHBACH

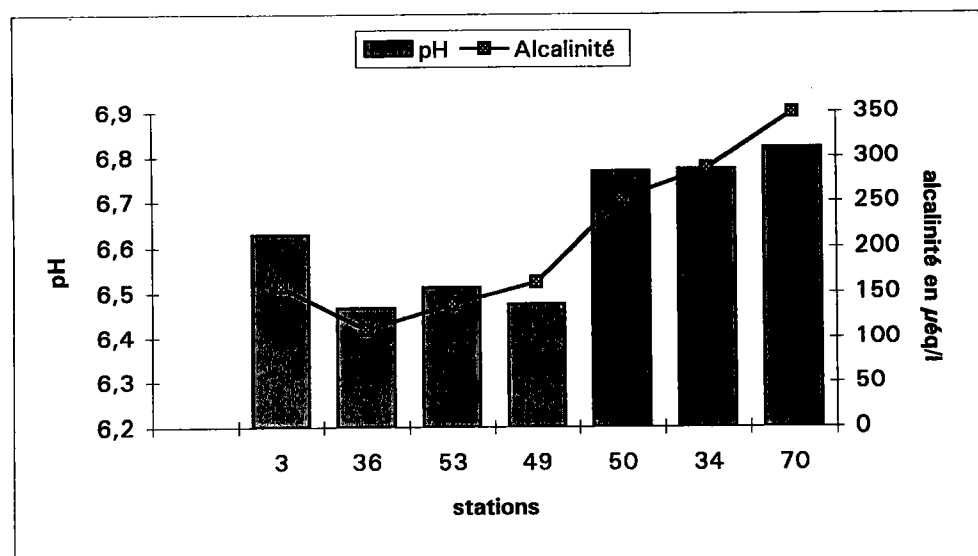
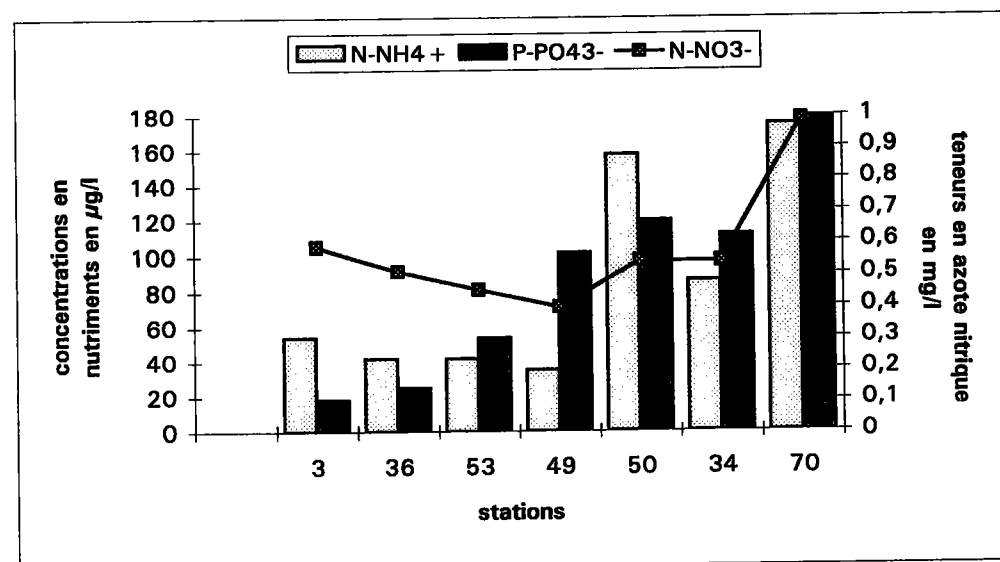


Figure 12: Zonation amont-aval du Rothbach



La MODER

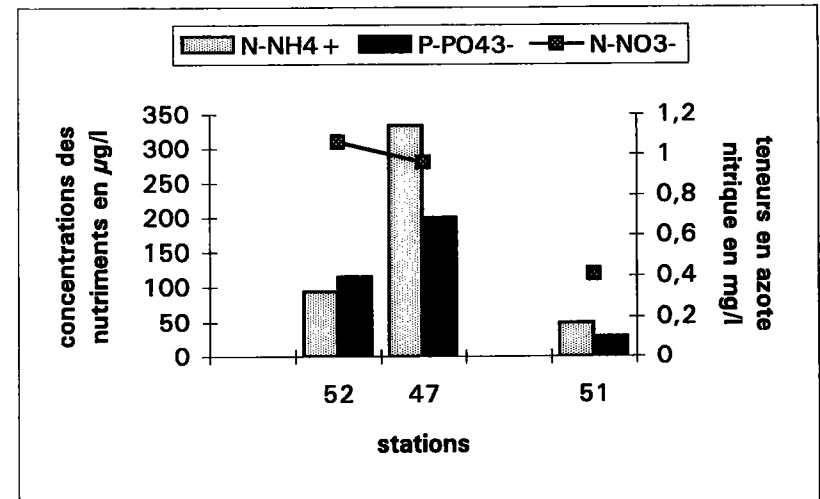
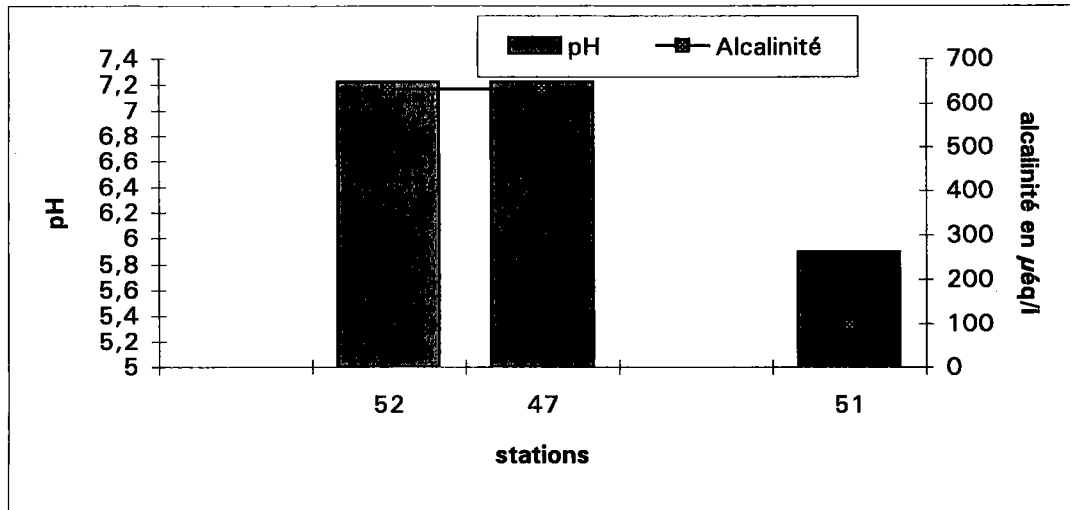


Figure 13: Zonation amont-aval de la Moder
R51: affluent (Moosbaechel)

LE MITTELBACH

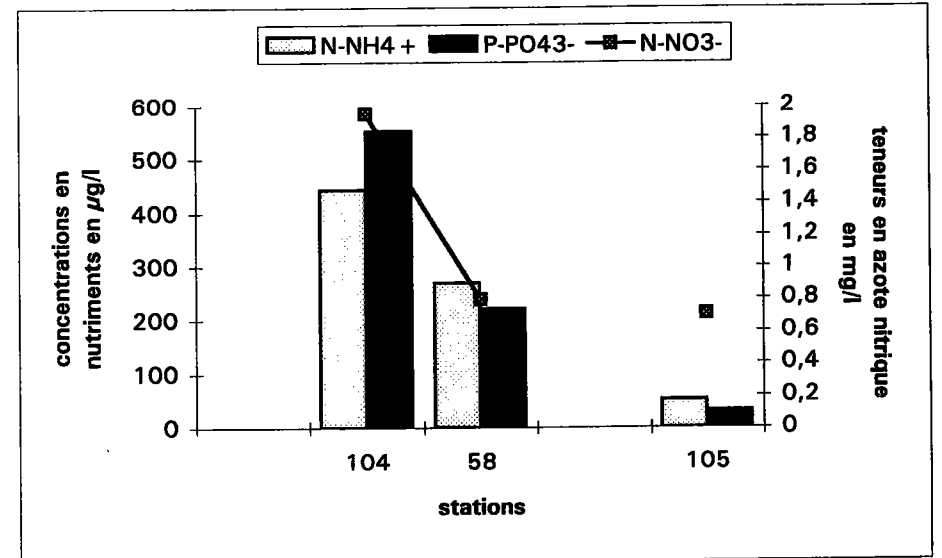
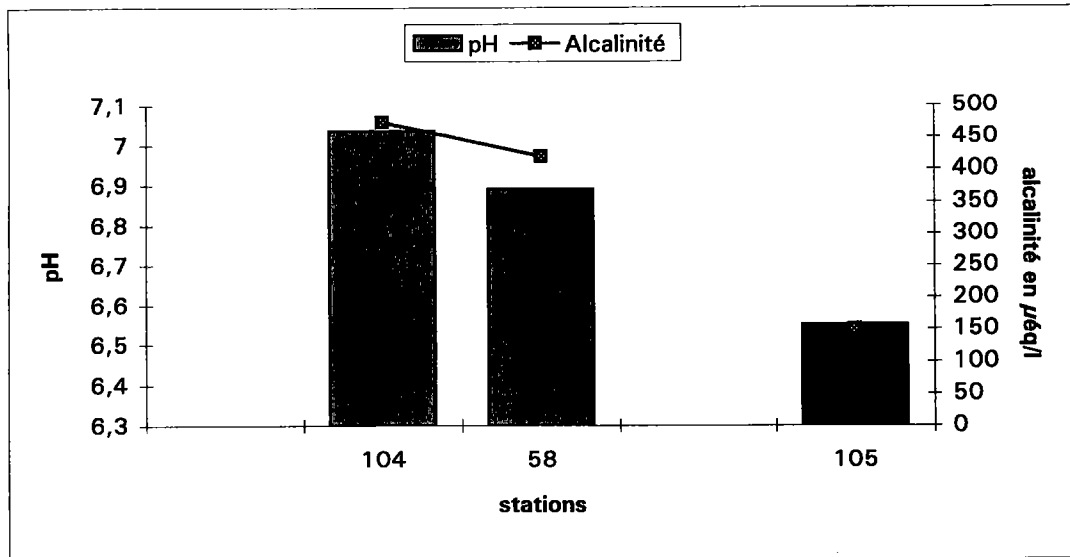


Figure 14: Zonation amont-aval du Mittelbach
R104, R58: réseau principal
R105 affluent

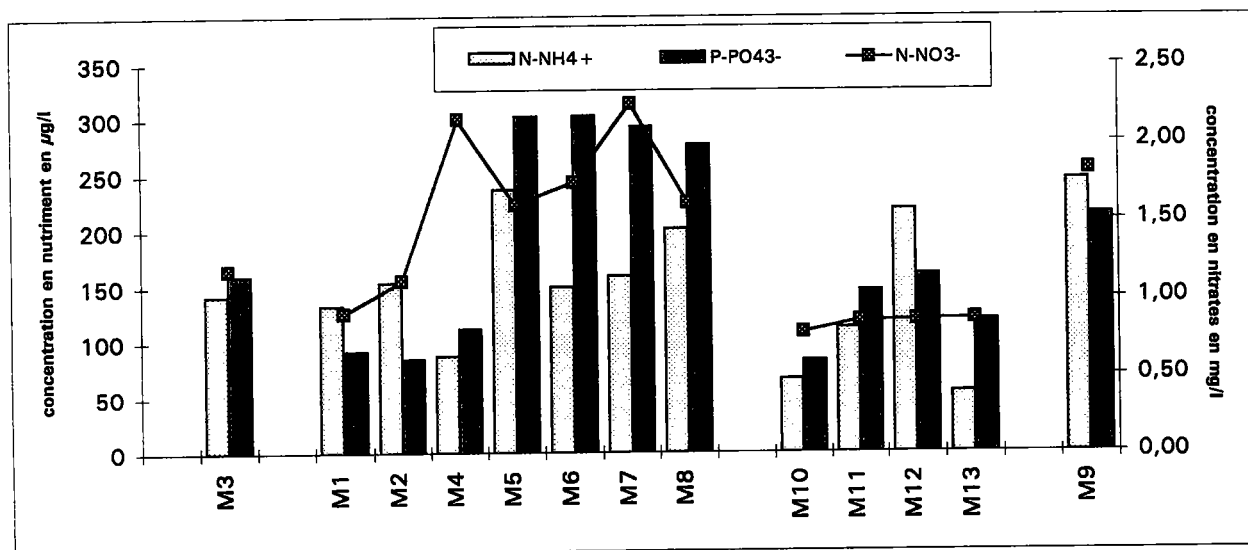
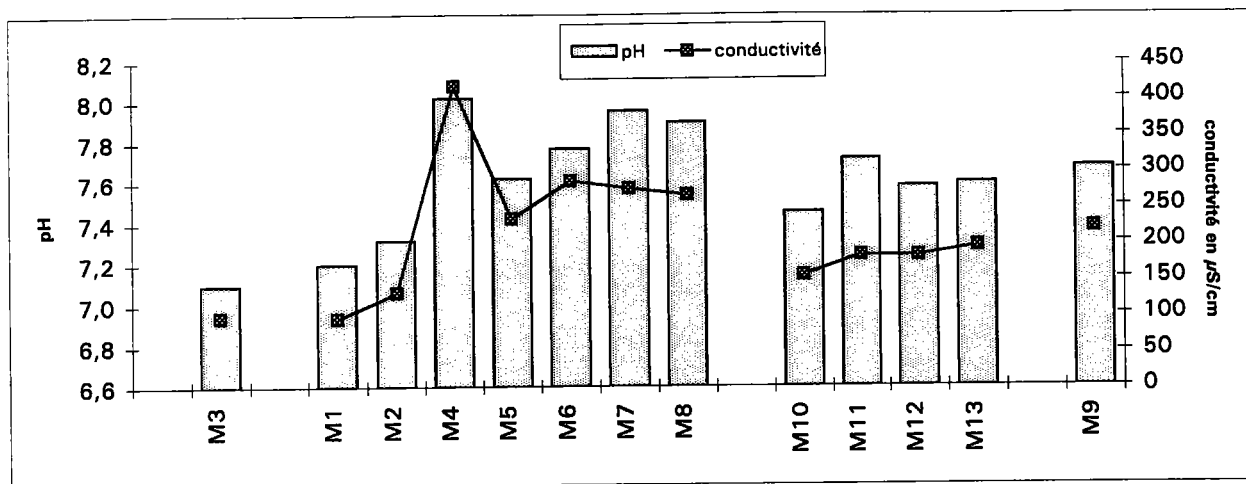


Figure 15: Zonation amont-aval sur la Moder des Vosges du Nord et de la plaine d'Alsace.

"M1, M2, M3": Vosges du Nord

M4, M5, M6, M7, M8: Moder en plaine d'Alsace

M12: affluent Falkensteinbach

M10, M11, M13: affluent Zinsel du Nord

M9: affluent Rothbach

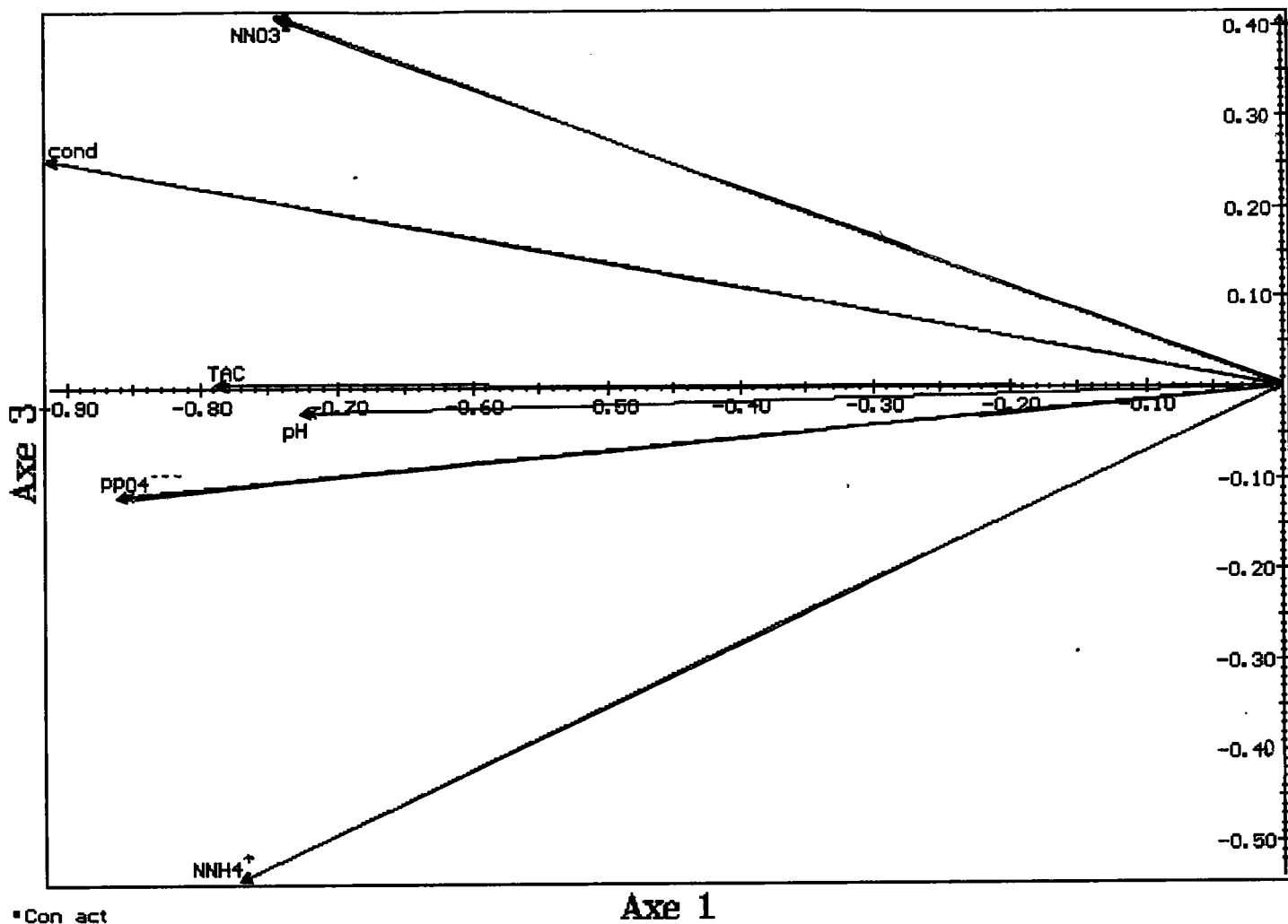


Figure 16 a: Analyse en Composantes Principales "A.C.P." sur les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques (n= 38 stations)

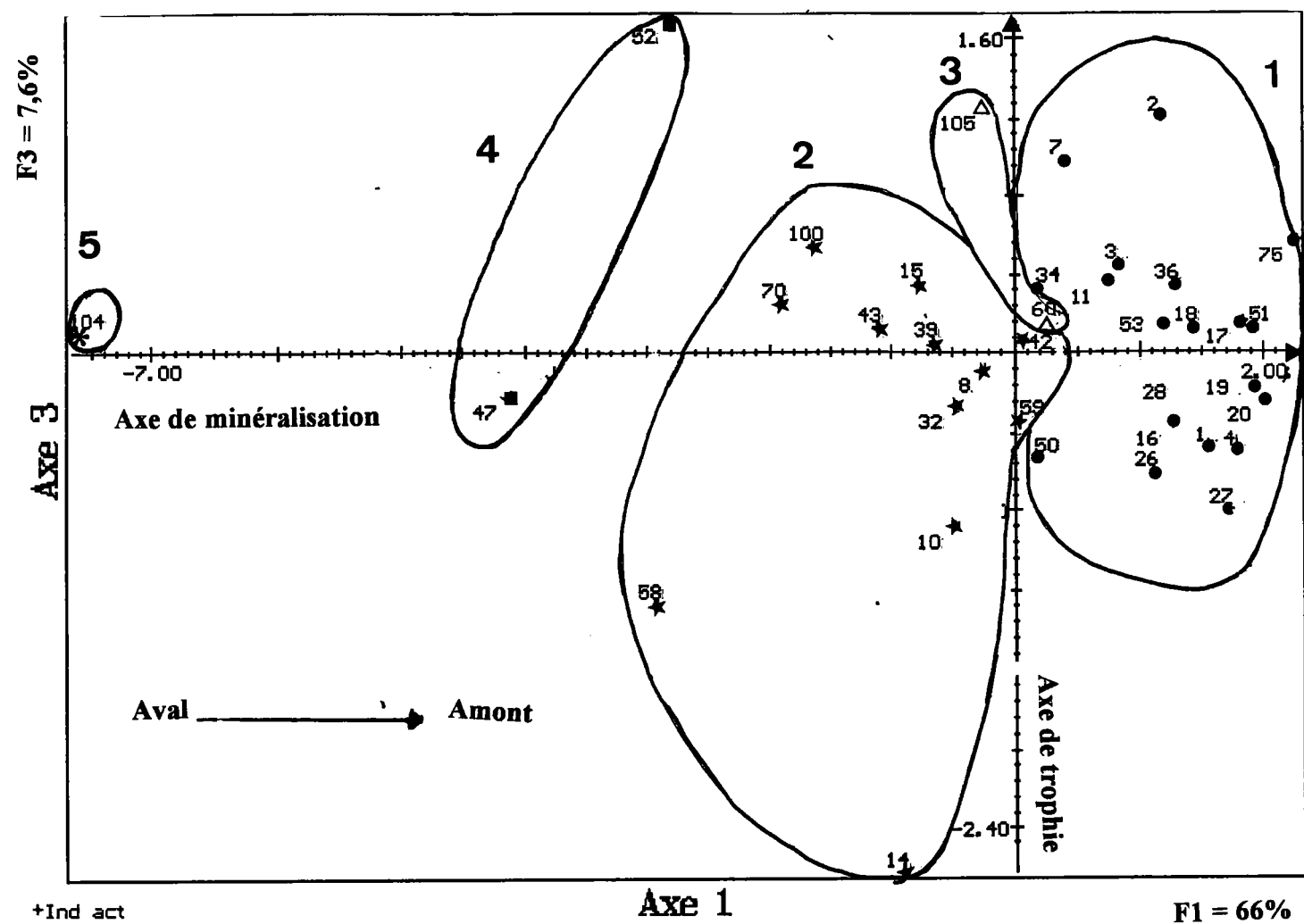


Figure 16b: Analyse en Composantes Principales "A.C.P." sur les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques (n= 38 stations)

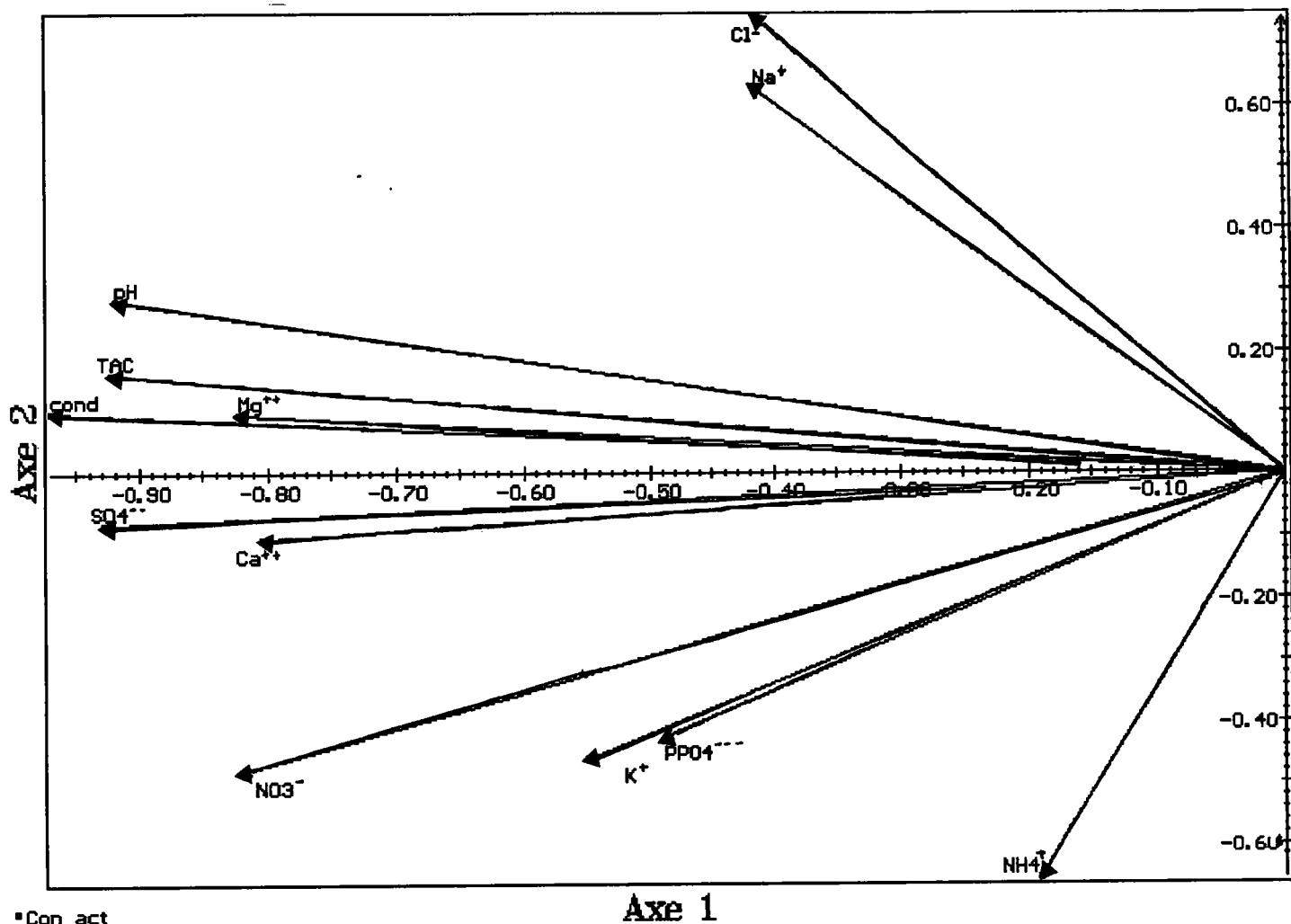


Figure 17a: Analyse en Composantes Principales "A.C.P." sur les valeurs moyennes des 12 paramètres physico-chimiques (n= 13 stations)

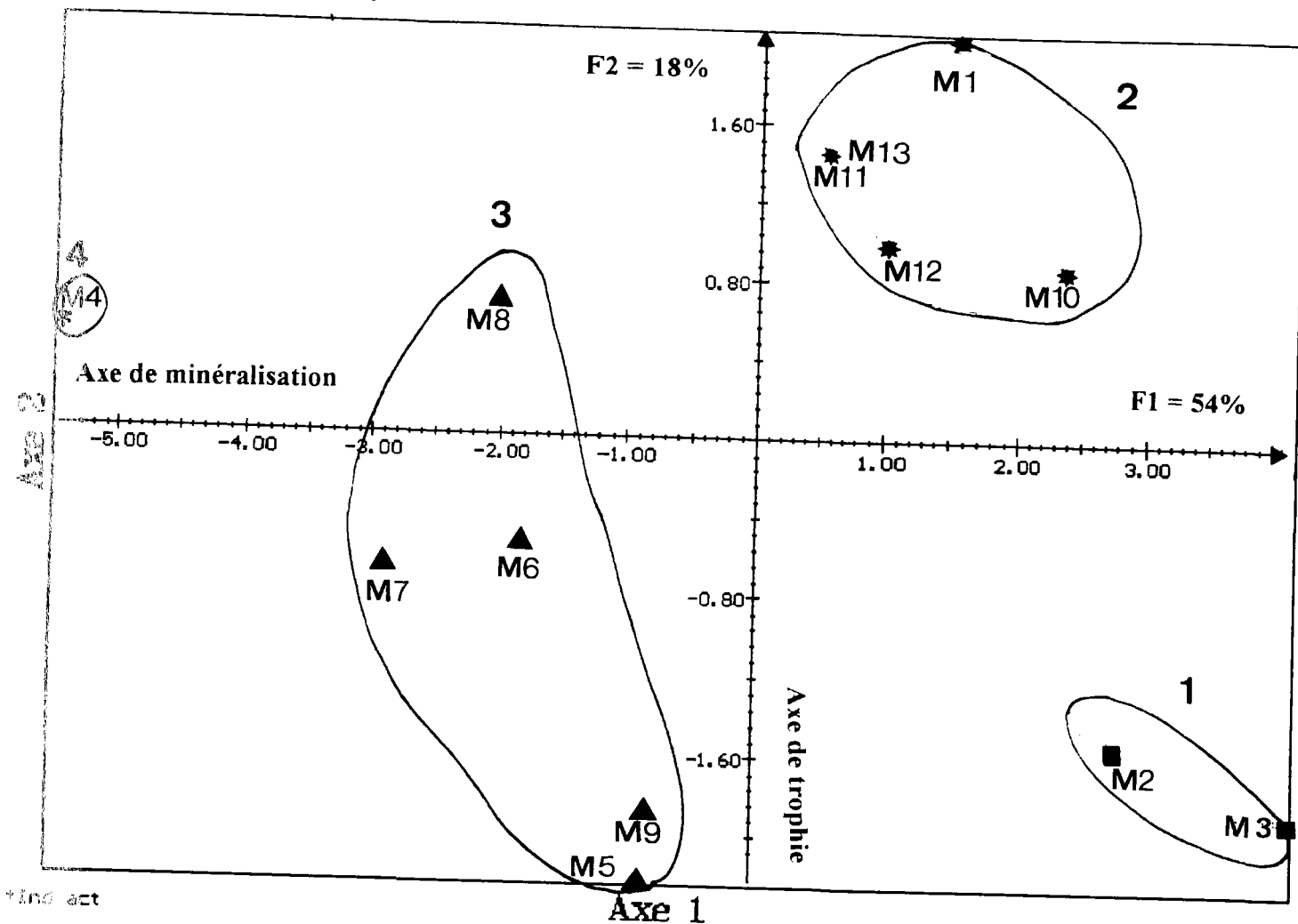
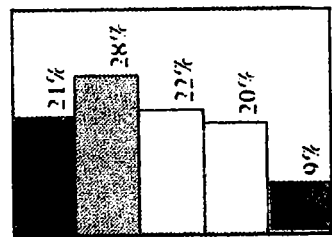
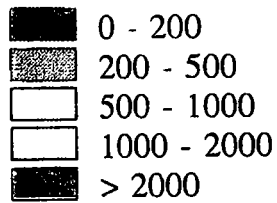
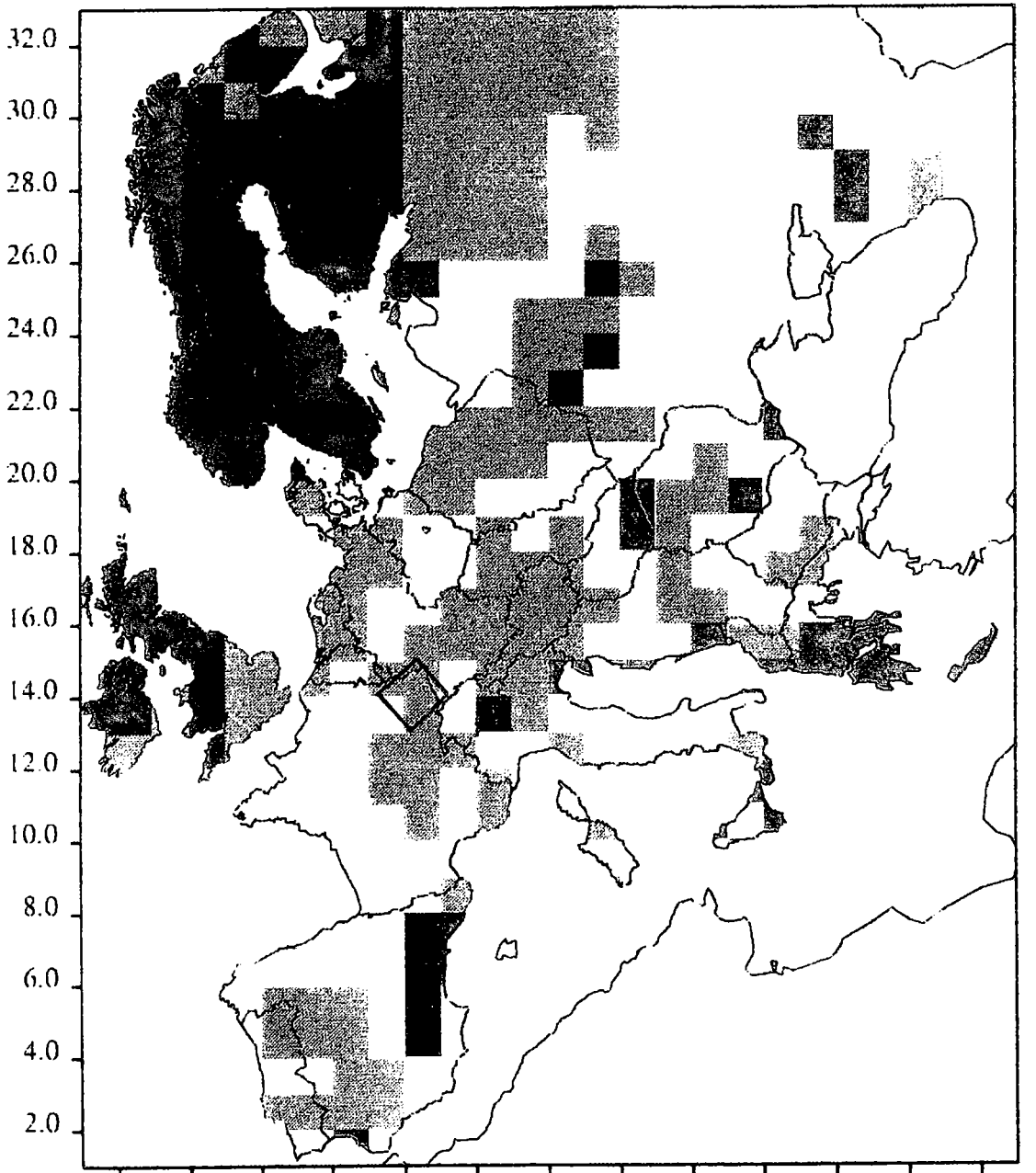


Figure 17b: Analyse en Composantes Principales "A.C.P." sur les valeurs moyennes des 12 paramètres physico-chimiques (n= 13 stations)



Distribution of classes

Figure 18: Charges critiques d'acidité en Europe.

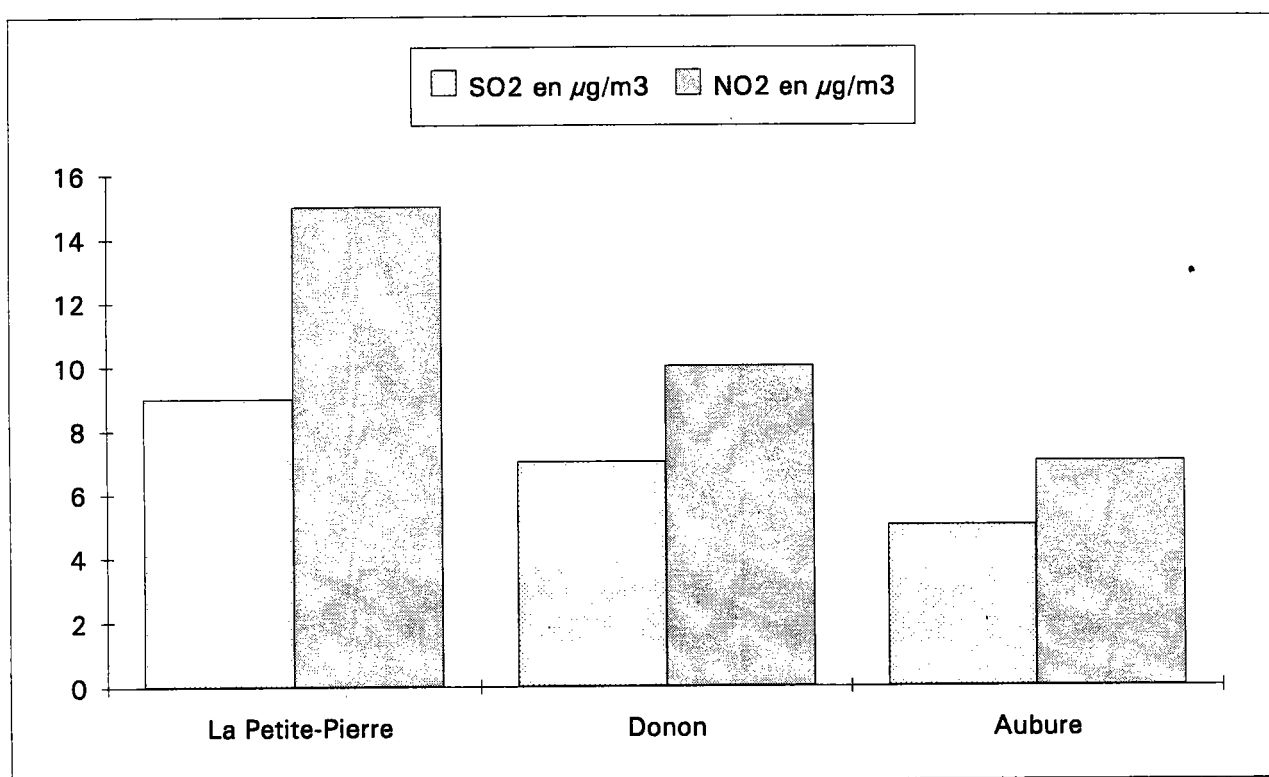


Figure 19: Dépôts atmosphériques de polluants dans le Nord-Est de la France. (d'après LANDMANN G et al., 1991).

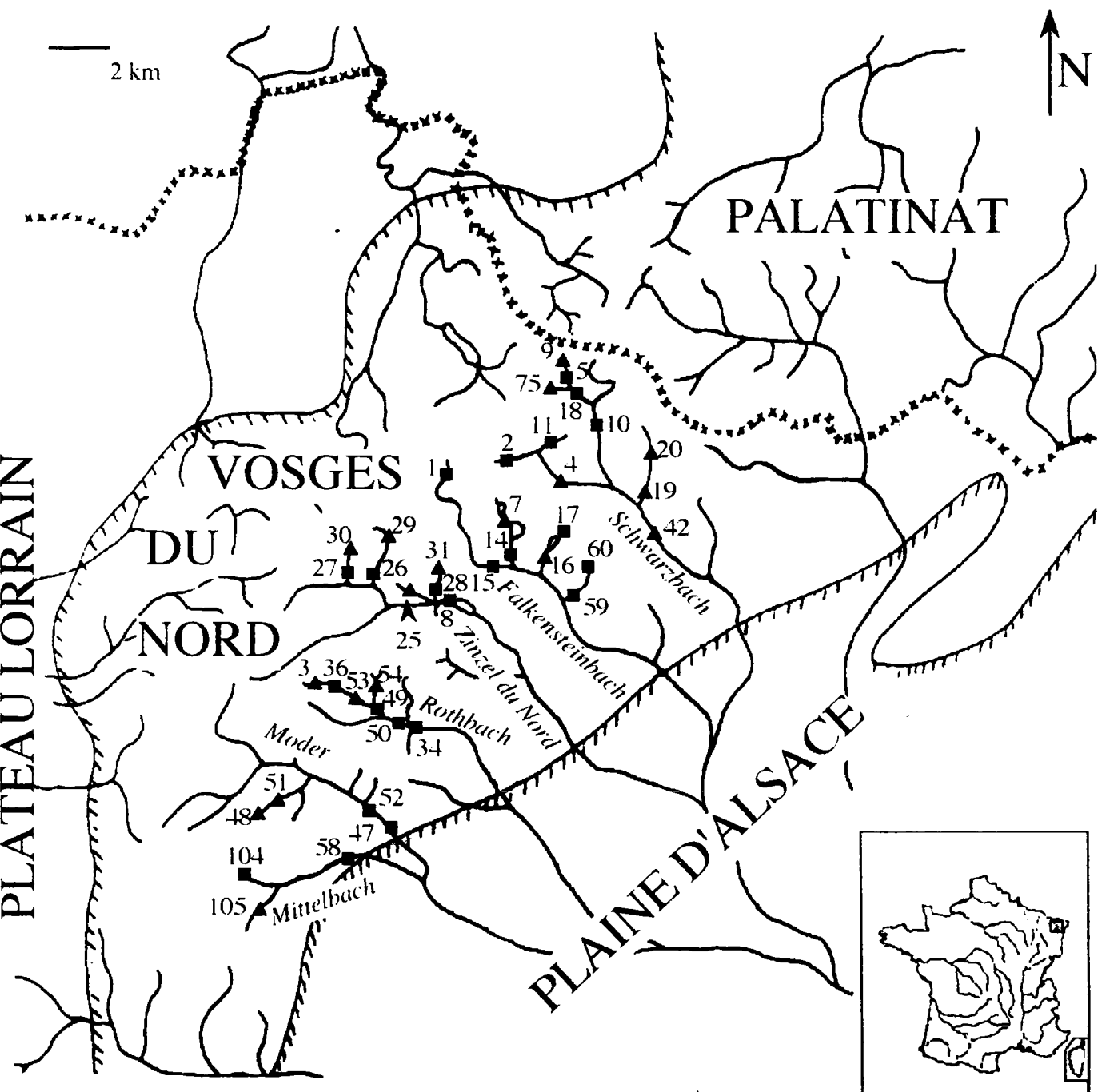
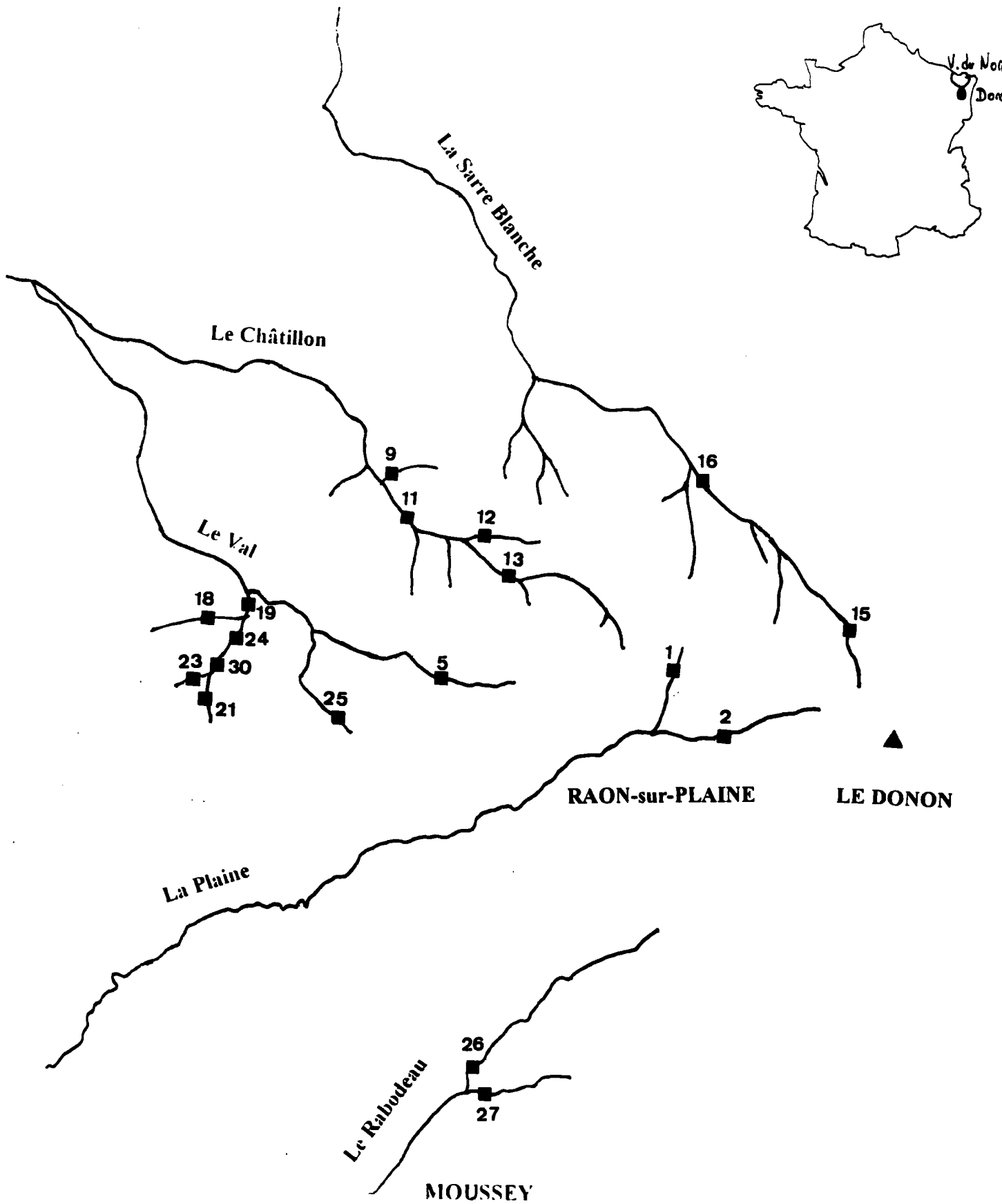


Figure 20: Carte de localisation des stations d'étude dans le cadre du suivi de l'acidification (Vosges du Nord).

- ▲ stations suivies tous les mois
- stations suivies tous les trimestres

Figure 21: Carte de localisation des stations d'étude (massif du Donon).

CARTE au 1/100 000



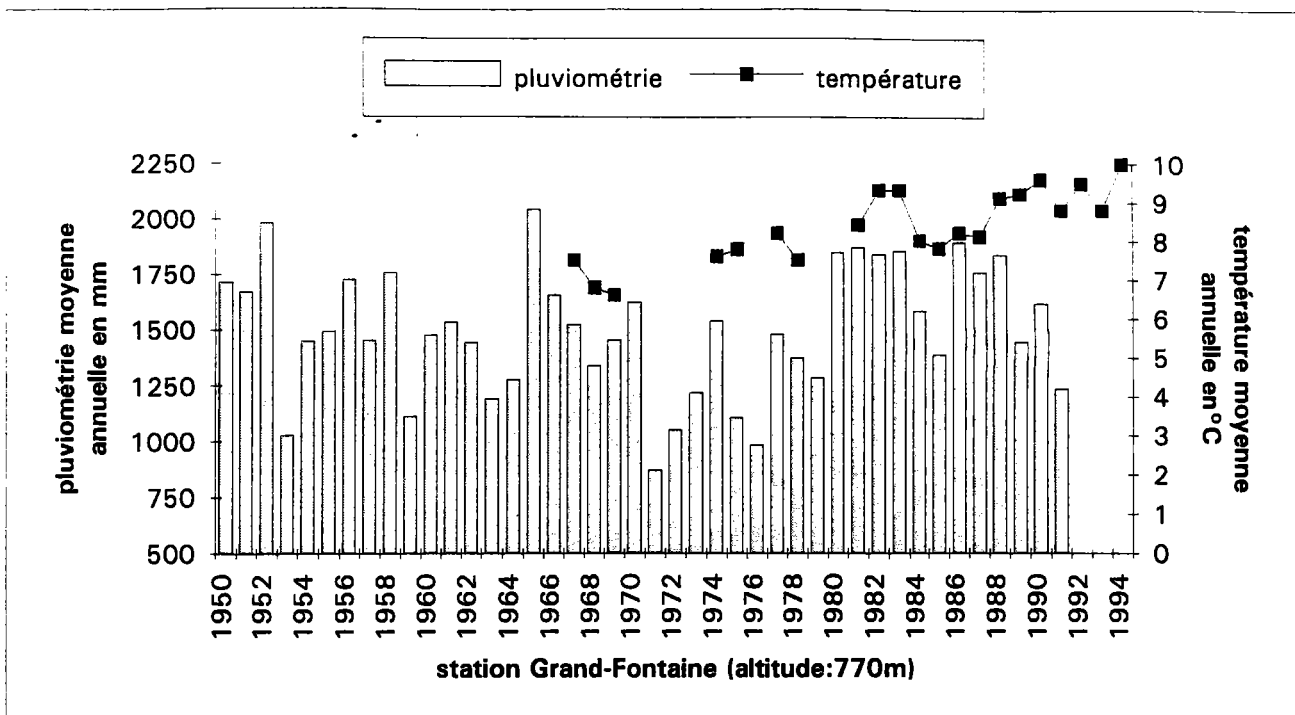


Figure 22: Pluviométrie annuelle et température moyenne annuelle dans le massif du Donon

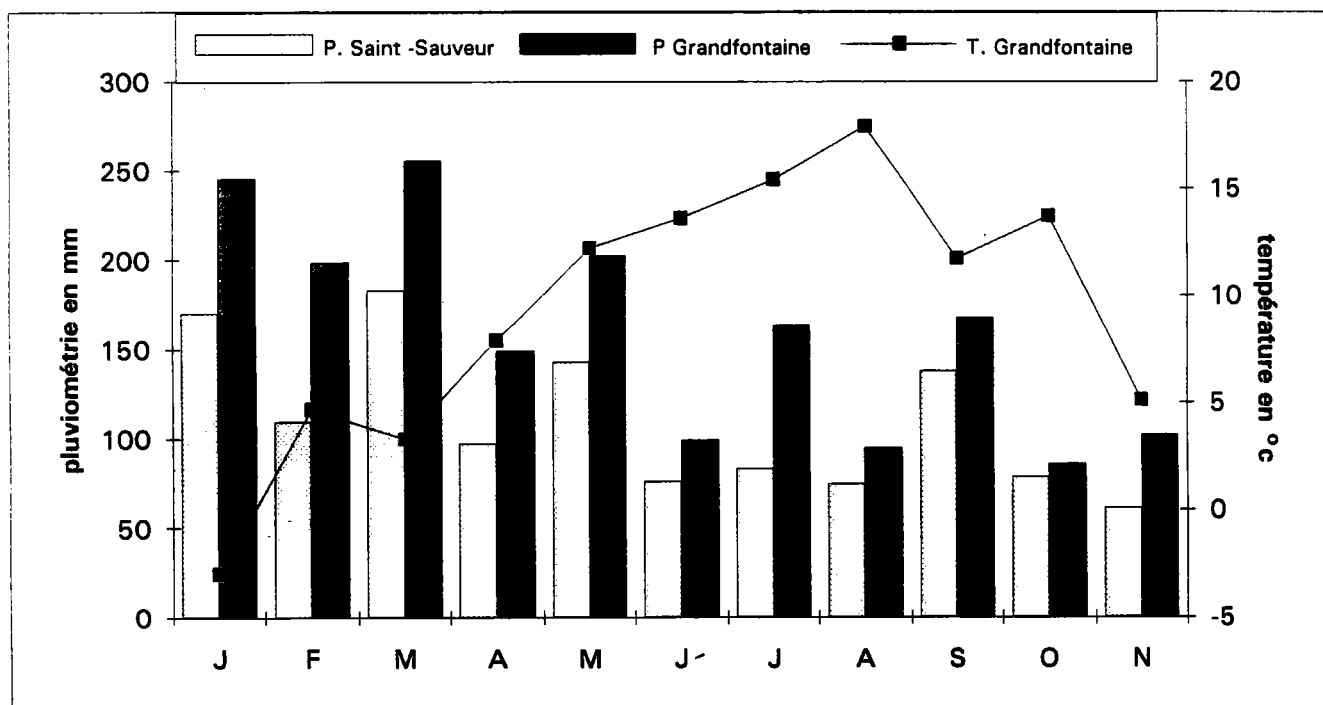


Figure 23: variations mensuelles de la température et de la pluviométrie en 1995.

Saint-Sauveur : altitude 440m.

Grandfontaine: altitude 770m.

P: précipitations

T: température

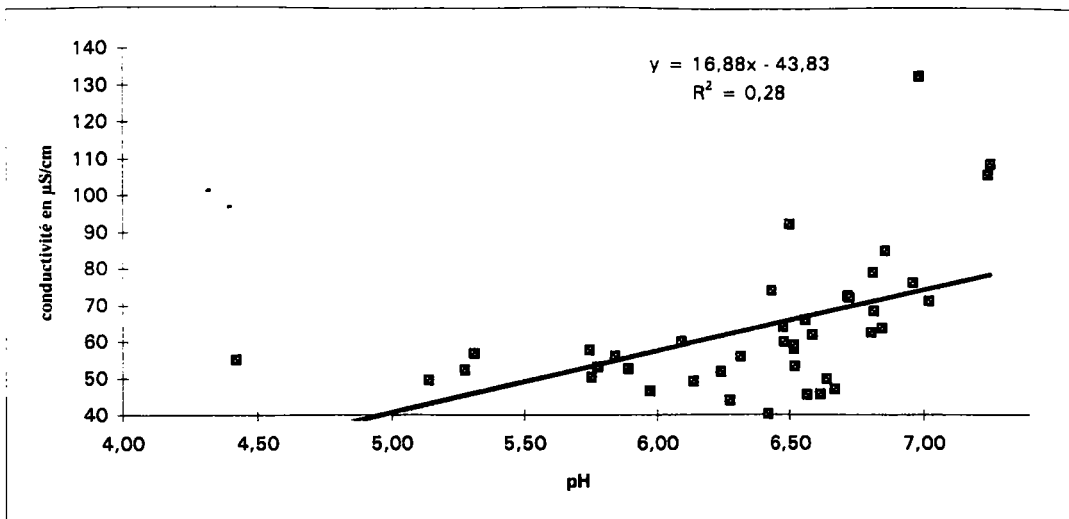


Fig 24a: Relation pH-conductivité ($\mu\text{S/cm}$).

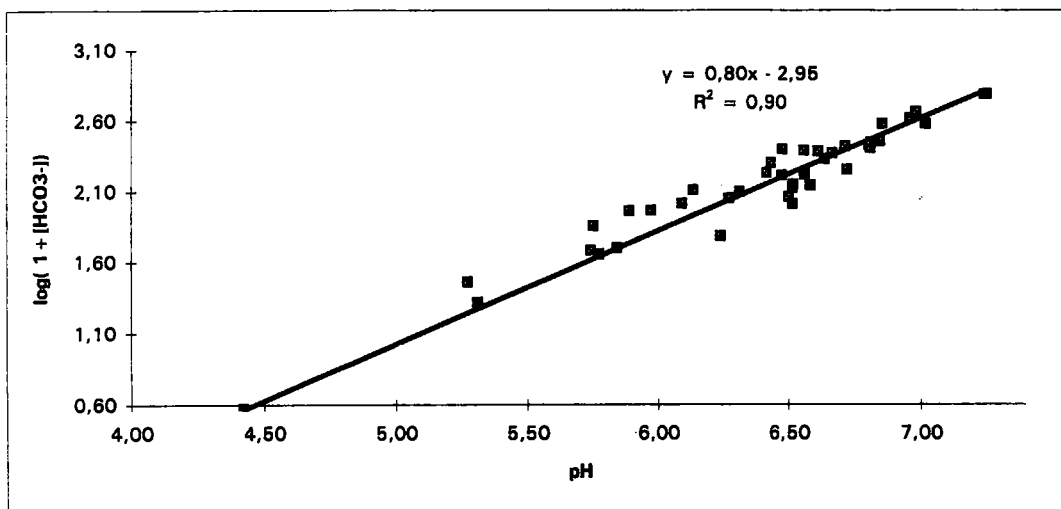


Fig 24b: Relation logarithmique entre le pH et l'alcalinité

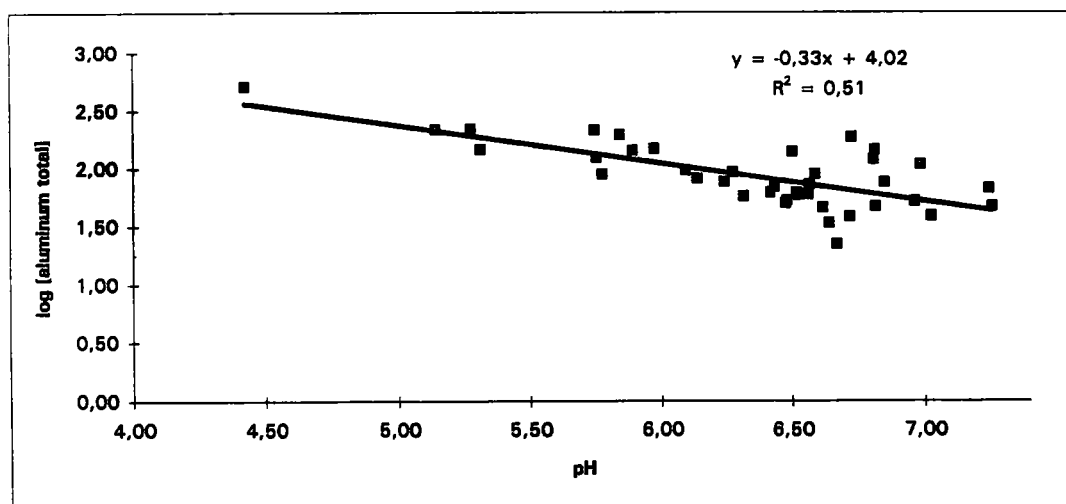


Fig 24c: Relation logarithmique entre le pH et l'aluminium total.

Figure 24: Relations entre les paramètres discriminants de l'acidification.

Réseau élargi.

Les valeurs correspondent à des moyennes stationnelles ($n=41$).

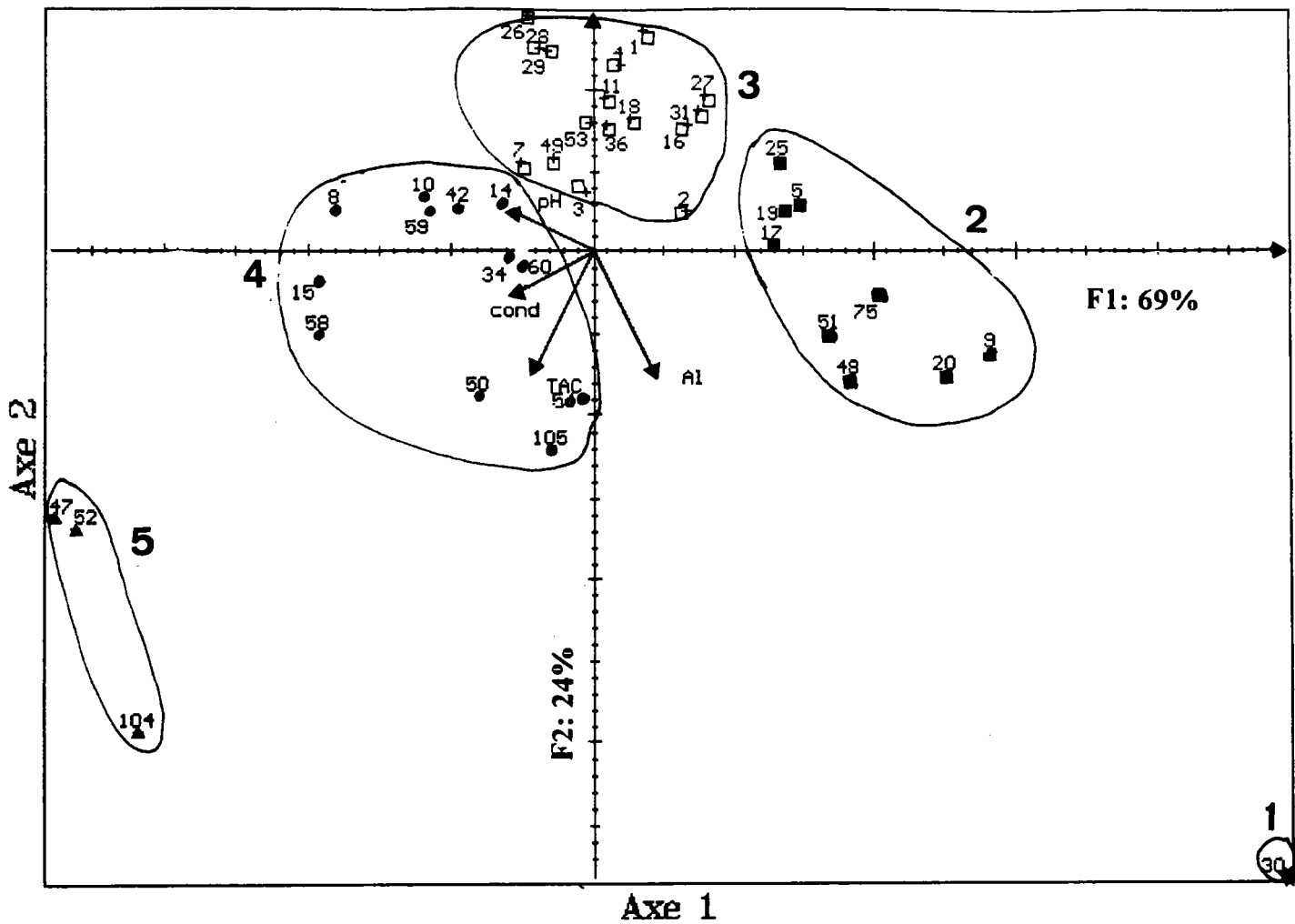


Figure 25: Analyse en Composantes Principales "A.C.P.1a acidification" sur les valeurs moyennes de 4 paramètres physico-chimiques (n = 41 stations)

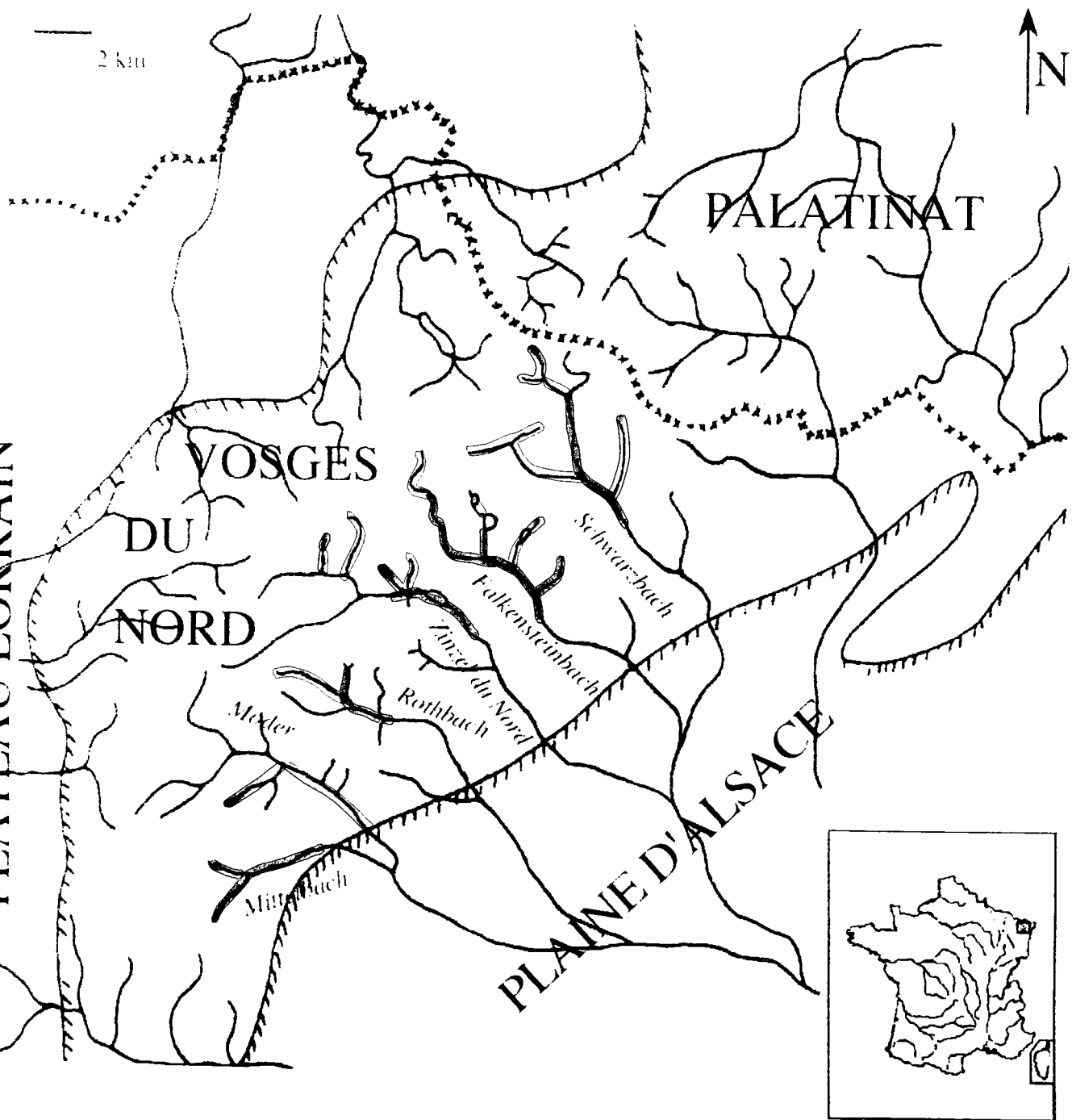







Figure 26: Carte du degré d'acidification des cours d'eau des Vosges du Nord.

-  : Cours d'eau très acide ayant perdu son pouvoir tampon
-  : Cours d'eau acides à faiblement acides dont le pouvoir tampon fluctue fortement au cours du temps
-  : Cours d'eau faiblement acides et tamponnés
-  : Cours d'eau faiblement acides et bien tamponnés
-  : Cours d'eau proches de la neutralité et bien tamponnés.

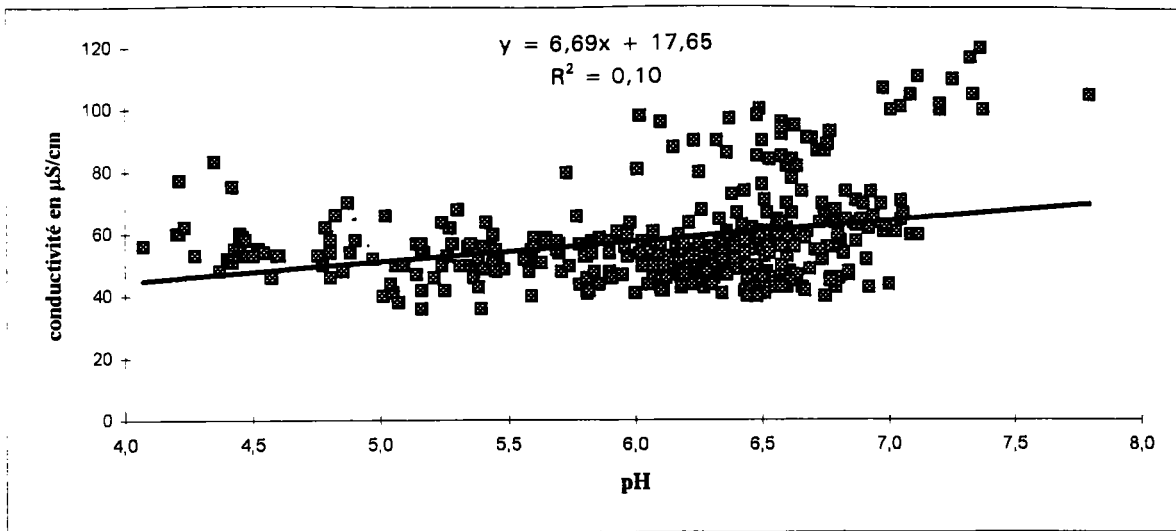


Fig 27a: Relation pH-conductivité

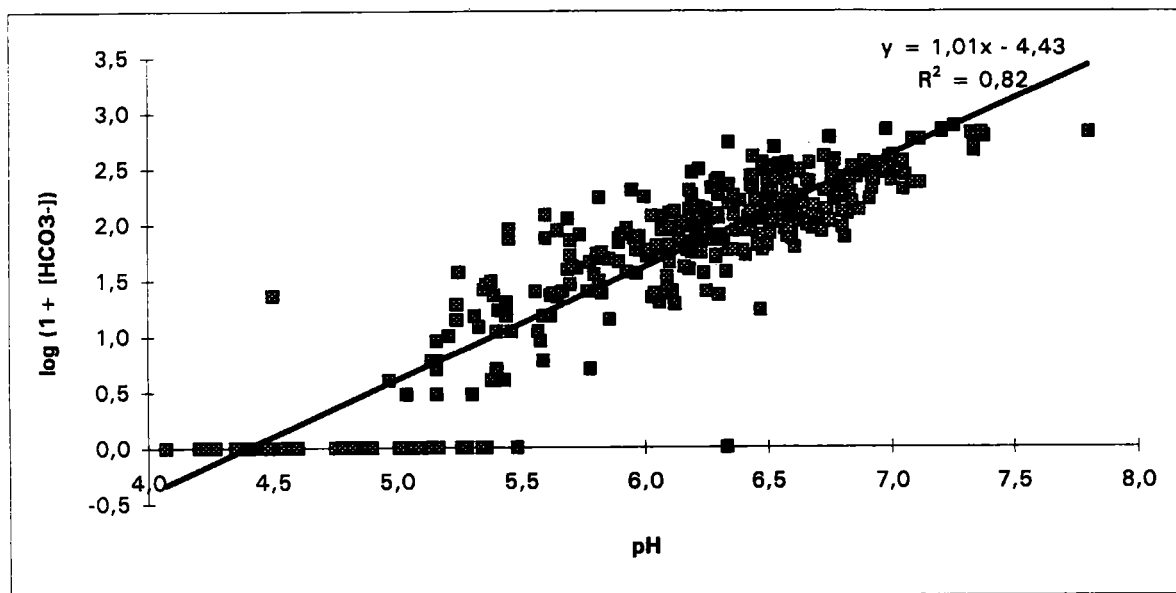


Fig 27b: Relation logarithmique entre le pH et l'alcalinité

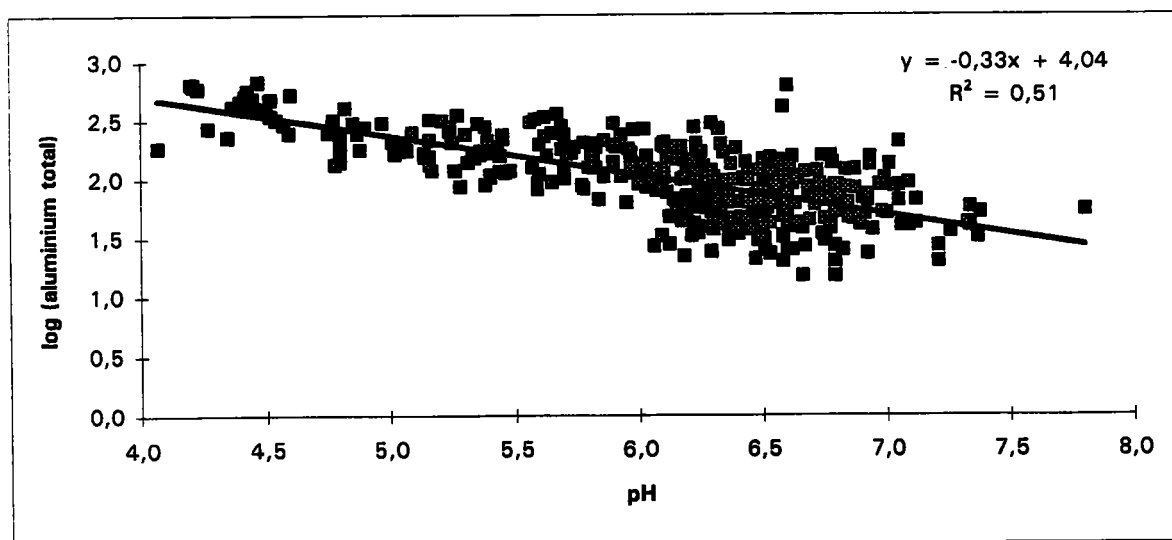


Fig 27c: Relation logarithmique entre le pH et l'aluminium total

Figure 27: Valeurs stationnelles mensuelles des paramètres discriminants de l'acidification. (n=428).

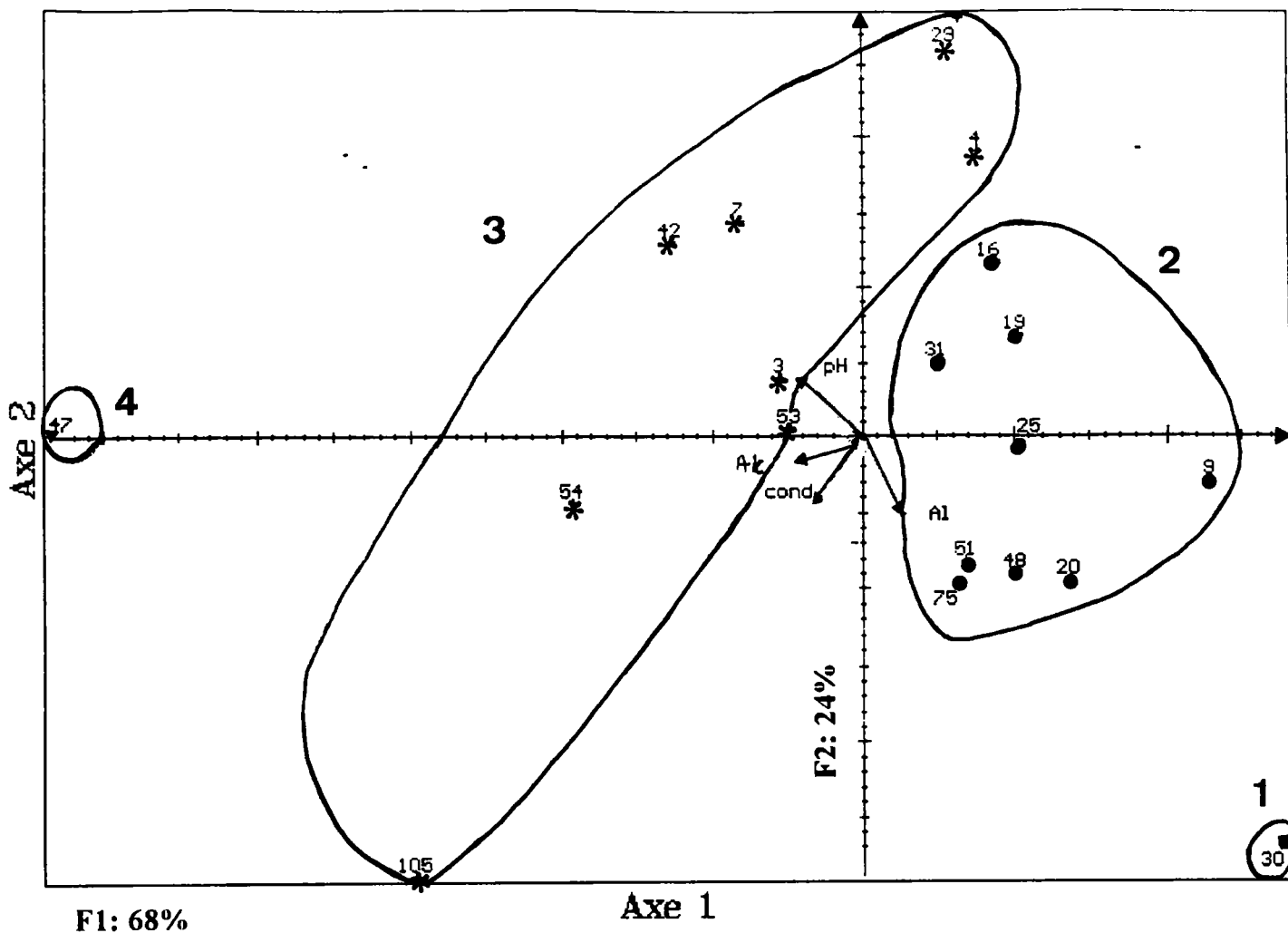


Figure 28: Analyse en Composantes Principales "A.C.P.1b acidification" sur les valeurs moyennes de 4 paramètres physico-chimiques.

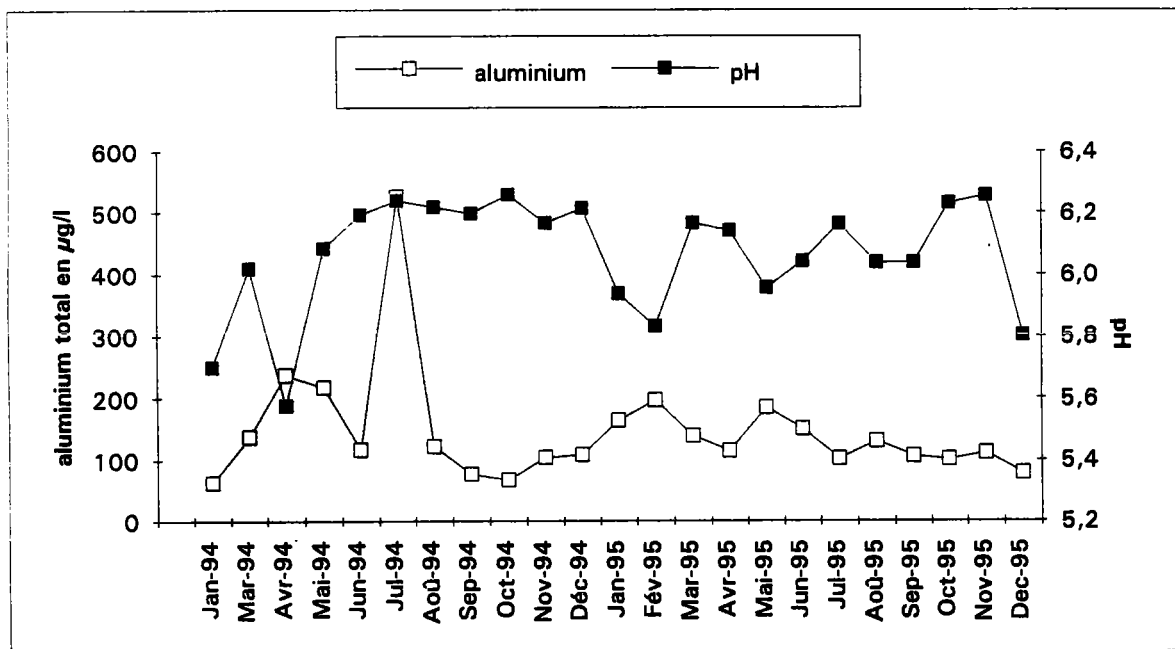
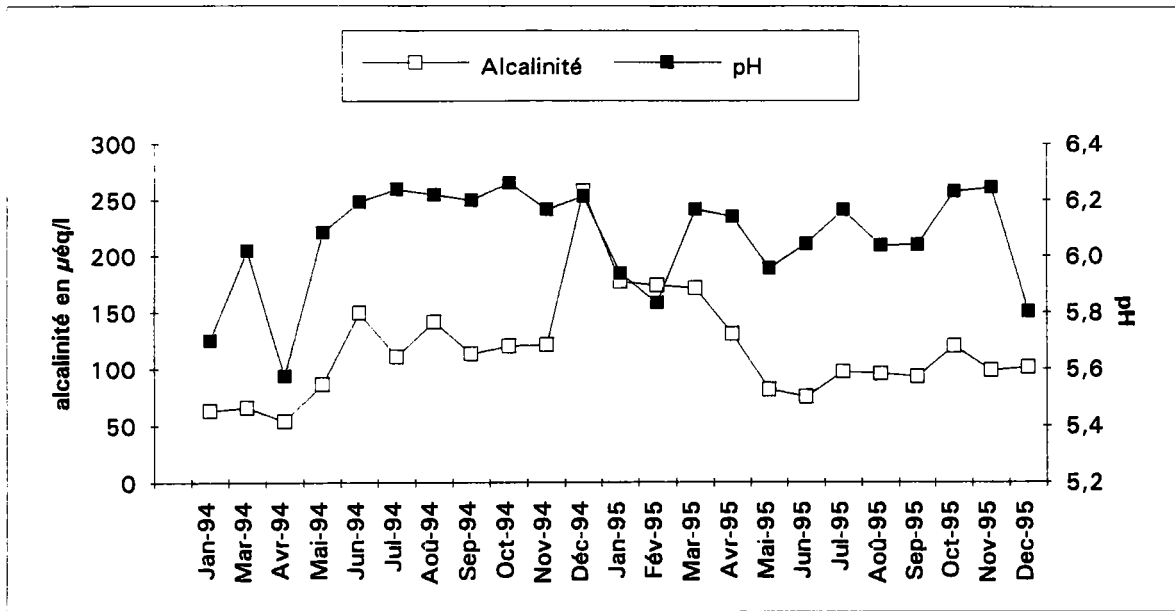


Figure 29: Variations mensuelles des paramètres discriminants vis à vis de l'acidification (pH, alcalinité, aluminium) sur l'ensemble des stations du réseau restreint des Vosges du Nord (n = 19).

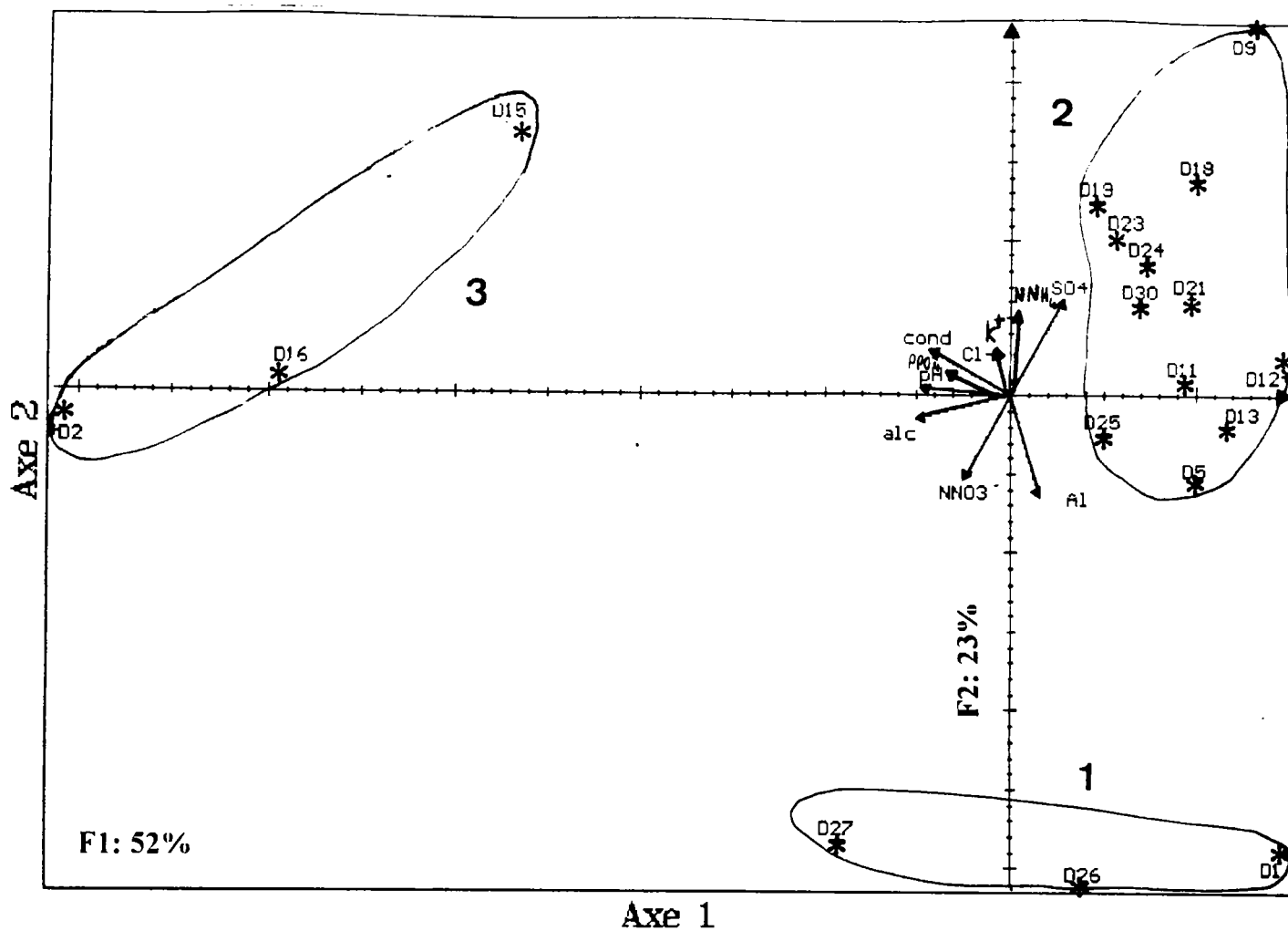


Figure 30: Analyse en Composantes Principales "A.C.P Donon" sur les valeurs moyennes des 18 paramètres physico-chimiques (n= 18 stations)

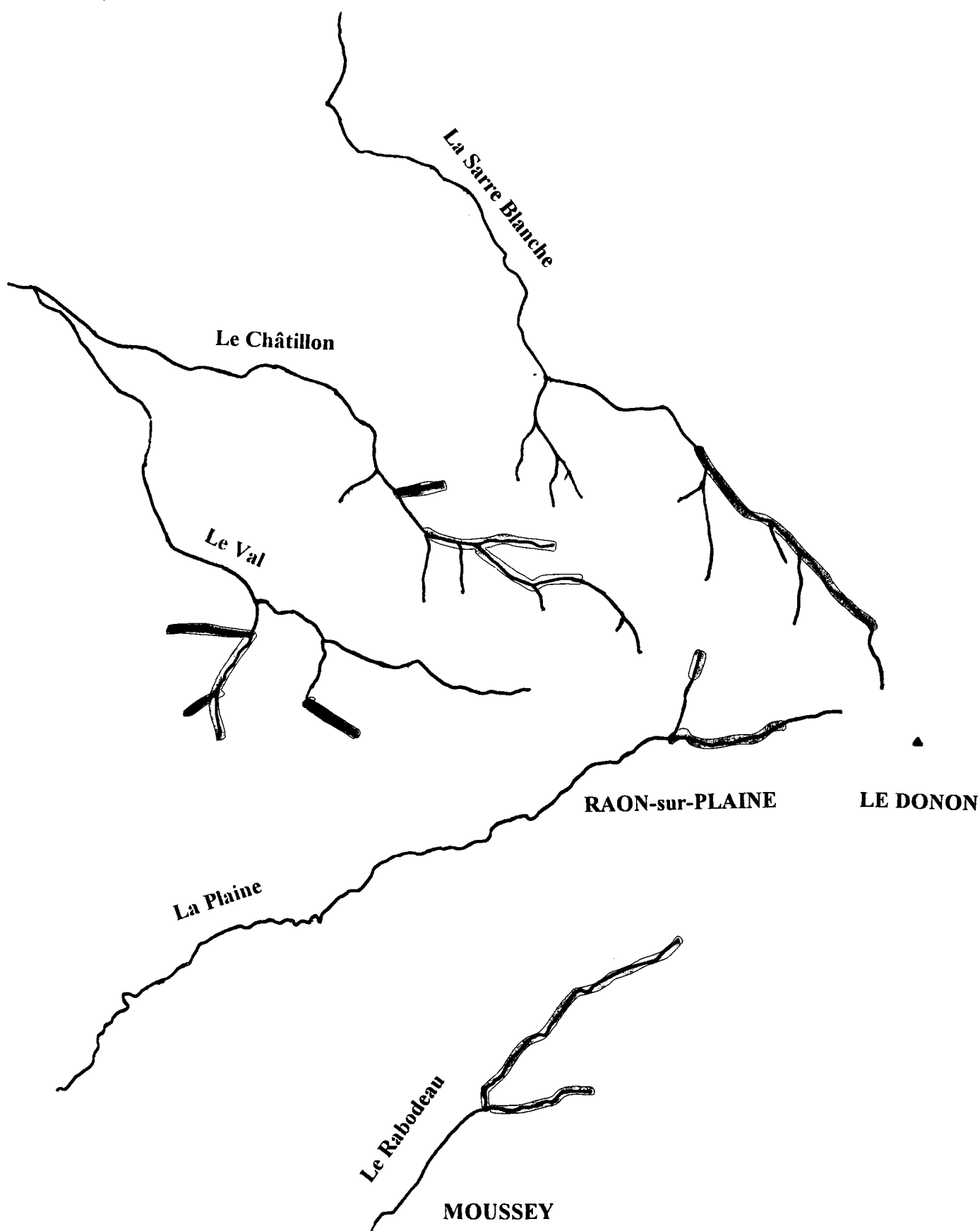





Figure 31: Carte du degré d'acidification des cours d'eau du massif du Donon.

-  : Cours d'eau caractérisé par des teneurs très élevées en aluminium total
-  : Cours d'eau acides et tamponnés
-  : Cours d'eau proches de la neutralité et bien tamponnés.

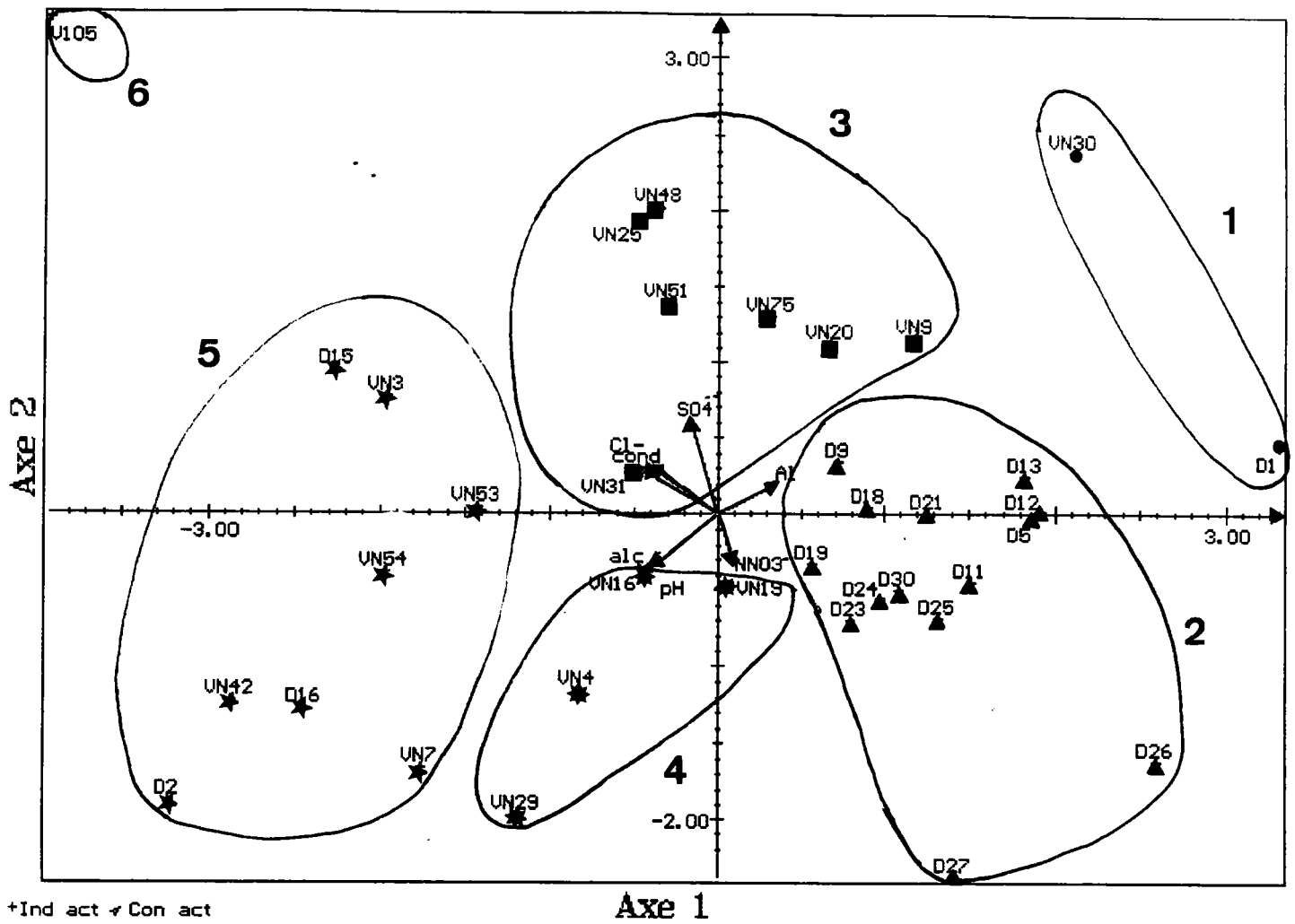
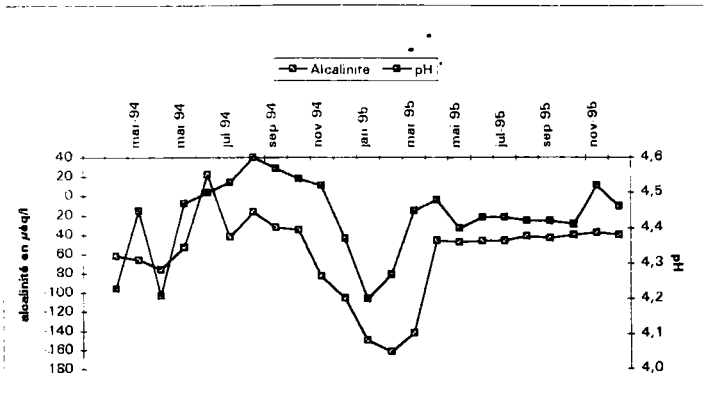
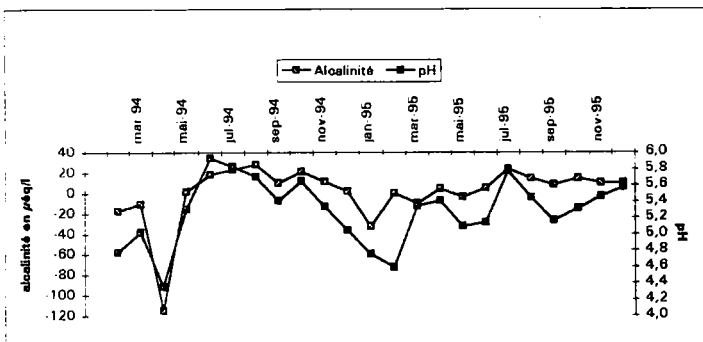


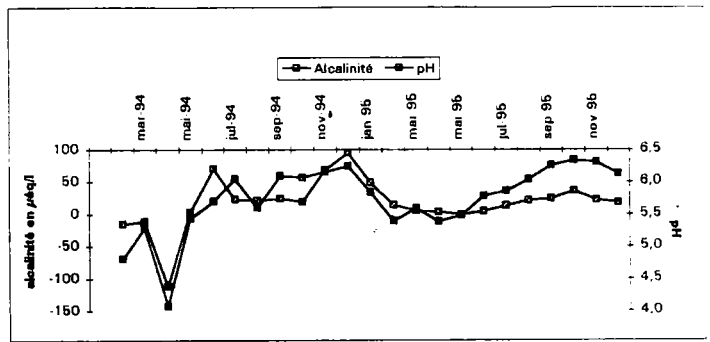
Figure 32: Analyse en Composantes Principales "A.C.P. Vosges du Nord-Donon" sur les valeurs moyennes des 7 paramètres physico-chimiques (n= 36 stations)



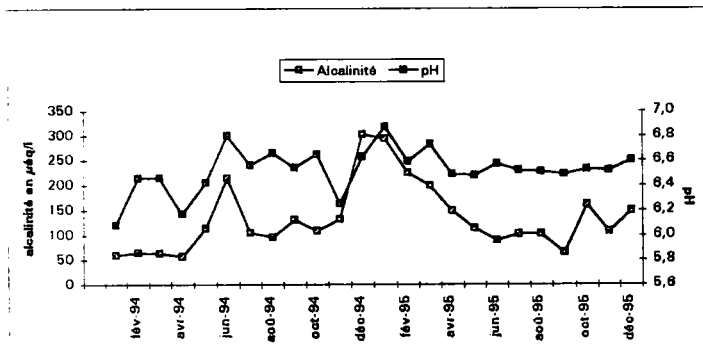
R30: Station du groupe 1



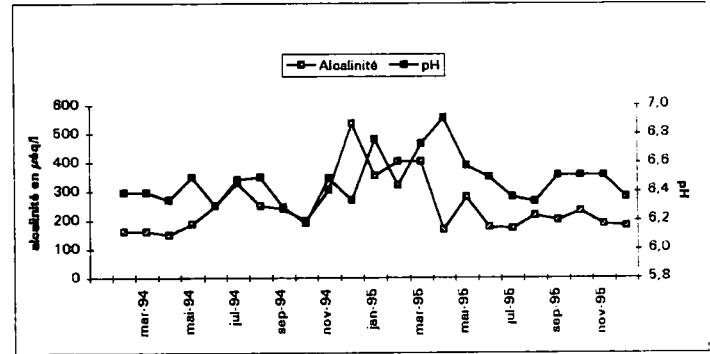
R75: station du groupe 2



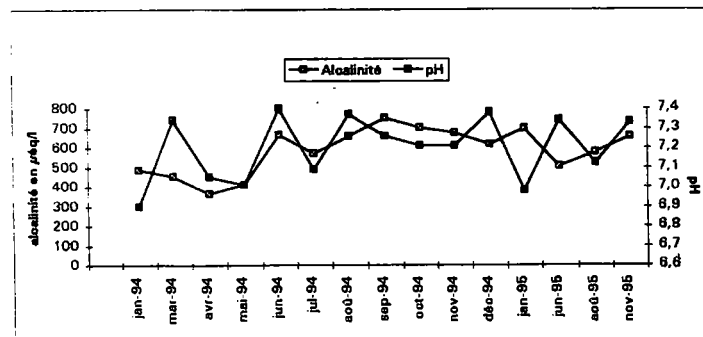
R25: station du groupe 2



R3: station du groupe 3

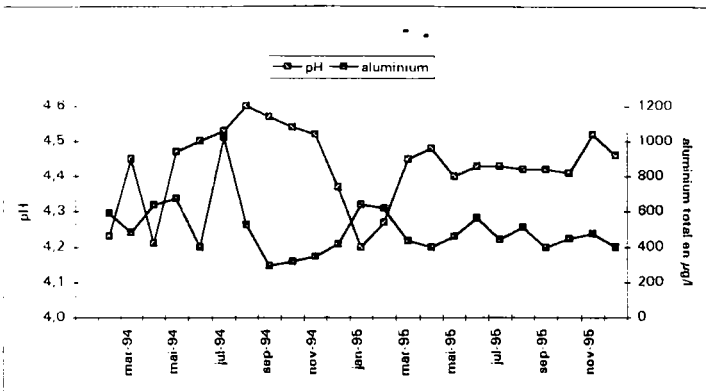


R7: station du groupe 4

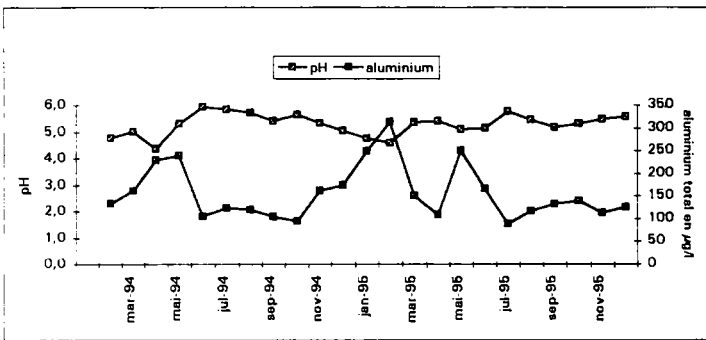


R47: station du groupe 4

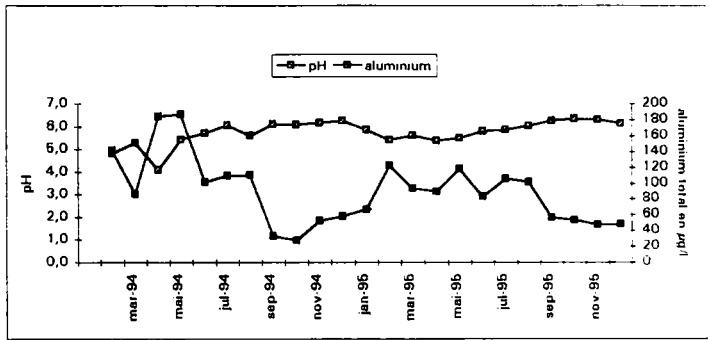
Figure 33a: Variations mensuelles du pH et de l'alcalinité



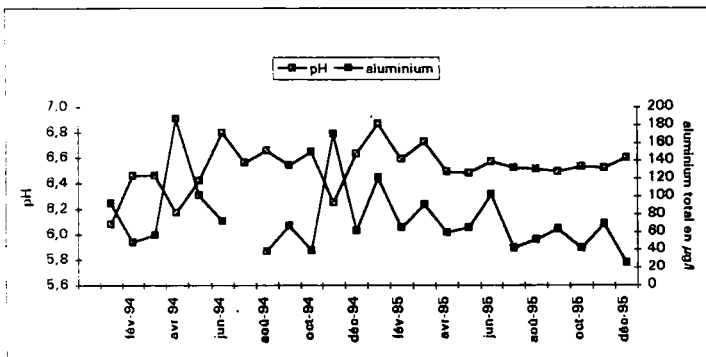
R30: station du groupe 1



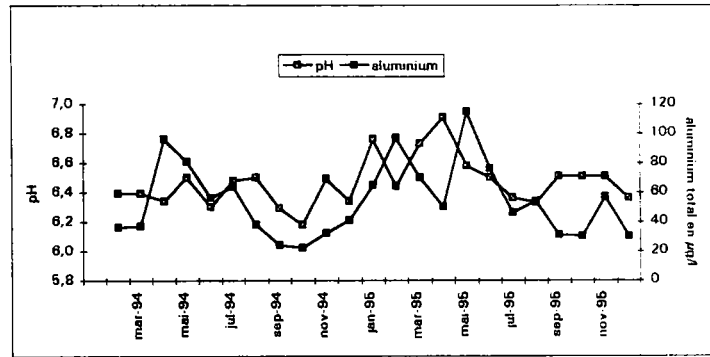
R75: station du groupe 2



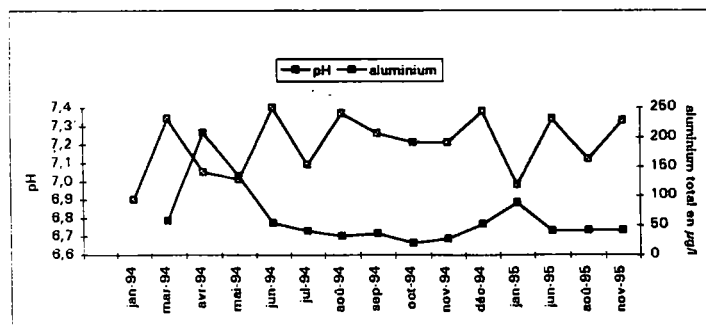
R25: station du groupe 2



R3: station du groupe 3



R7: station du groupe 3



R47: station du groupe 4

Figure 33b: Variations mensuelles du pH et de l'aluminium total

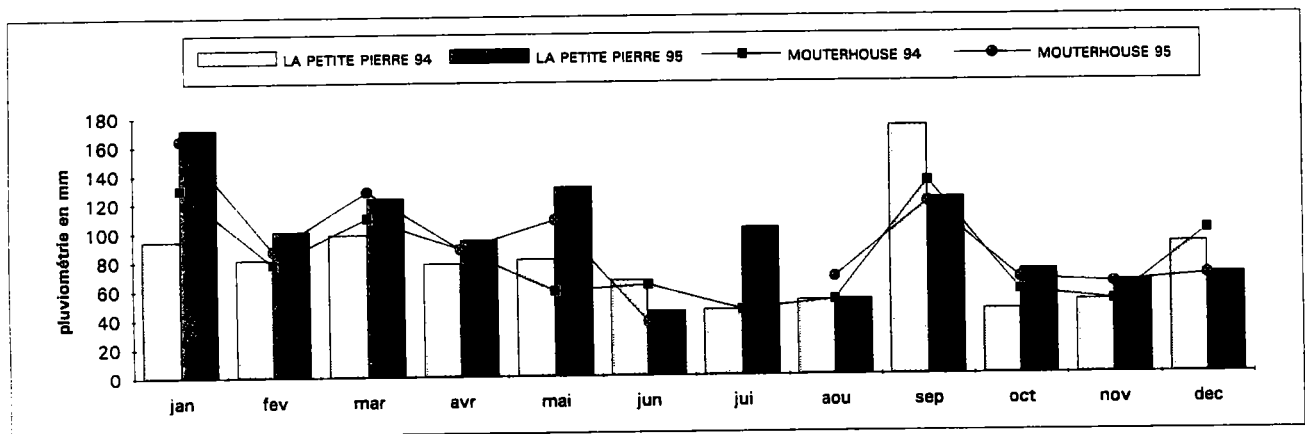


Figure 34: Variations mensuelles des précipitations en 1994 et en 1995 dans les Vosges du Nord.

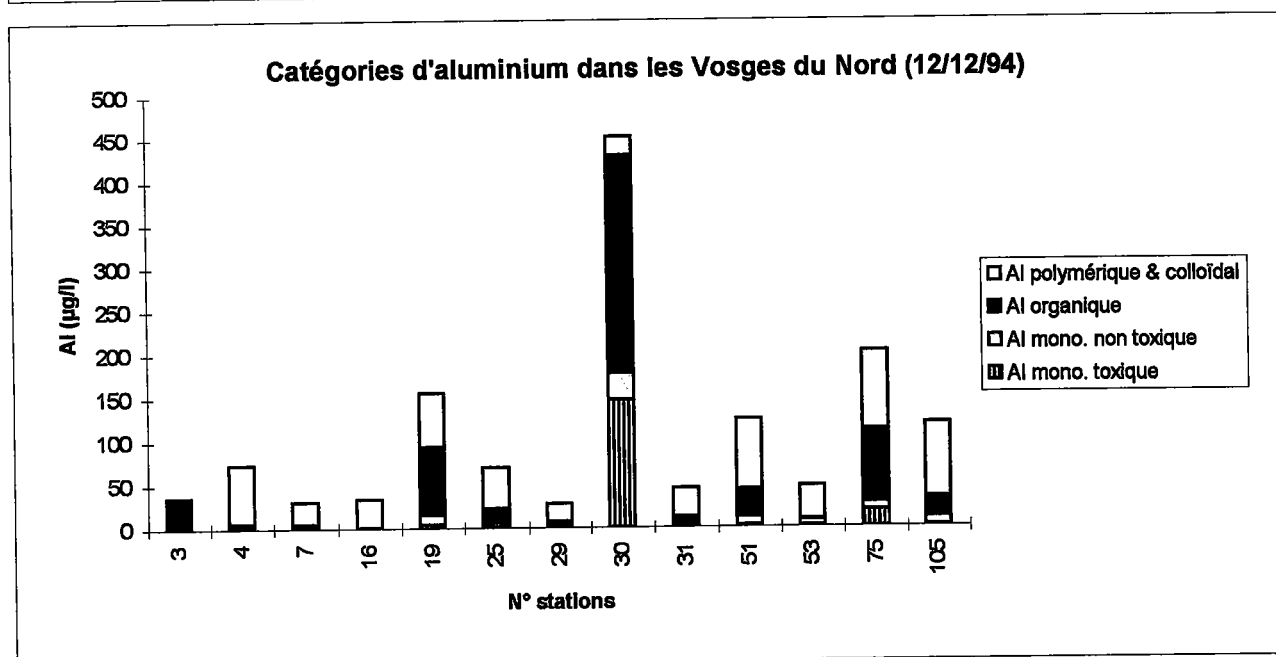
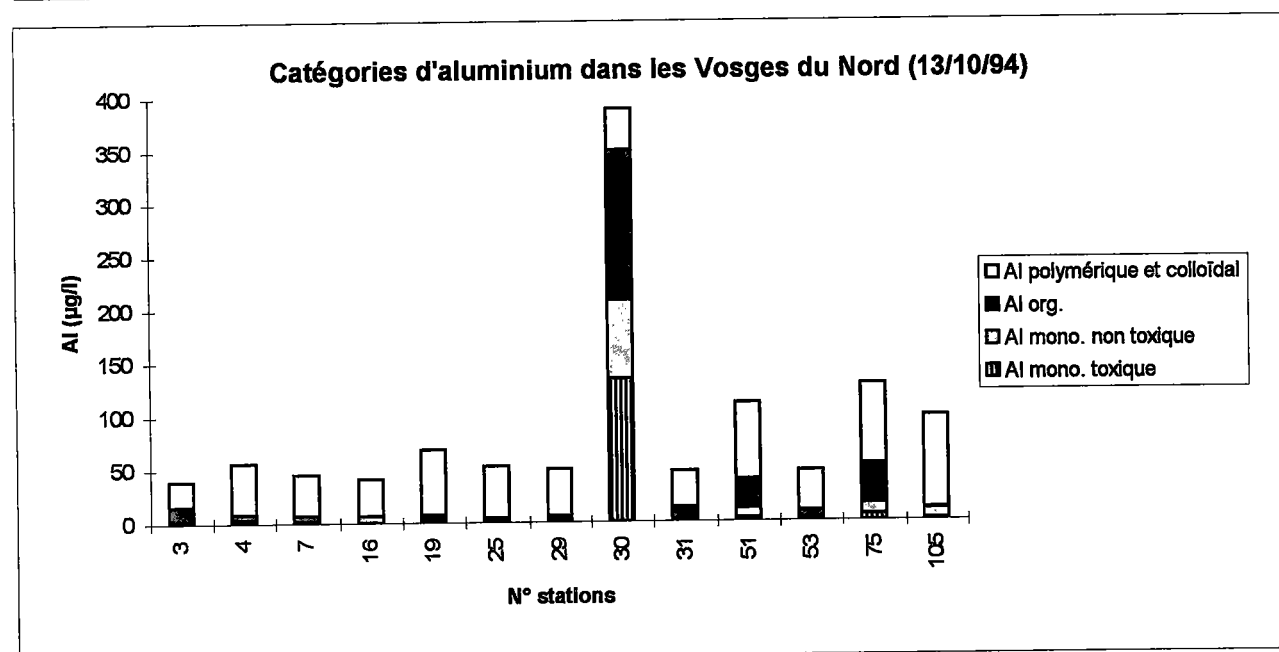
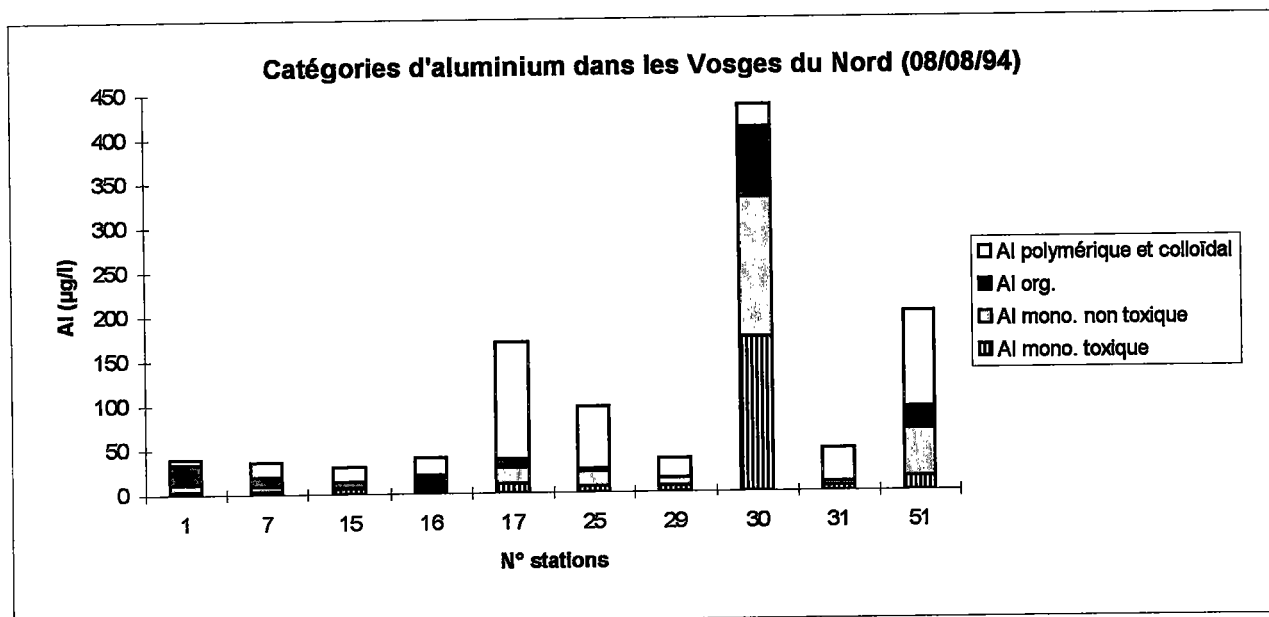


Figure 35: Variations temporelles des différentes catégories en aluminium.

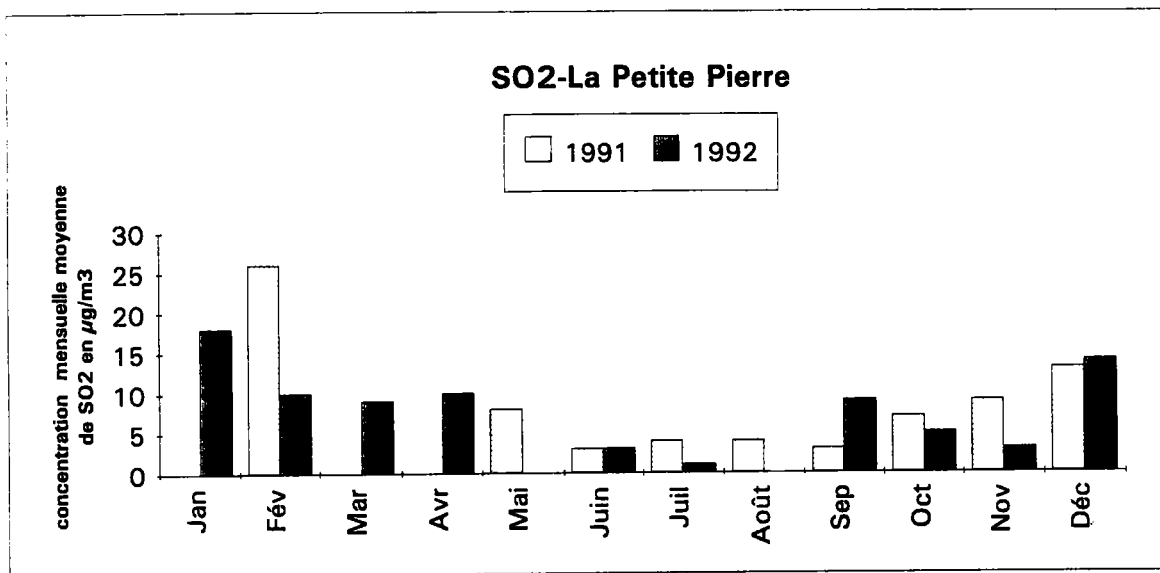


Figure 36: Moyenne mensuelle des concentrations en dioxyde de soufre en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
(d'après TARGET et al., 1994).

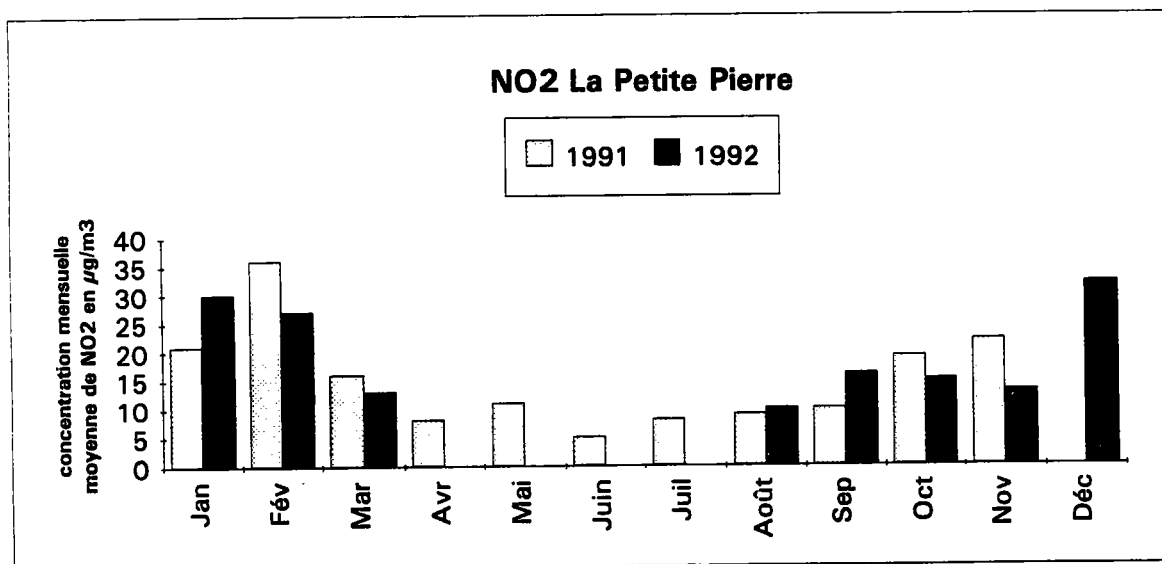
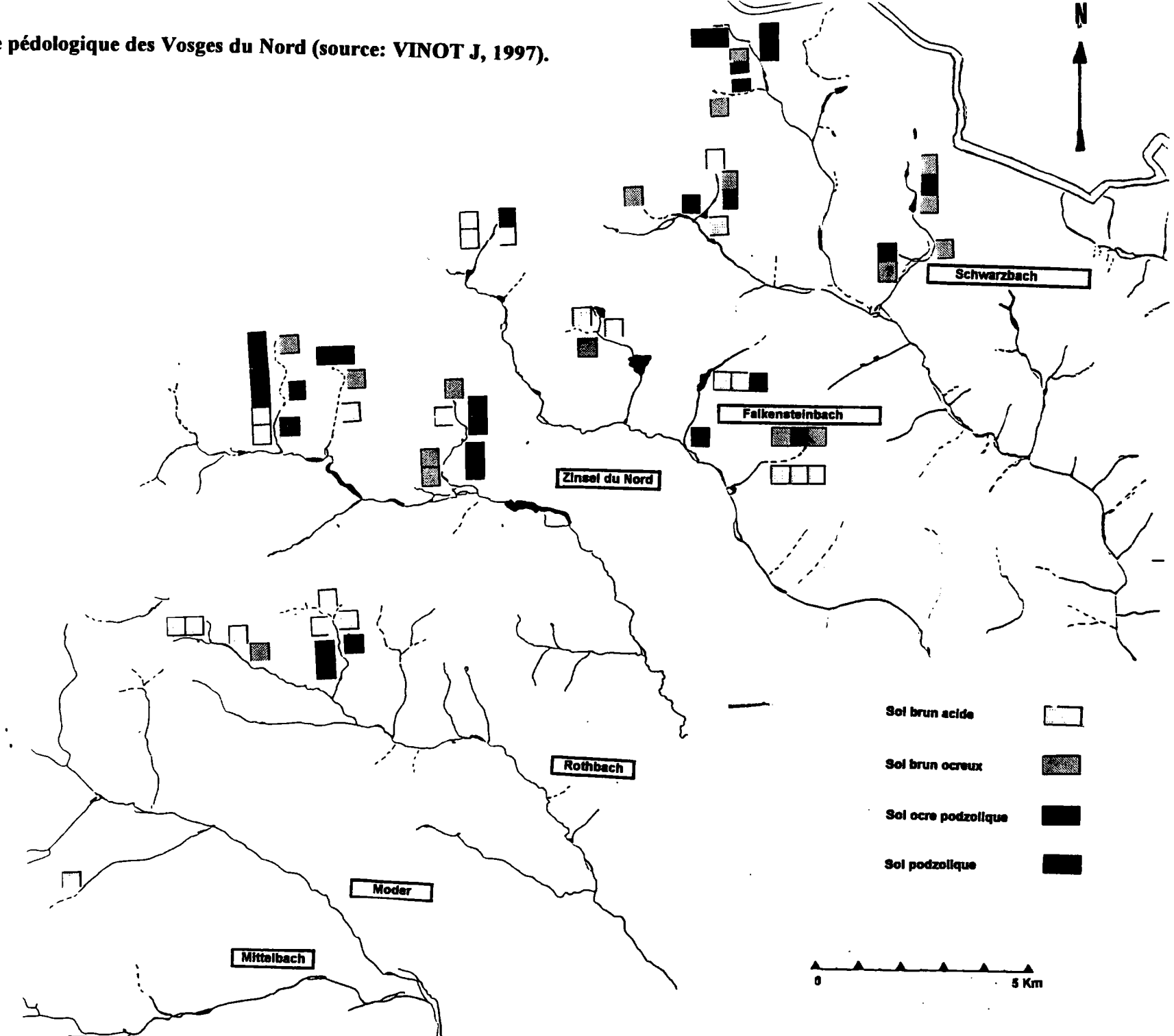
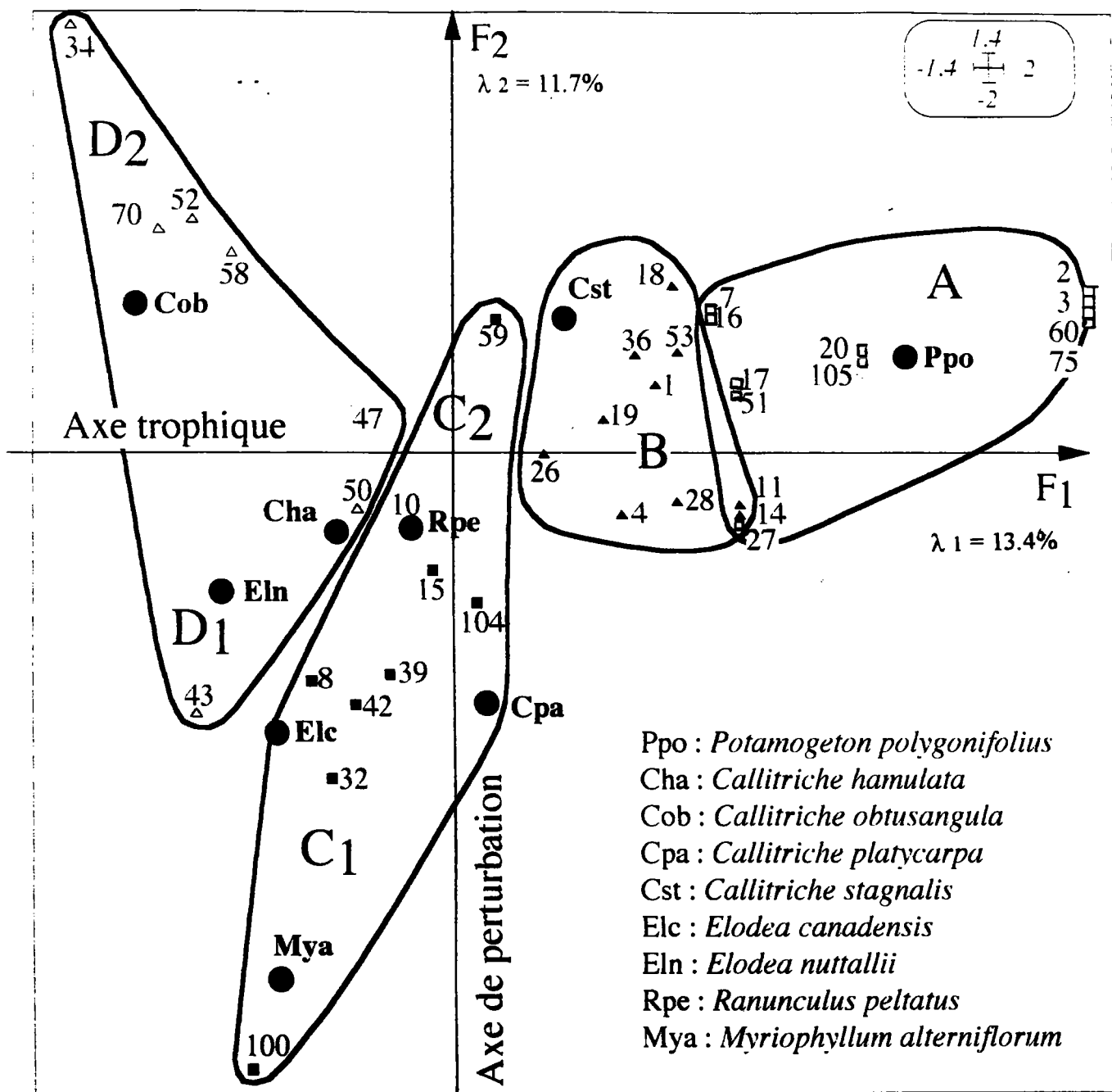


Figure 37: Moyenne mensuelle des concentrations en dioxyde d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
(d'après TARGET et al., 1994).

Figure 38: Esquisse pédologique des Vosges du Nord (source: VINOT J, 1997).





- communauté végétale A à *Potamogeton polygonifolius*
- ▲ communauté végétale B à *Potamogeton polygonifolius* et à *Callitriche hamulata*
- communauté végétale C à *Callitriche hamulata* et à *Elodea canadensis*
- △ communauté végétale D à *Callitriche hamulata* et à *Callitriche obtusangula*
- position des espèces caractéristiques des différents groupements végétaux

Figure 39: Analyse Factorielle des Correspondances "A.F.C.1a" (hydrophytes).

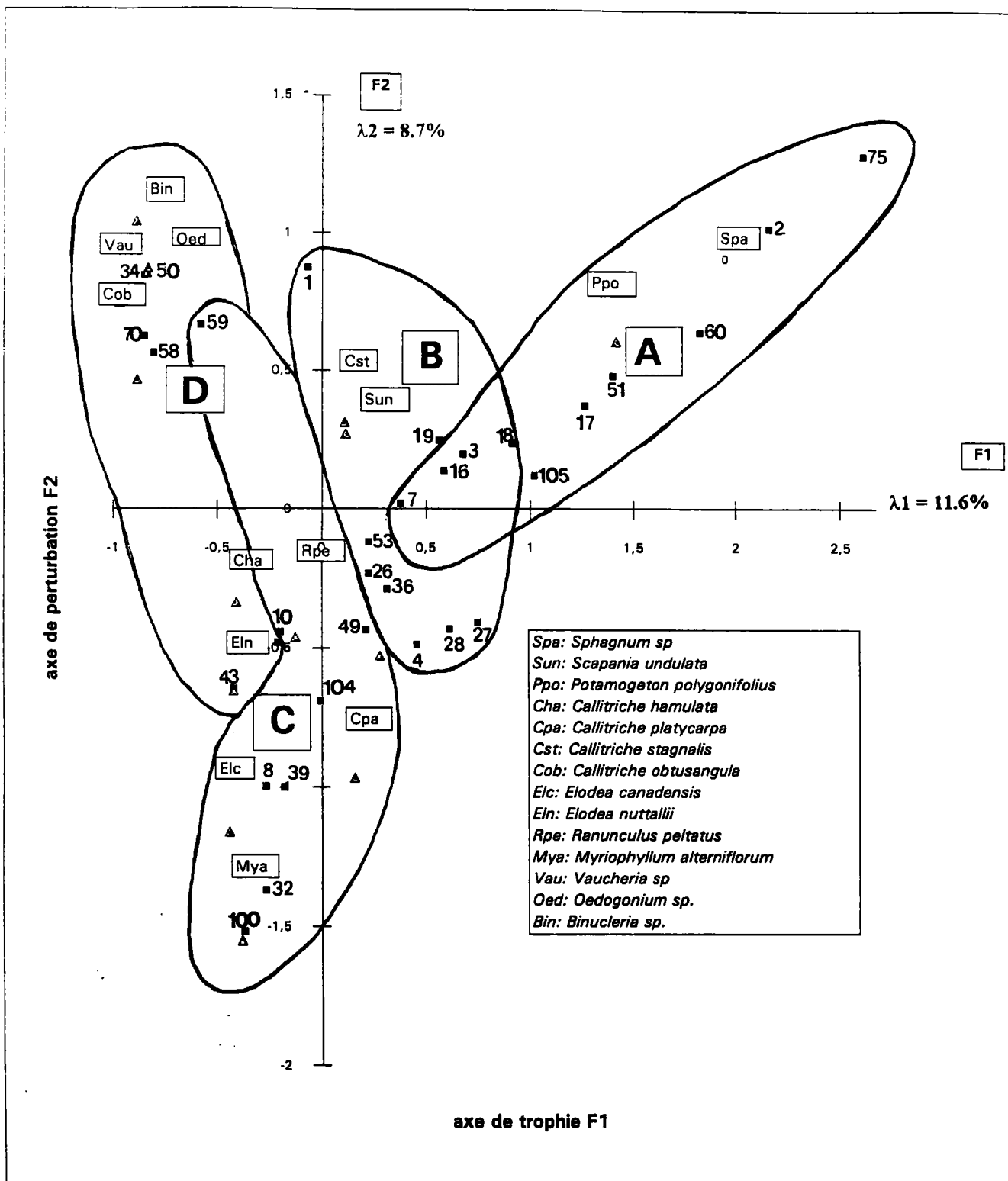


Figure 40 : Analyse Factorielle des Correspondances "AFC 1b "

- A: communauté végétale à *Potamogeton polygonifolius*
- B: communauté végétale à *Potamogeton polygonifolius* et à *Callitriche hamulata*
- C: communauté végétale à *Callitriche hamulata* et *Elodea canadensis*
- D: communauté végétale à *Callitriche hamulata* et *C. obtusangula*

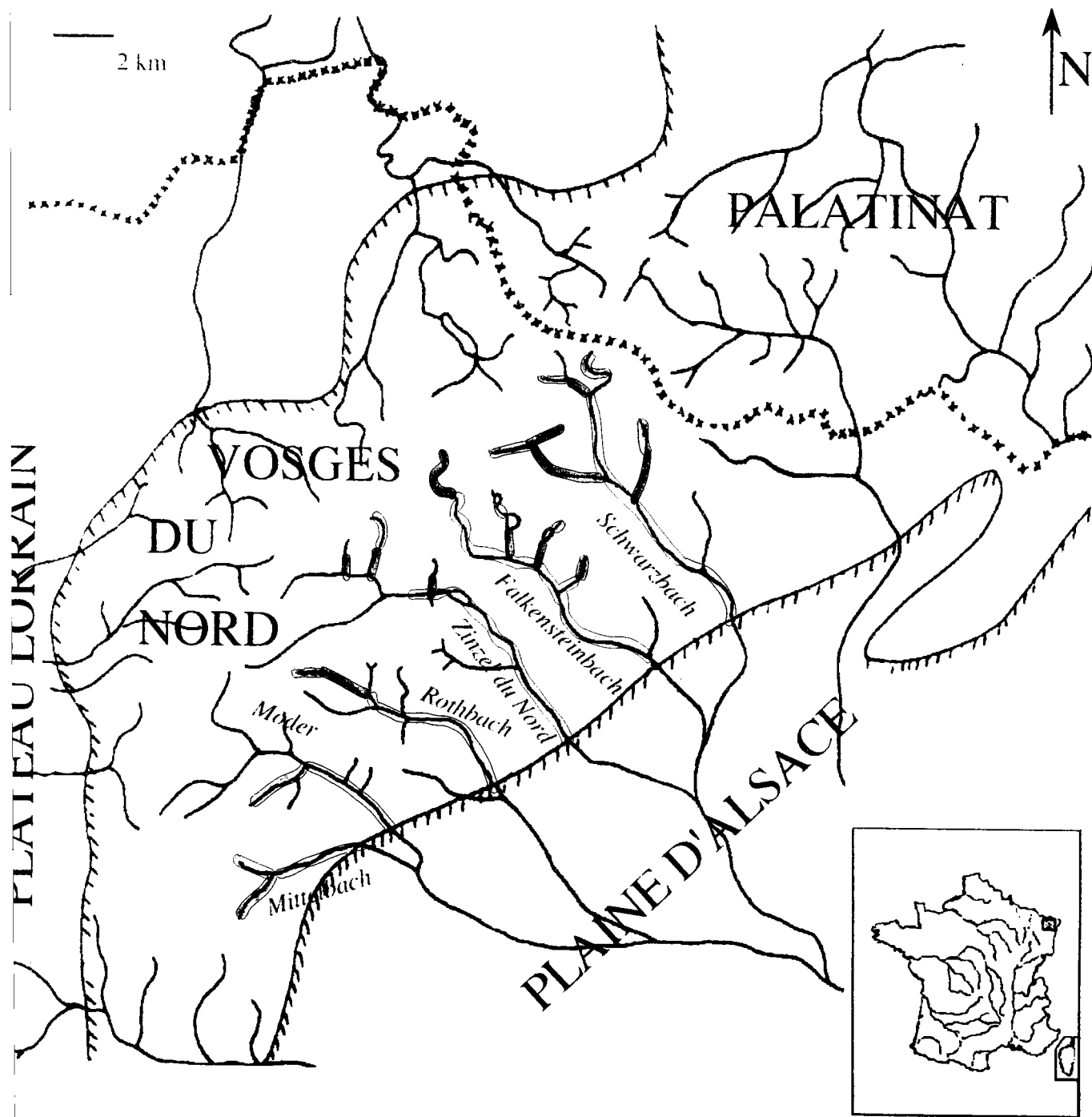



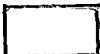


Figure 41: Carte de répartition des groupements végétaux sur les cours d'eau des Vosges du Nord.

-  Groupement végétal "A" à *Potamogeton polygonifolius*
-  Groupement végétal "B" à *P. polygonifolius* et *Callitriche hamulata*
-  Groupement végétal "C" à *C. hamulata* et *Elodea canadensis*
-  Groupement végétal "D" à *C. hamulata* et *C. obtusangula*.

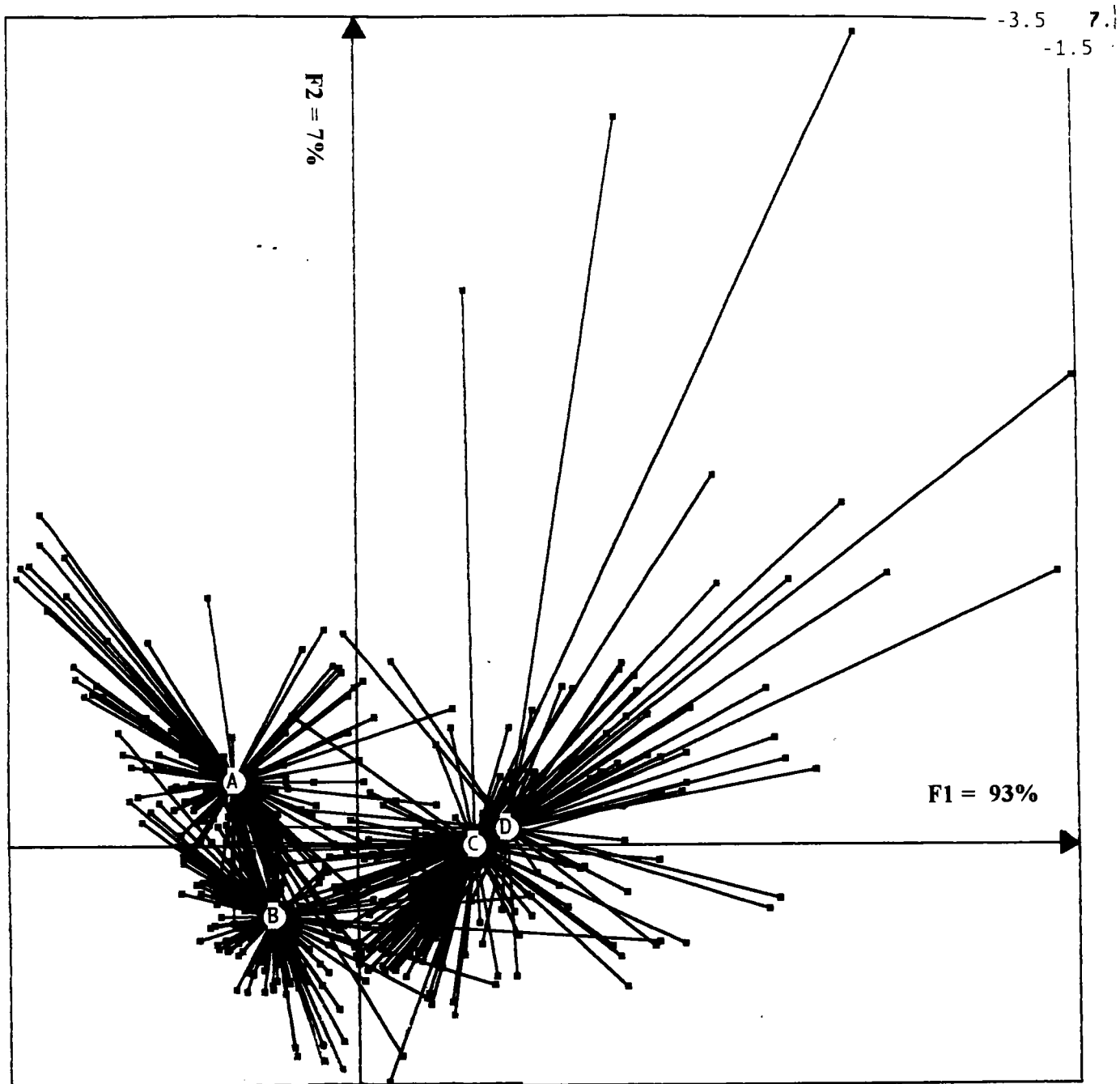


Figure 42: Analyse en Composantes principales ACP inter- groupements: variations saisonnières des principaux paramètres physico-chimiques: pH, conductivité, alcalinité, orthophosphates et azote ammoniacal.

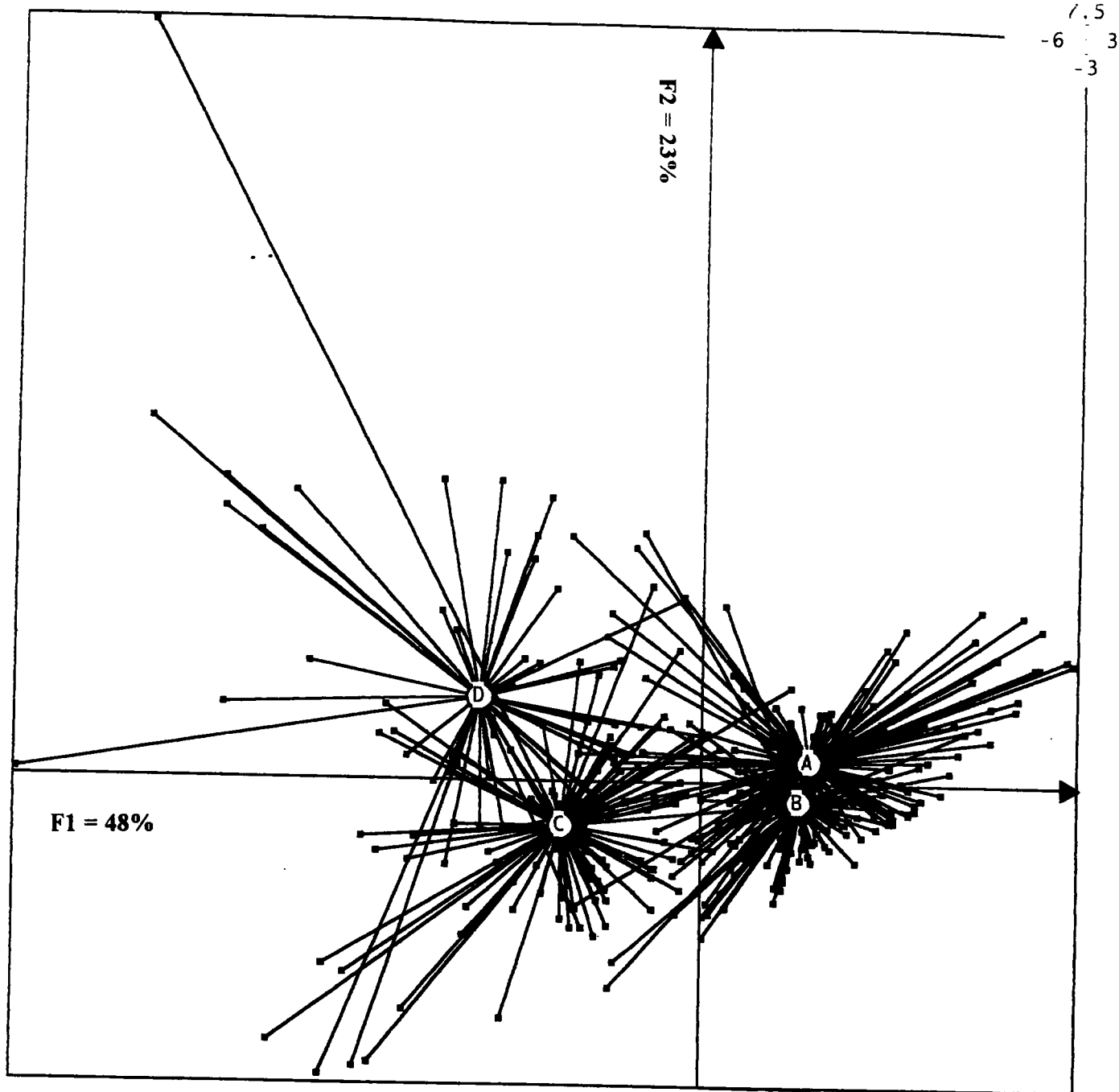


Figure 43a: Analyse en Composantes principales ACP intra-groupements: variations saisonnières des principaux paramètres physico-chimiques: pH, conductivité, alcalinité, orthophosphates et azote ammoniacal.

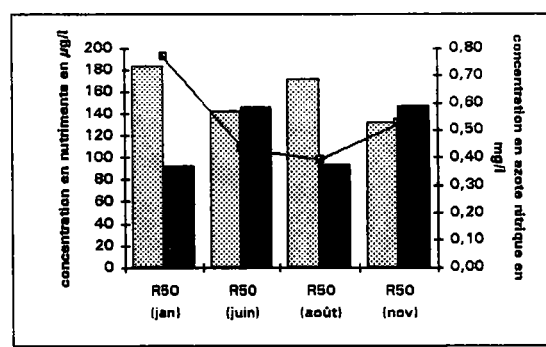
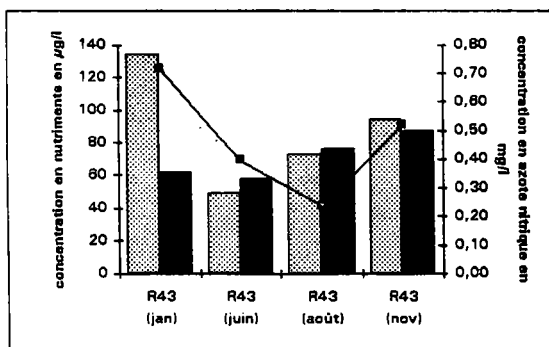
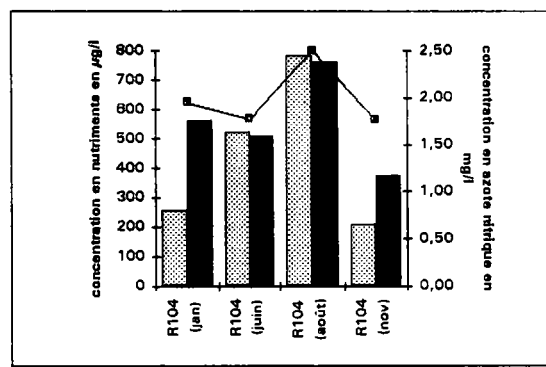
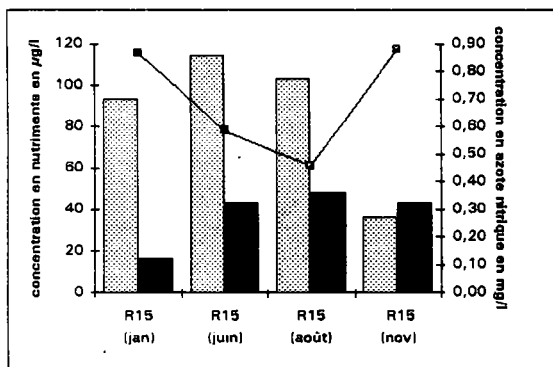
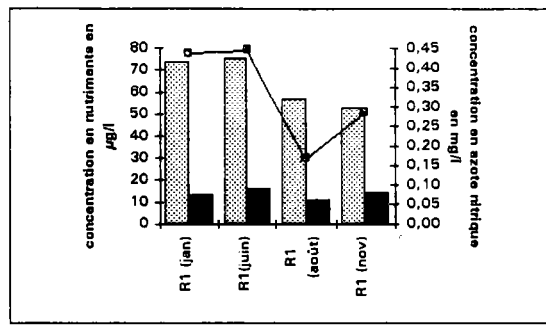
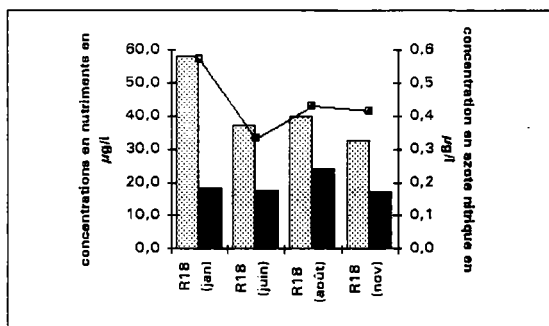
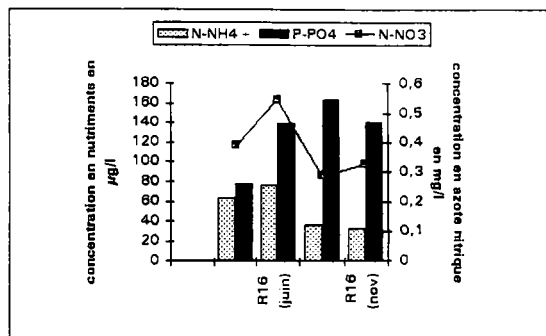
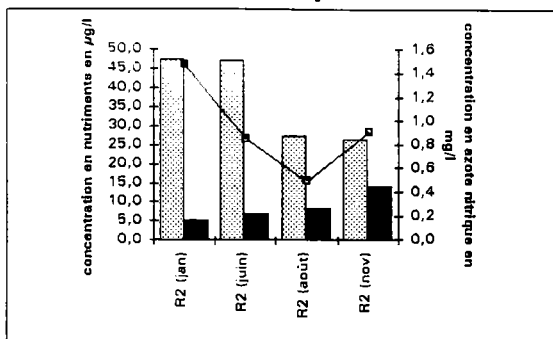


Figure 43b: Variations saisonnières intra-groupe

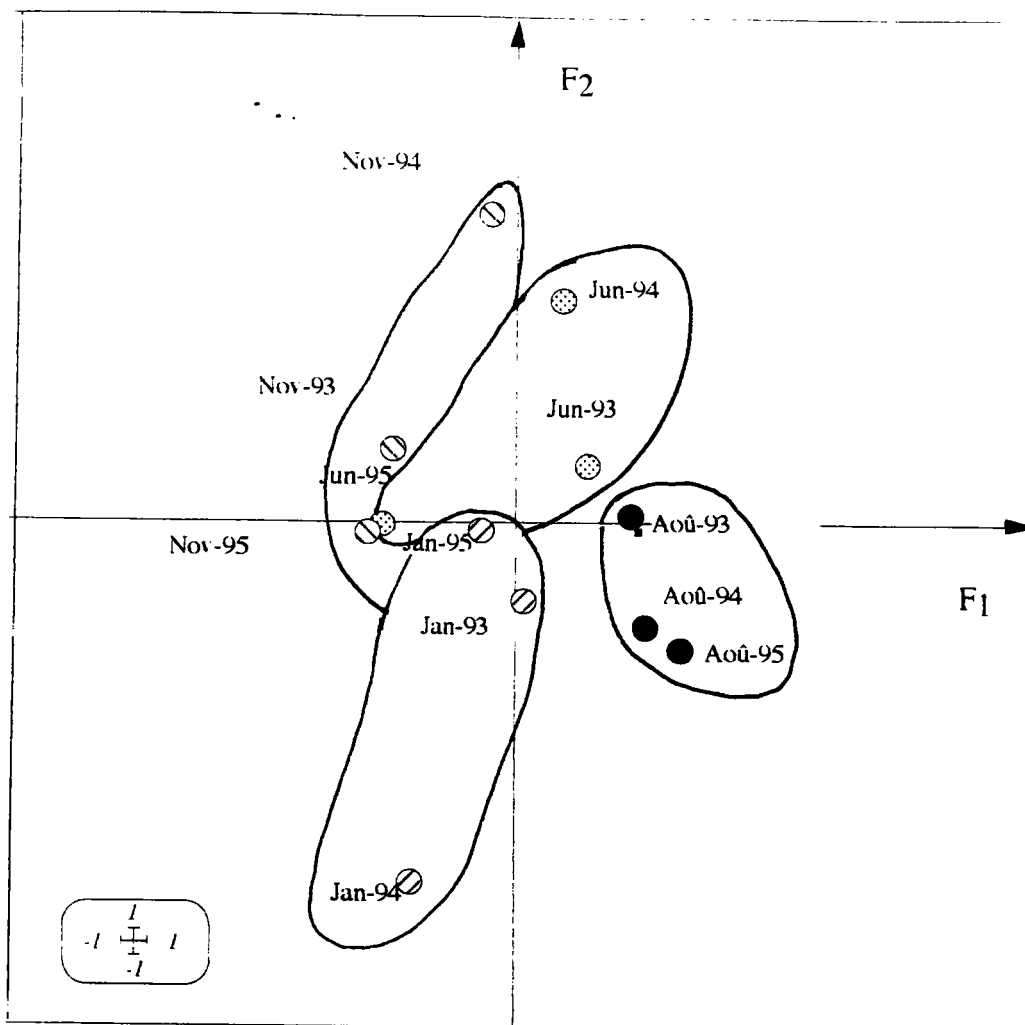


Figure 44: Analyse en Composantes principales ACP inter- groupements: variations inter-annuelles des principaux paramètres physico-chimiques: pH, conductivité, alcalinité, orthophosphates et azote ammoniacal.

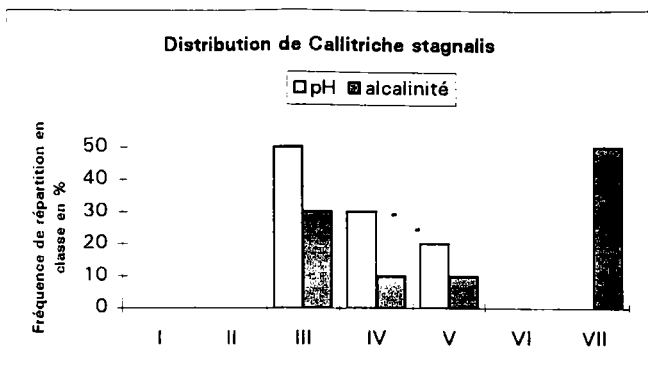


Fig 45a

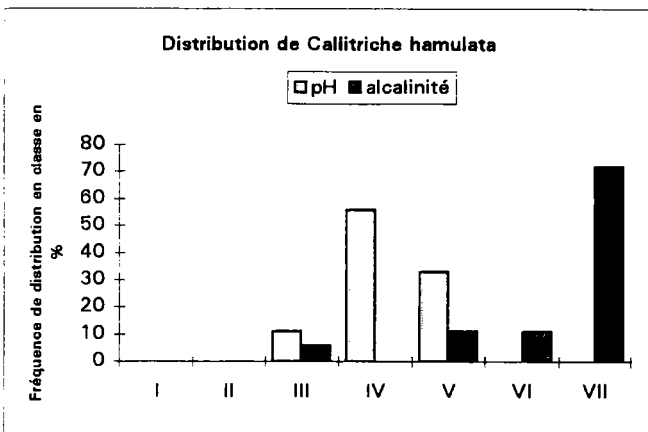
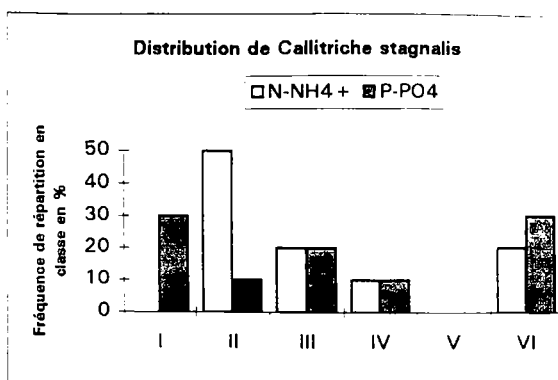


Fig 45b

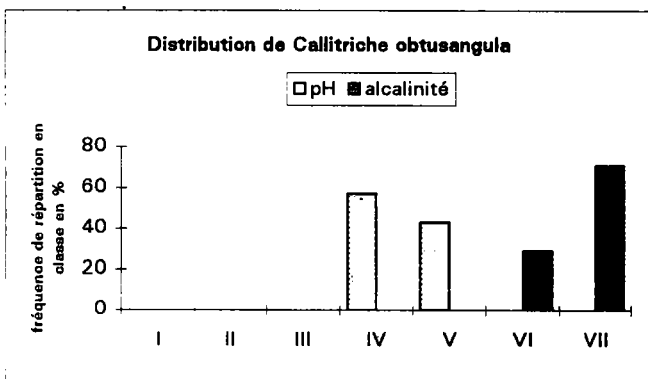
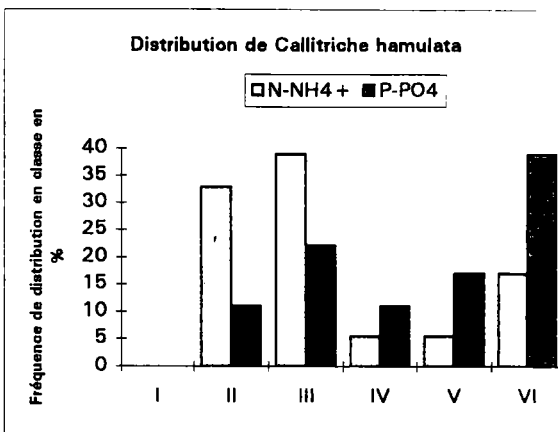


Fig 45c

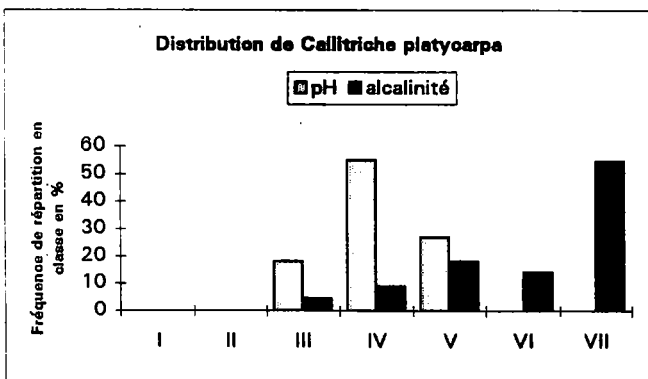
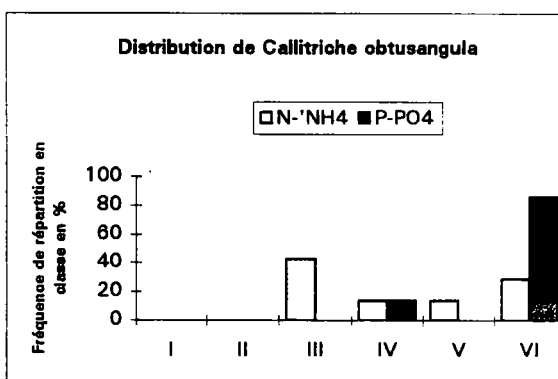
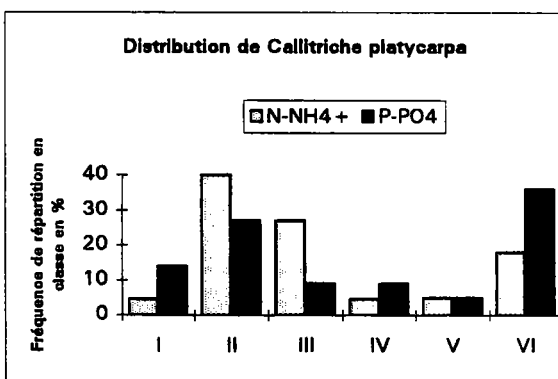


Fig 45d



	I	II	III	IV	V	VI	VII
pH	<5.5	5.5 < x < 6.0	6.0 < x < 6.5	6.5 < x < 7.0	>7.0		
alcalinité en $\mu\text{eq/l}$	< 50	50 < x < 100	100 < x < 150	150 < x < 200	200 < x < 250	250 < x < 300	> 300
N-NH4+ $\mu\text{g/l}$	0 < x < 40	40 < x < 80	80 < x < 120	120 < x < 160	160 < x < 200	> 200	
P-PO43- $\mu\text{g/l}$	0 < x < 20	20 < x < 40	40 < x < 60	60 < x < 80	80 < x < 100	> 100	

Figure 45: Distribution des principales espèces de macrophytes aquatiques en fonction du pH, de l'alcalinité, de l'azote ammoniacale et des orthophosphates.

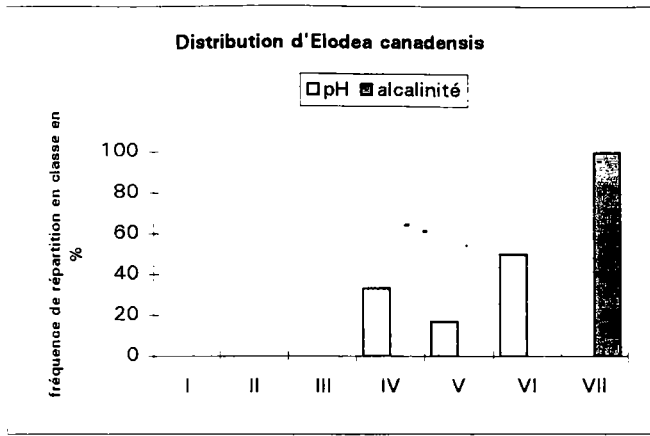


Fig 45e

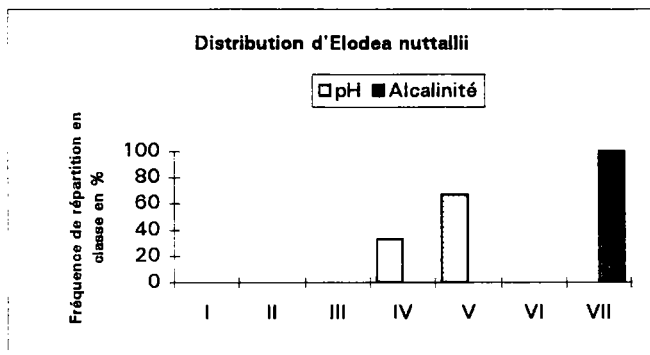
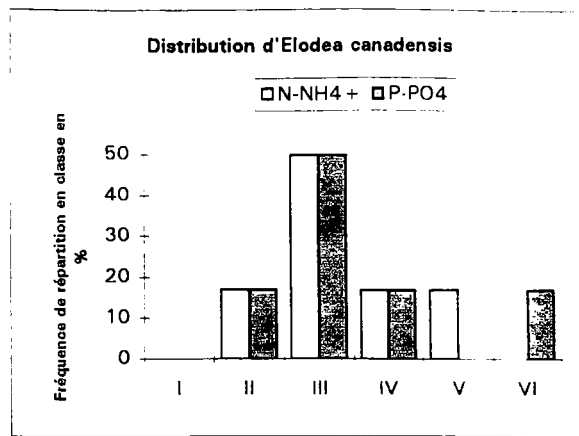


Fig 45f

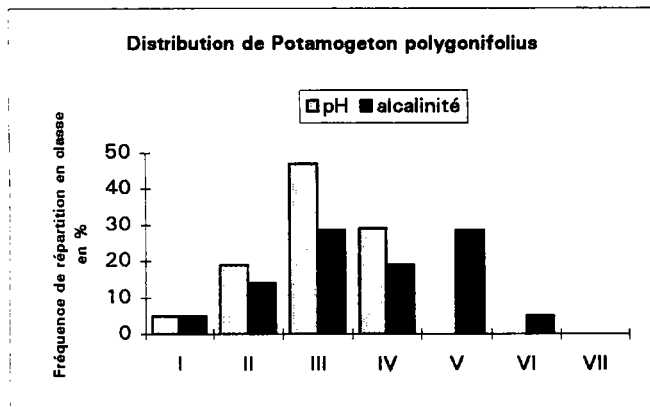
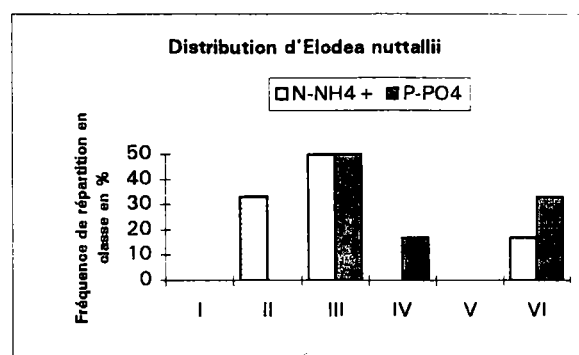


Fig 45g

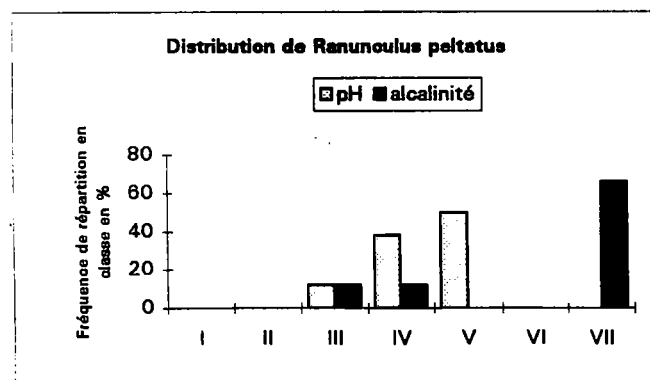
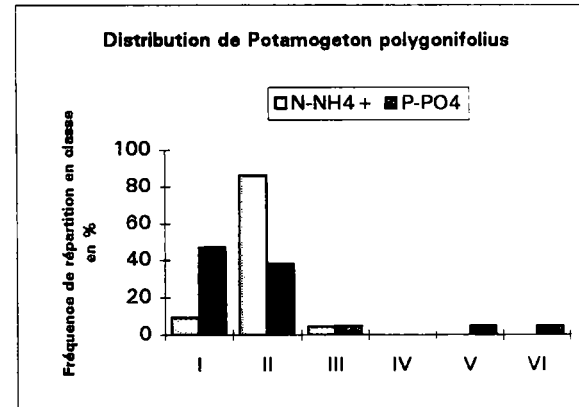
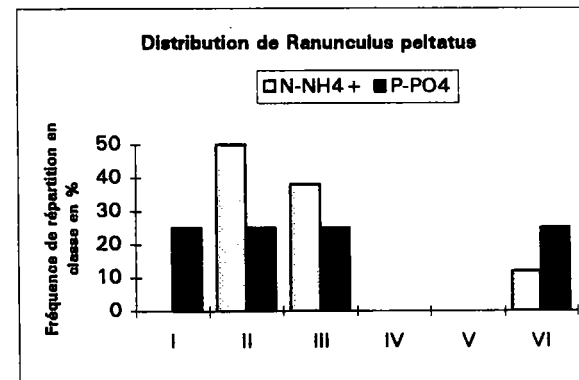


Fig 45h



	V	I	II	III	IV	V	VI	VII
pH		< 5,5	5,5 < x < 6,0	6,0 < x < 6,5	6,5 < x < 7,0	> 7,0		
alcalinité en $\mu\text{éq/l}$		< 50	50 < x < 100	100 < x < 150	150 < x < 200	200 < x < 250	250 < x < 300	> 300
N-NH4+ $\mu\text{g/l}$		0 < x < 40	40 < x < 80	80 < x < 120	120 < x < 160	160 < x < 200	> 200	
P-PO4- $\mu\text{g/l}$		0 < x < 20	20 < x < 40	40 < x < 60	60 < x < 80	80 < x < 100	> 100	

Figure 45: Distribution des principales espèces de macrophytes aquatiques en fonction du pH, de l'alcalinité, de l'azote ammoniacale et des orthophosphates.

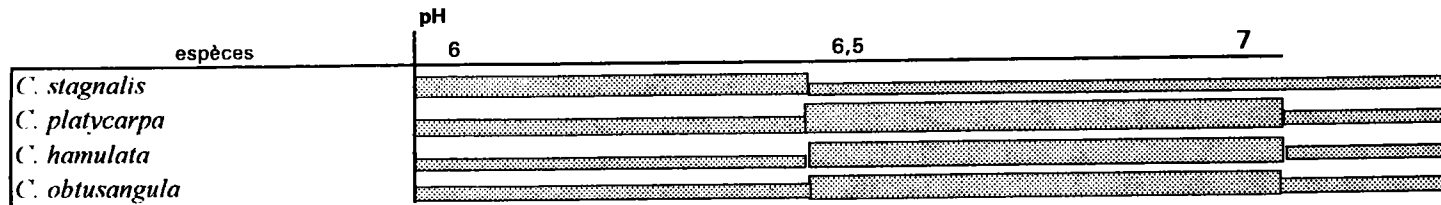


Fig: 46a

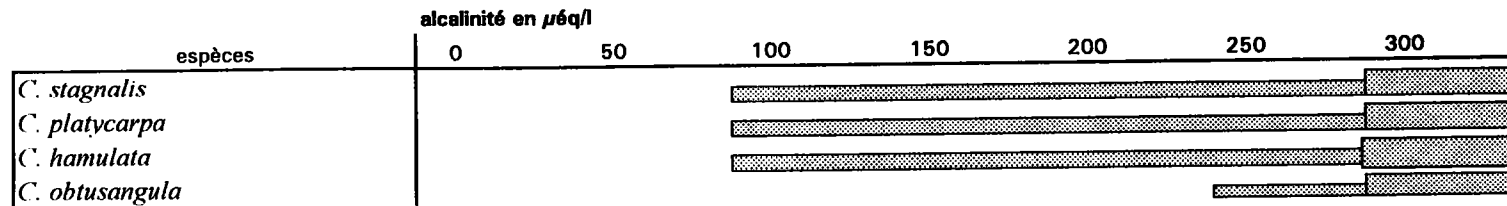


Fig: 46b

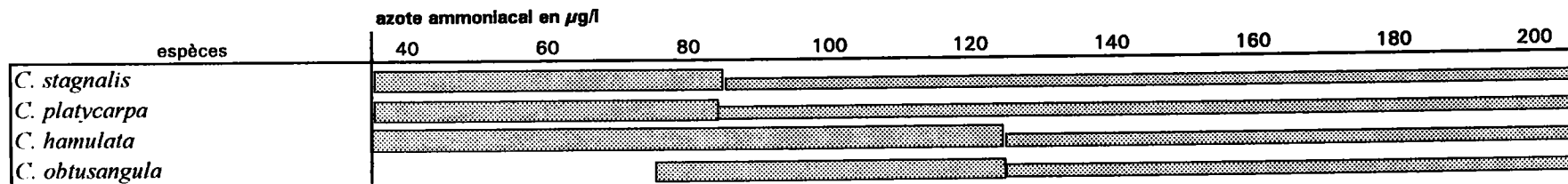


Fig: 46c

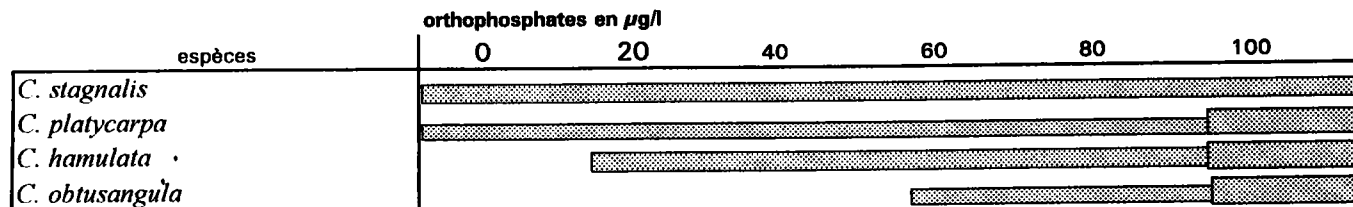




Fig: 46d

Figure 46: Distribution des espèces en fonction du pH, de l'alcalinité, de l'azote ammoniacal et des orthophosphates.

 optimum de fréquence de l'espèce
 distribution de l'espèce

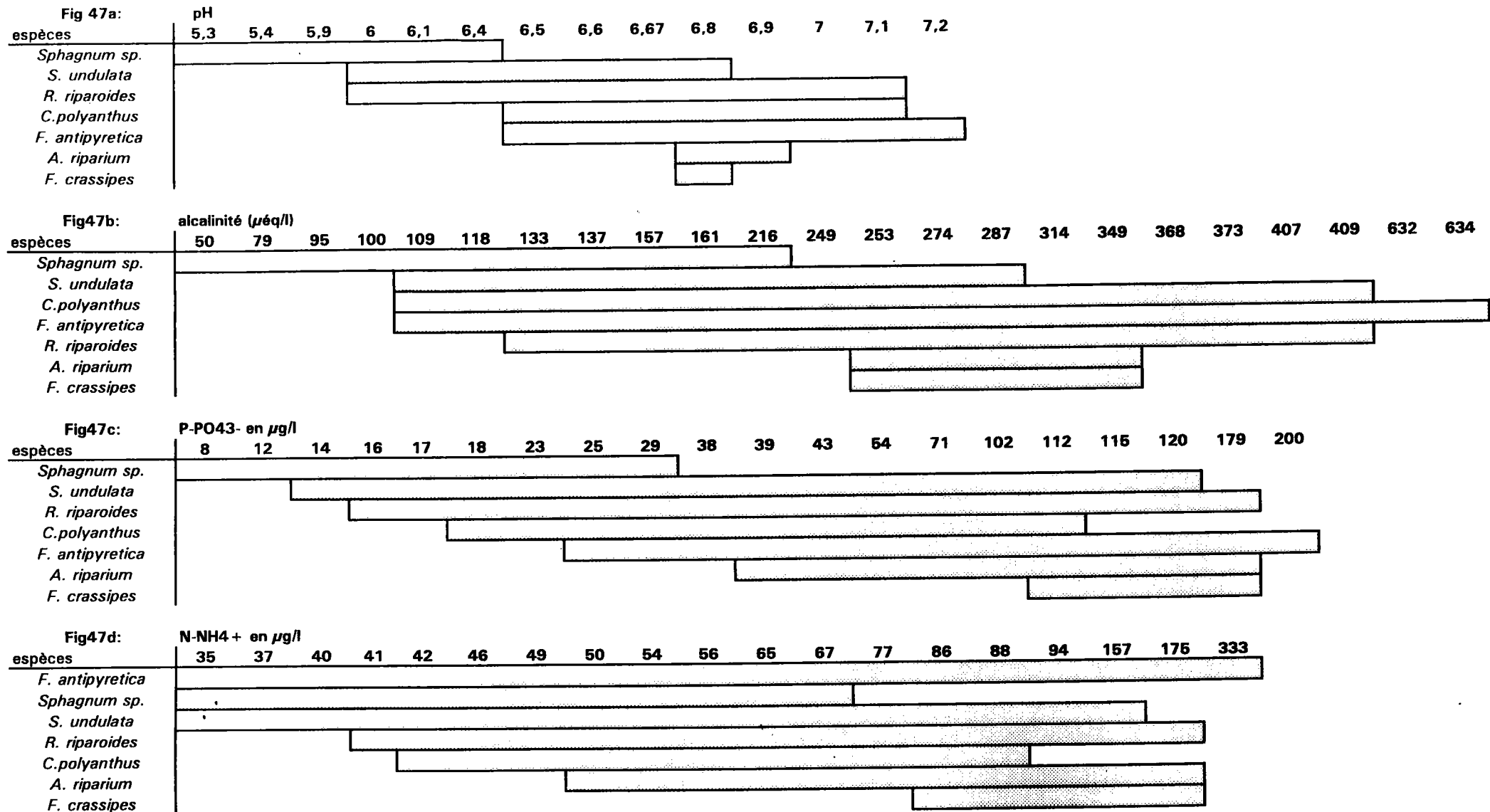


Figure 47: Distribution des bryophytes en fonction des principaux paramètres de la qualité des eaux

47a: en fonction du pH

47b: en fonction de l'alcalinité

47c: en fonction des orthophosphates

47d: en fonction de l'azote ammoniacal

Figure 48a

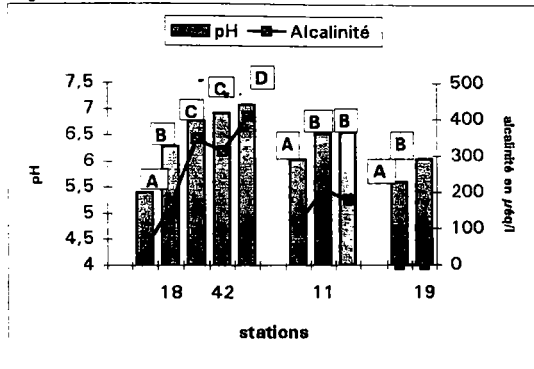


Figure 48b

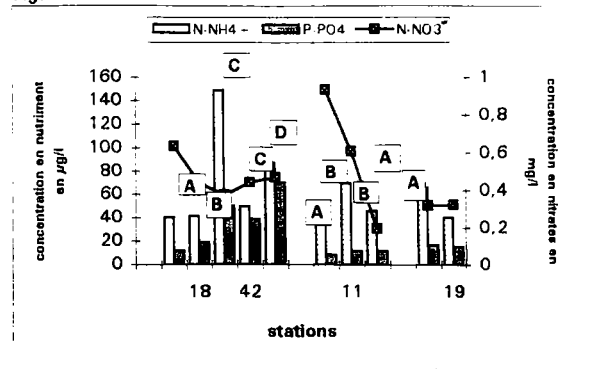


Figure 48: Zonation amont -aval du Schwarzbach
 R75, R18, R10, R42, R43: cours principal
 R2, R11, R4: affluent I
 R20, R19: affluent II

Figure 49a

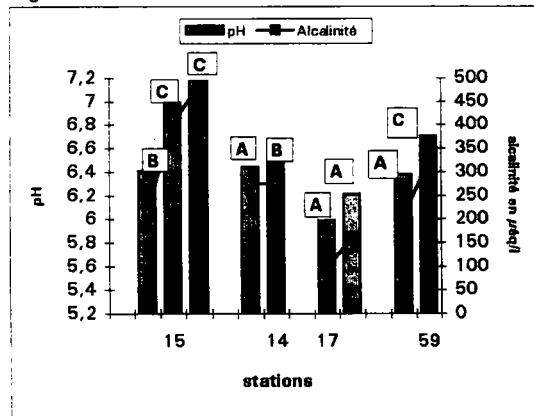


Figure 49b

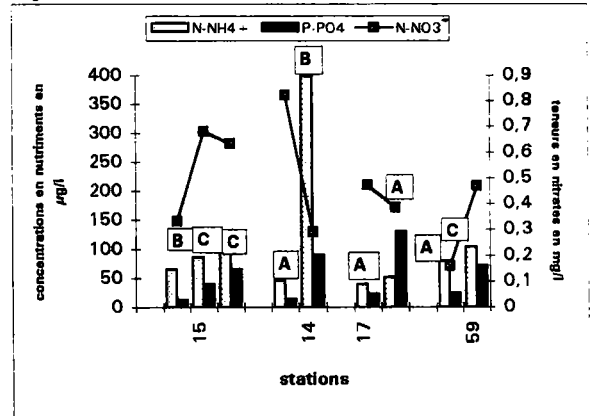


Figure 49: Zonation amont -aval du Falkensteinbach
 R1, R15, R100: cours principal
 R7, R14: affluent I
 R17, R16: affluent II
 R60, R59: affluent III

Figure 50a

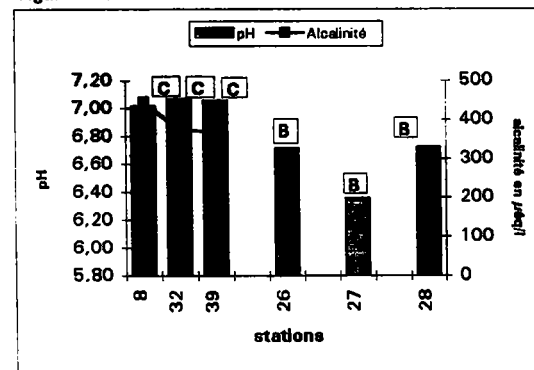


Figure 50b

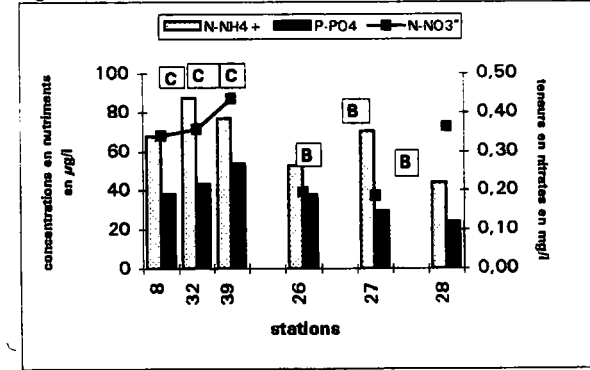


Figure 50: Zonation amont -aval de la Zinsel du Nord
 R8, R32, R39: cours principal
 R27: affluent I
 R28: affluent III
 R26: affluent II

Figure 51a

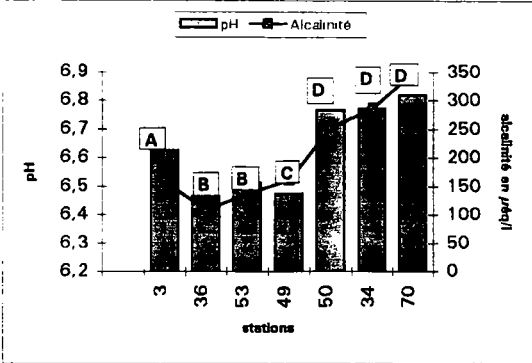


Figure 51b

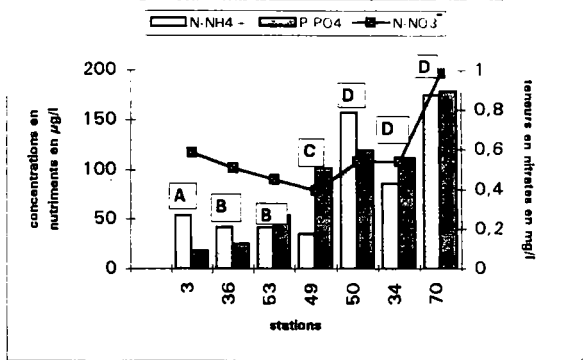


Figure 51: Zonation amont-aval sur le Rothbach.

Figure 52a

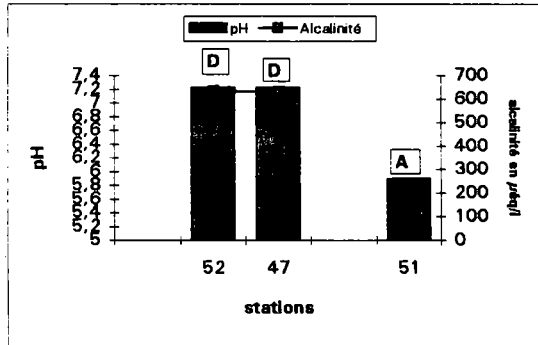


Figure 52b

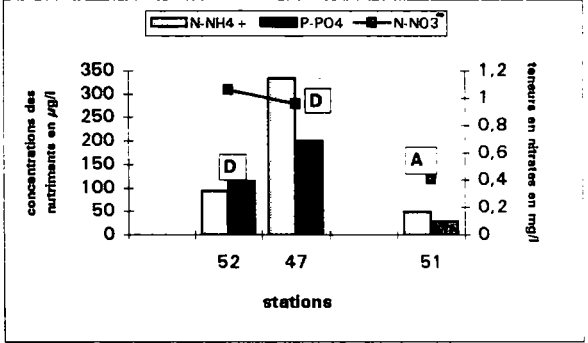


Figure 52: Zonation amont-aval sur la Moder
R52, R47: cours principal de la Moder
R51: affluent I

Figure 53a

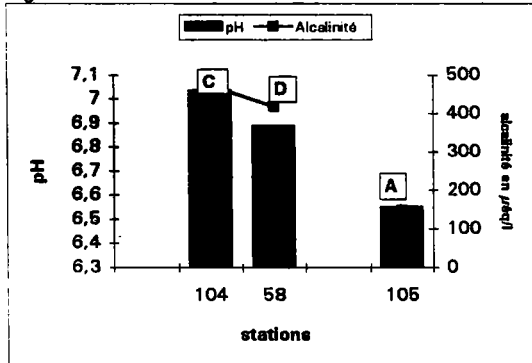


Figure 53b

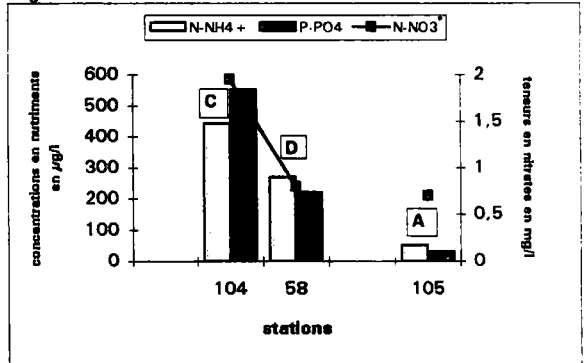
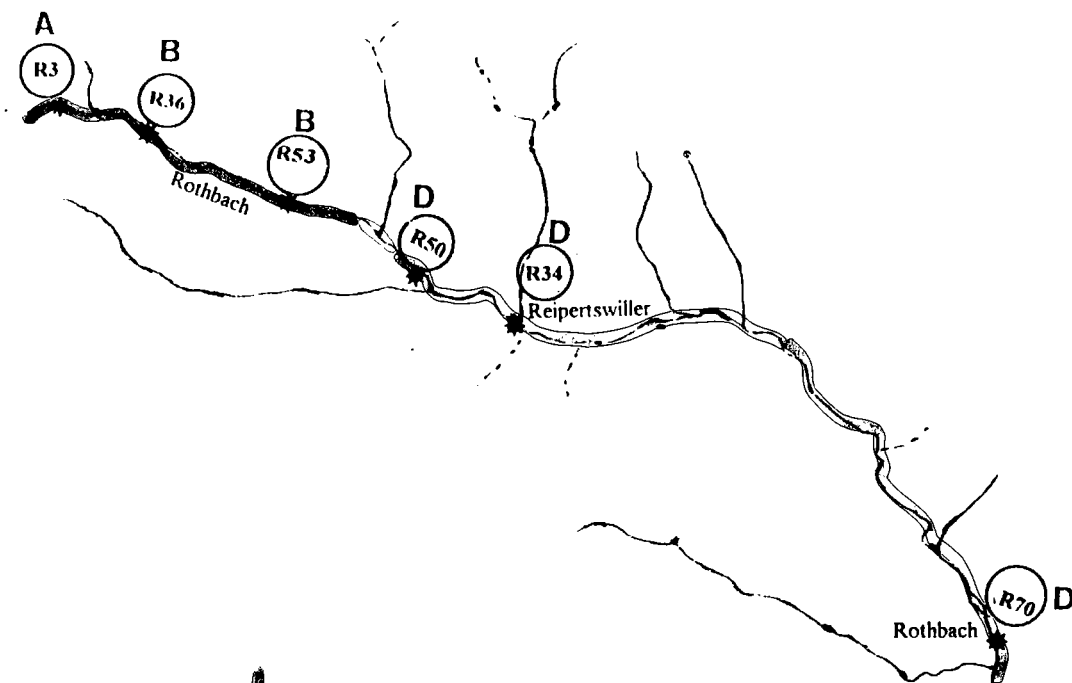


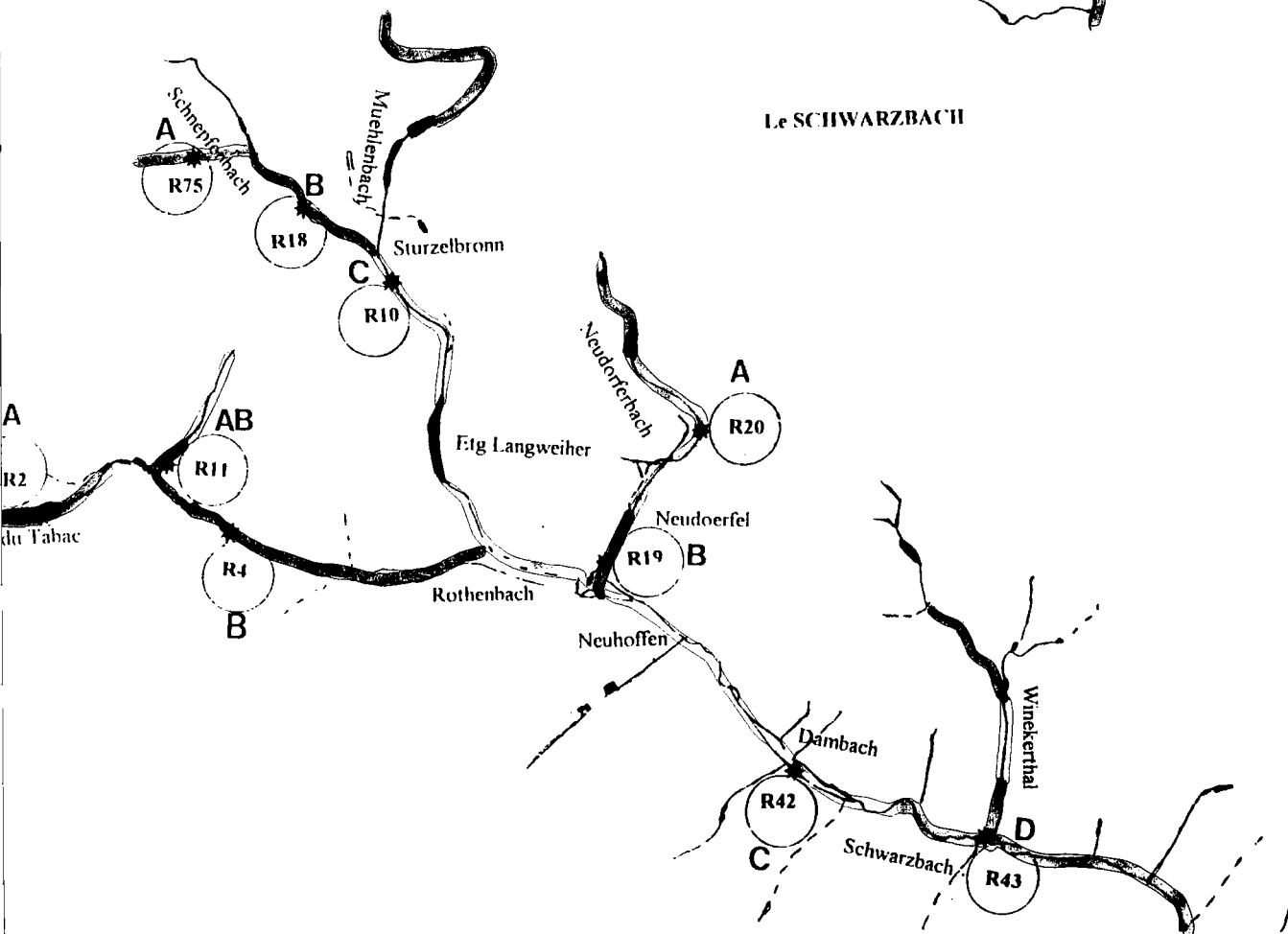
Figure 53: Zonation amont-aval sur le Mittelbach
R104, R58: cours principal sur le Mittelbach
R105: affluent I.



Le ROTHBACH



Le SCHWARZBACH






- A:** Groupement à *Potamogeton polygonifolius*
- B:** Groupement à *Potamogeton polygonifolius* et *Callitriche hamulata*
- C:** Groupement à *Callitriche hamulata* et *Elodea canadensis*
- D:** Groupement à *Callitriche hamulata* et *C. obtusangula*.

Figure 54: Comparaison des séquences de bioindication de la trophie entre le Schwarzbach et le Rothbach.

Séquence de bioindication de l'eutrophisation (cours d'eau faiblement minéralisés) A → D

Séquence de bioindication de l'eutrophisation (cours d'eau calcaires) A → E

Axe 1  54 %
Axe 2  26 %
Axe 3  11 %

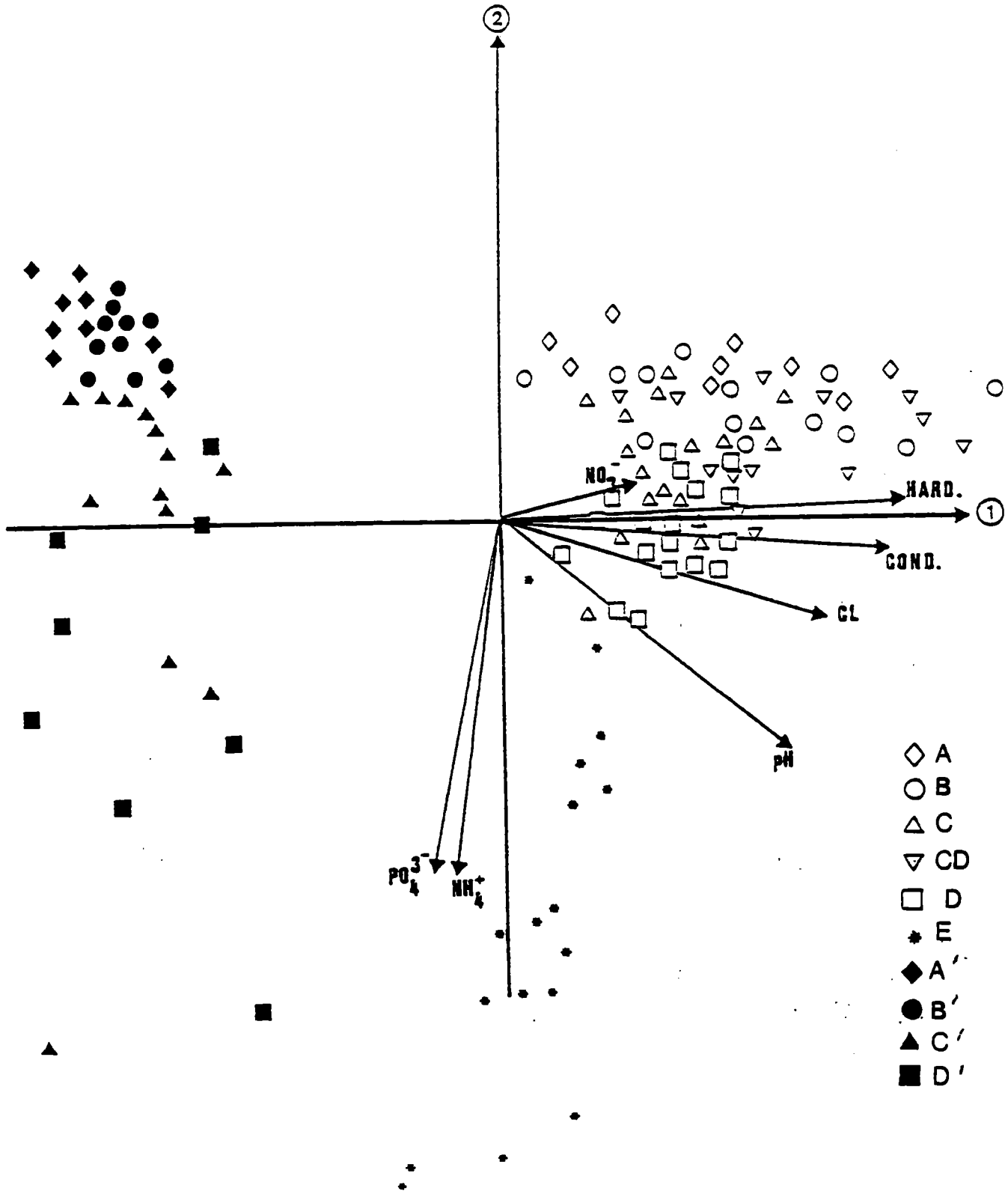


Figure 55: Analyse Factorielle Discriminante "A.F.D" (groupements végétaux) entre les Vosges du Nord et le Ried.

Azo: <i>A. filiculoides</i>	Bat: <i>B. moliforme</i>	Ber: <i>B. erecta</i>
Bum: <i>B. umbellatus</i>	Cam: <i>C. amara</i>	Cde: <i>C. demersum</i>
Cgl: <i>C. glomerata</i>	Cha: <i>C. hamulata</i>	Chi: <i>C. hispida</i>
Cob: <i>C. obtusangula</i>	Cpa: <i>C. platycarpa</i>	Cst: <i>C. stagnalis</i>
Cvu: <i>C. vulgaris</i>	Elc: <i>E. canadensis</i>	Eln: <i>E. nuttallii</i>
Fn: <i>F. antipyretica</i>	Gfl: <i>G. fluitans-</i>	Gma: <i>G. maxima</i>
Hip: <i>H. vulgaris</i>	Hot: <i>H. palustris</i>	Jsu: <i>J. subnodulus</i>
Lam: <i>L. roseo persicina</i>	Lgi: <i>L. gibba</i>	Lmi: <i>L. minor</i>
Ltr: <i>L. trisulca</i>	Maq: <i>M. aquatica</i>	Msc: <i>M. scorpioides</i>
Mya: <i>M. alterniflorum</i>	Mys: <i>M. spicatum</i>	Myv: <i>M. verticillatum</i>
Nas: <i>N. officinale</i>	Nfl: <i>N. flexillis</i>	Nlu: <i>N. lutea</i>
Of1: <i>O. fluviatilis</i>	Pal: <i>P. alpinus-</i>	Par: <i>P. arundinaceae</i>
Pbe: <i>P. berchtoldii</i>	Pco: <i>P. coloratus</i>	Pcr: <i>P. crispus</i>
Pde: <i>G. densa</i>	Pfl: <i>P. nodosus</i>	Pfr: <i>P. friseii</i>
Plu: <i>P. lucens</i>	Ppe: <i>P. pectinatus</i>	Ppo: <i>P. polygonifolius</i>
Ppr: <i>P. perfoliatus</i>	Pva: <i>P. variifolius</i>	Rci: <i>R. circinatus</i>
Rfl: <i>R. fluitans</i>	Rpe: <i>R. peltatus</i>	Rtr: <i>R. trichophyllus</i>
Sem: <i>S. emersum</i>	Ser: <i>S. erectum</i>	Spi: <i>S. polyrhiza</i>
Vaq: <i>V. anagallis</i>	Vbe: <i>V. beccabunga</i>	Zan: <i>Z. palustris</i>

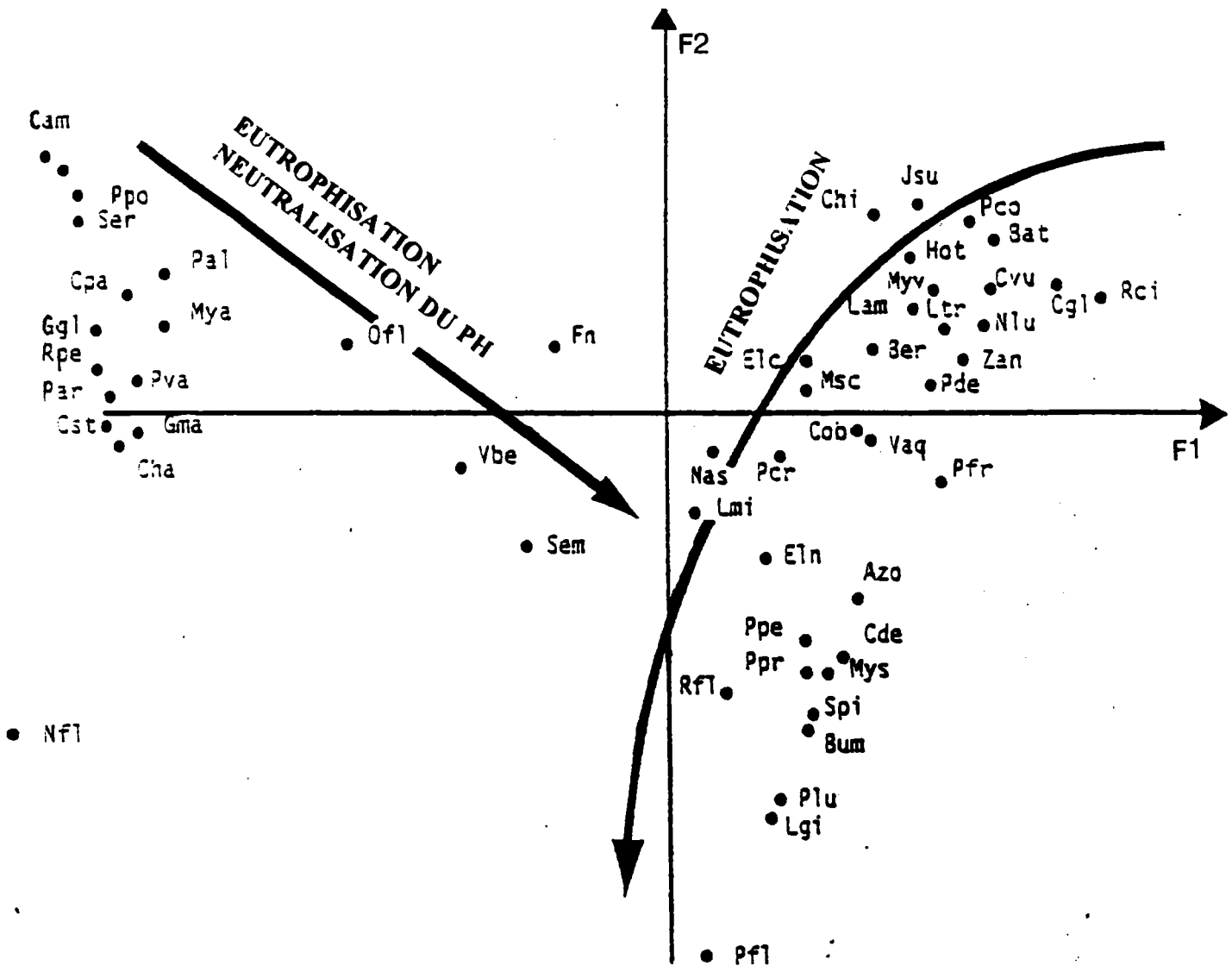


Figure 56: Analyse Factorielle Discriminante "A.F.D" (espèces) entre les Vosges du Nord et le Ried

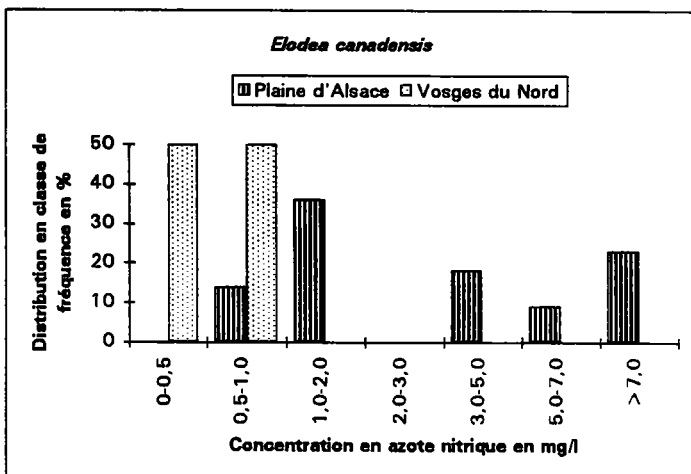
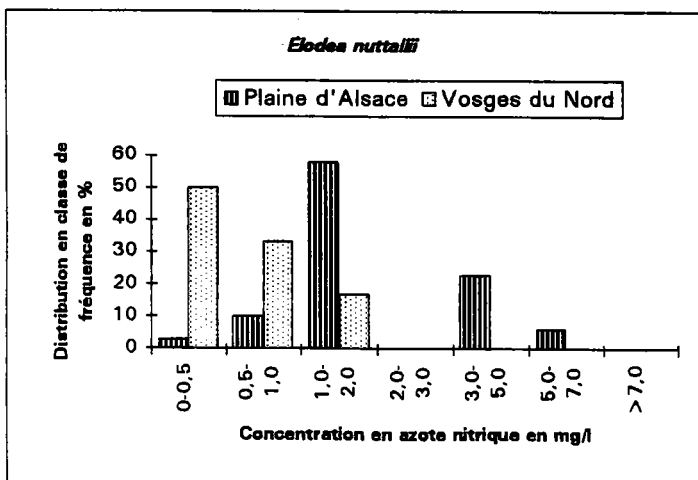
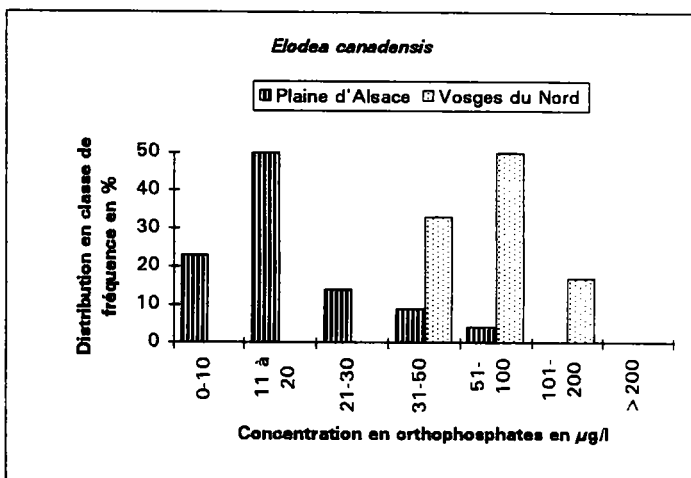
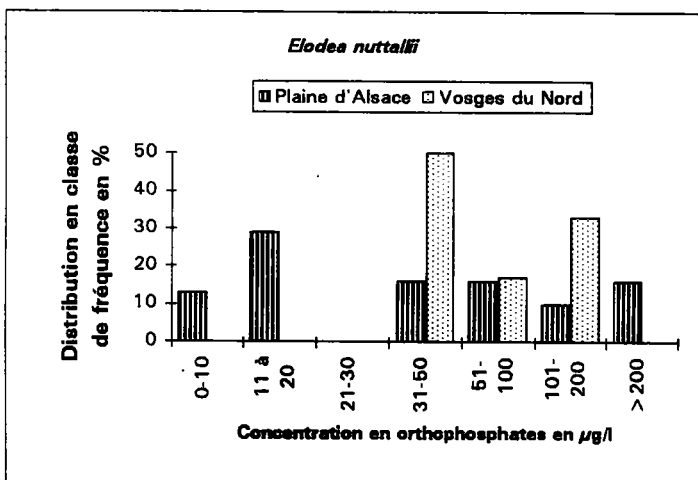
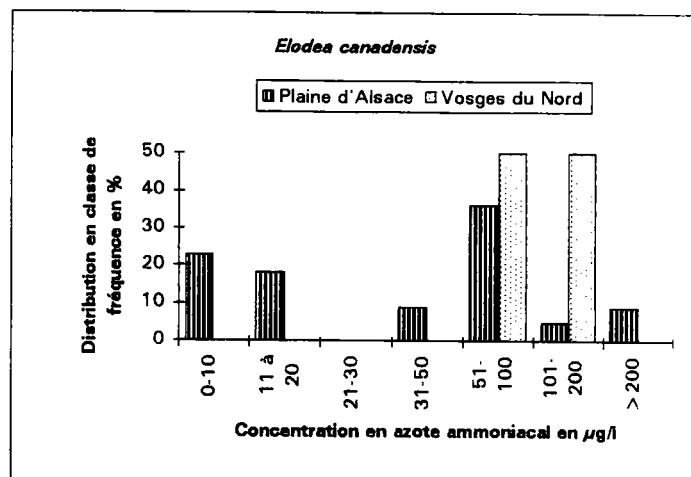
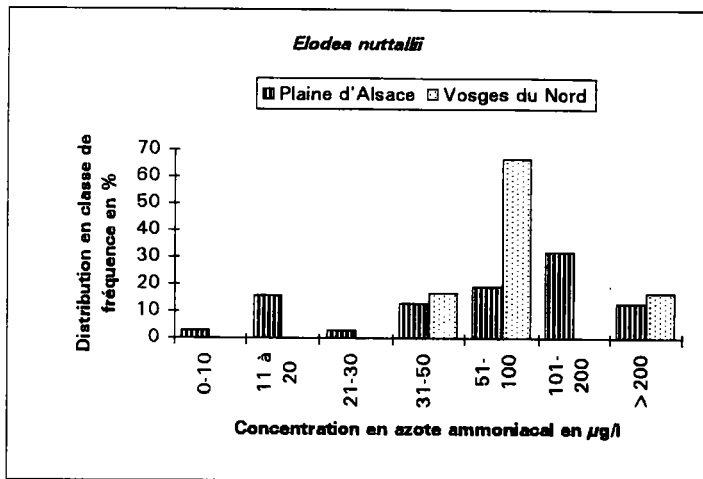
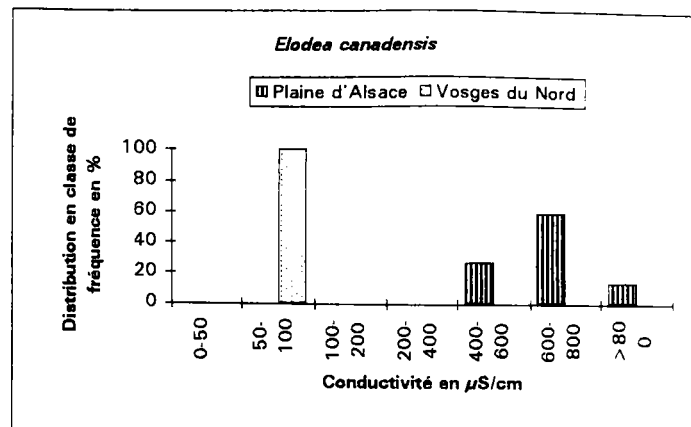
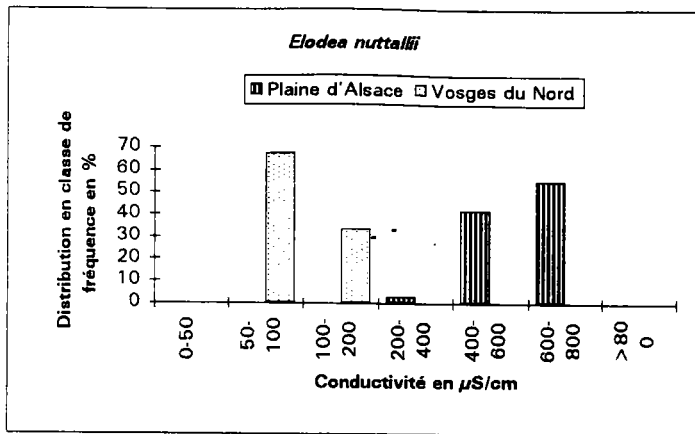


Figure 57: Profile écologique de deux espèces d'élodées pour 4 paramètres physico-chimiques (Ried-Vosges du Nord).

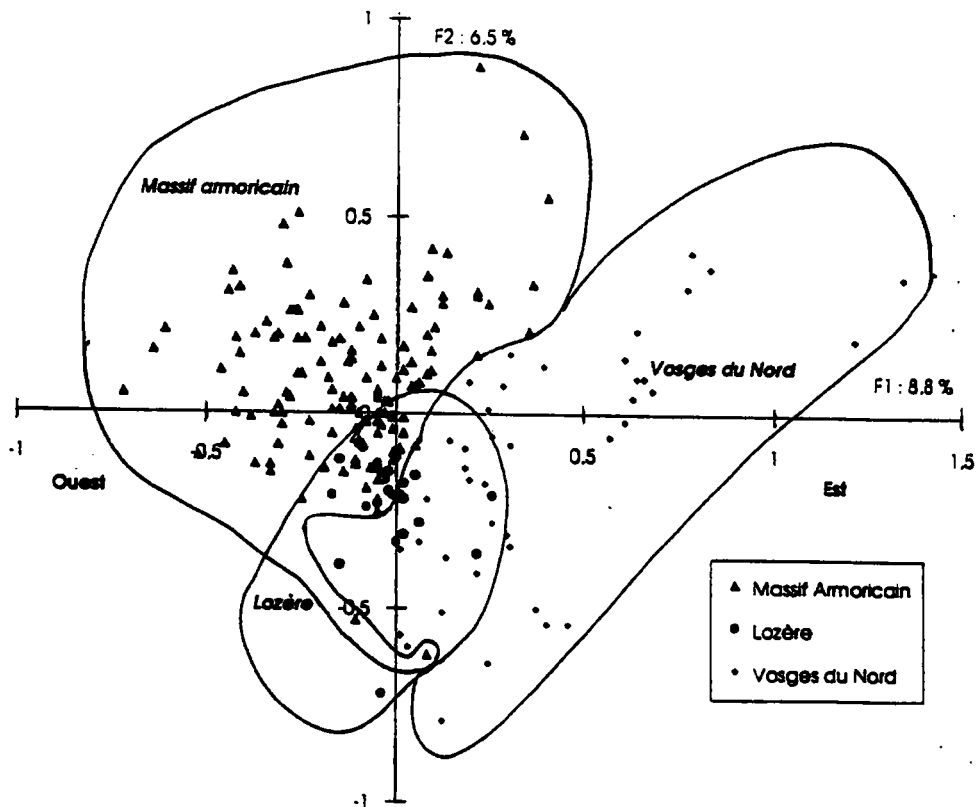
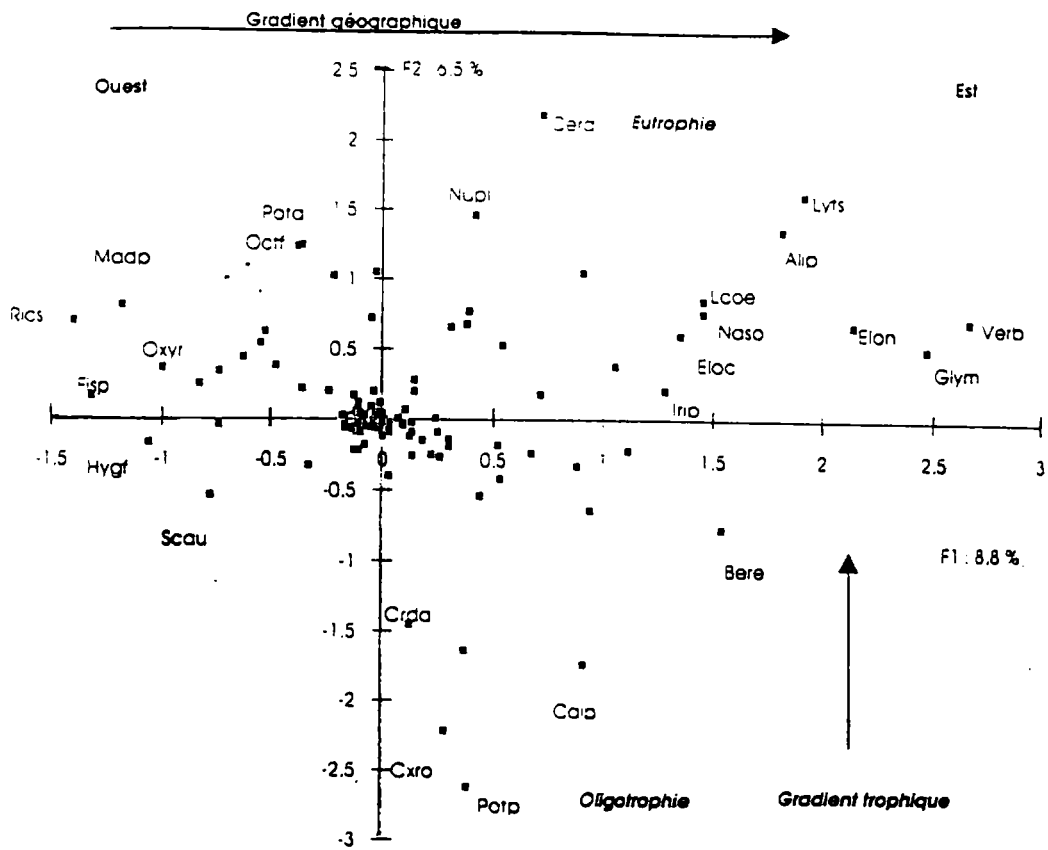
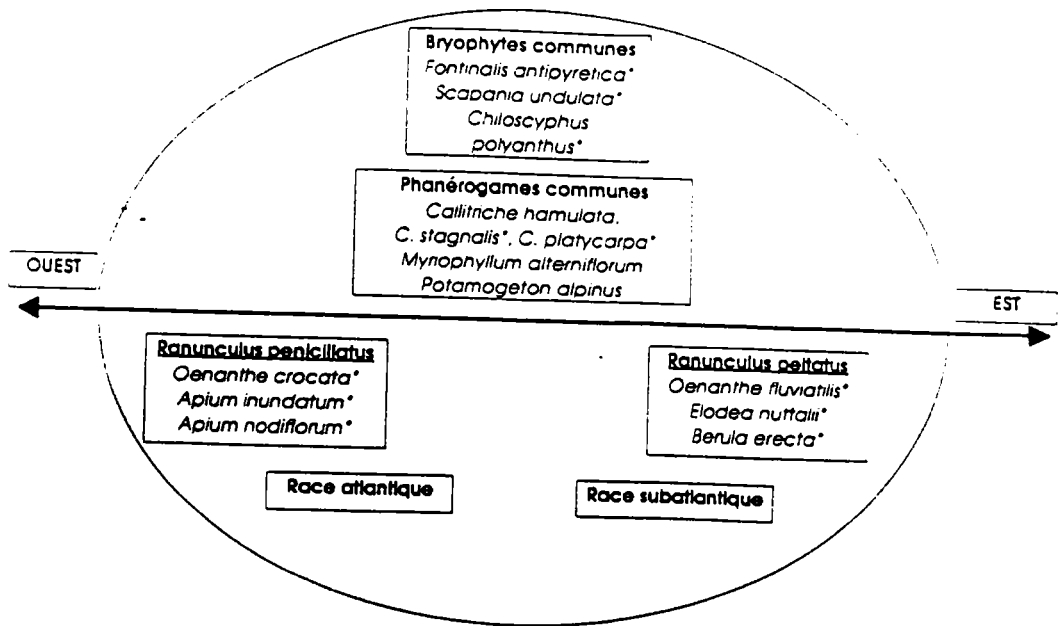


Figure 58: Analyse en Composantes Multiples des relevés végétaux (Bretagne-Lozère-Vosges du Nord)



* n'est pas cité par Oberdorfer comme appartenant au cortège floristique moyen

Figure 59: Composition et variations géographiques du *Callitrichetum hamulatae*

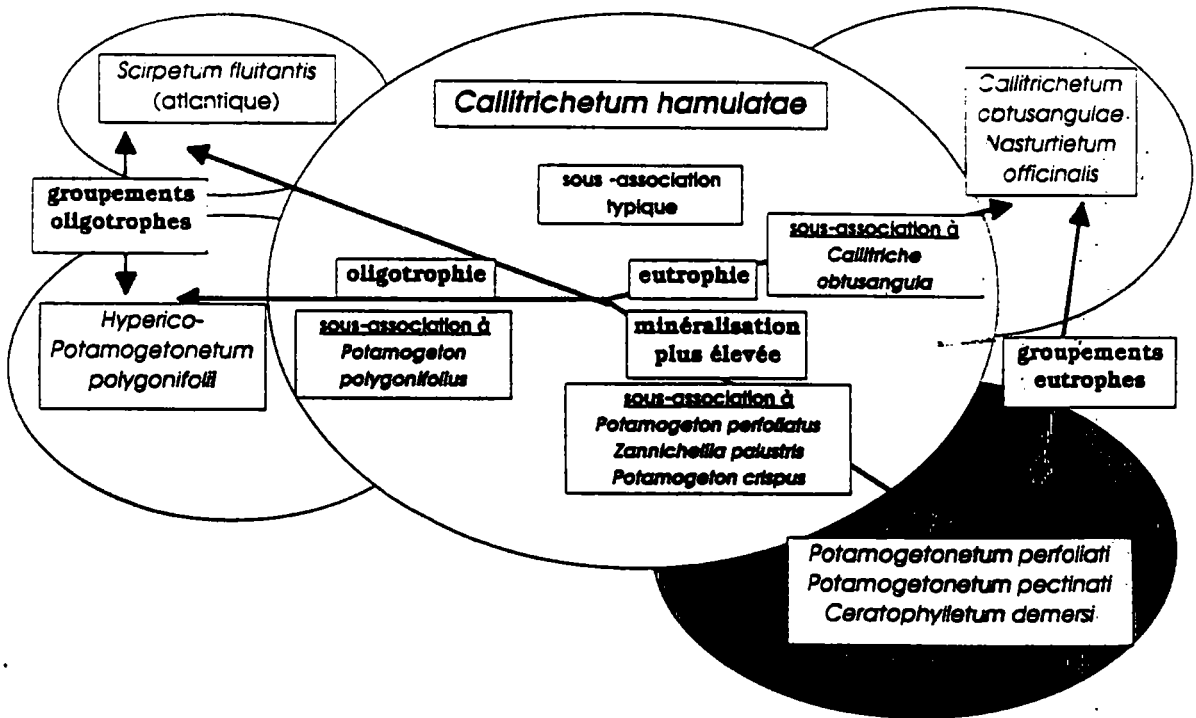


Figure 60: Variations écologiques du *Callitrichetum hamulatae* et relations avec les autres groupements des rivières.

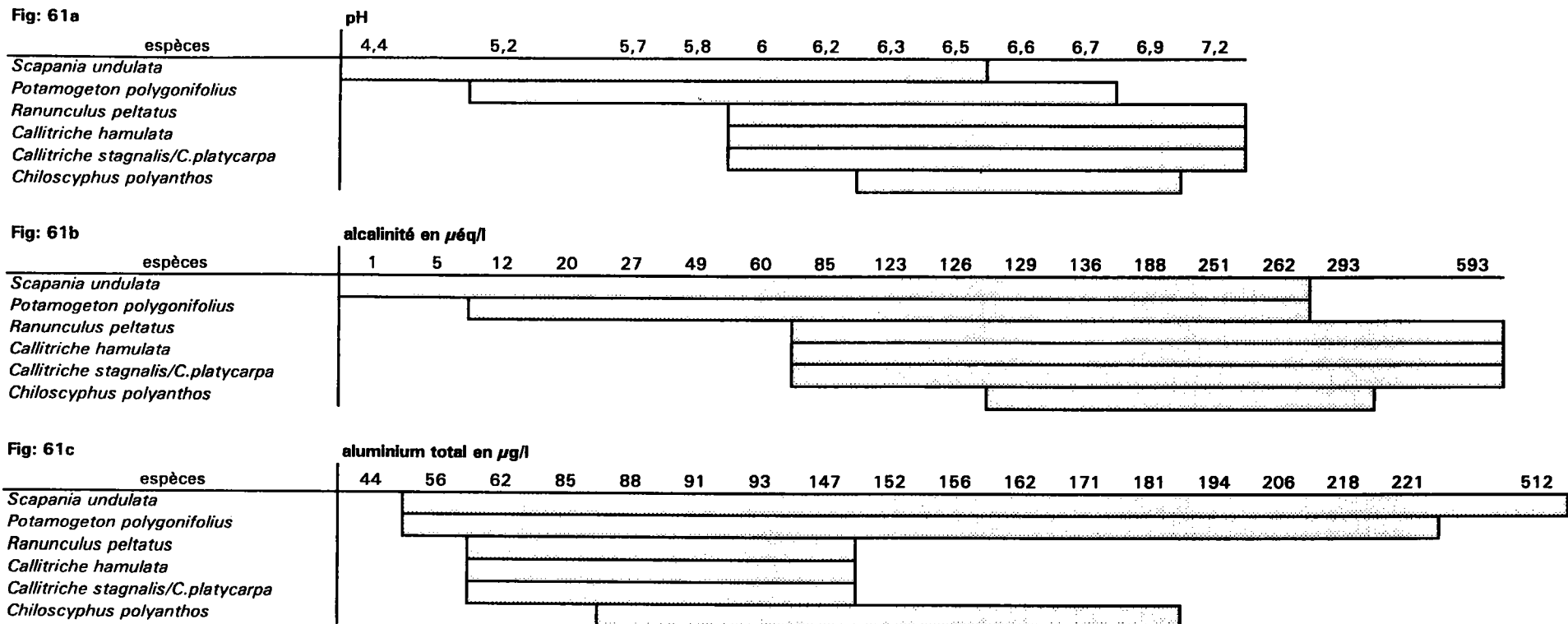


Figure 61: Distribution des espèces en fonction des principaux paramètres de l'acidification

61a: Relations espèces- pH

61b: Relations espèces -alcalinité

61c: Relations espèces-aluminium total

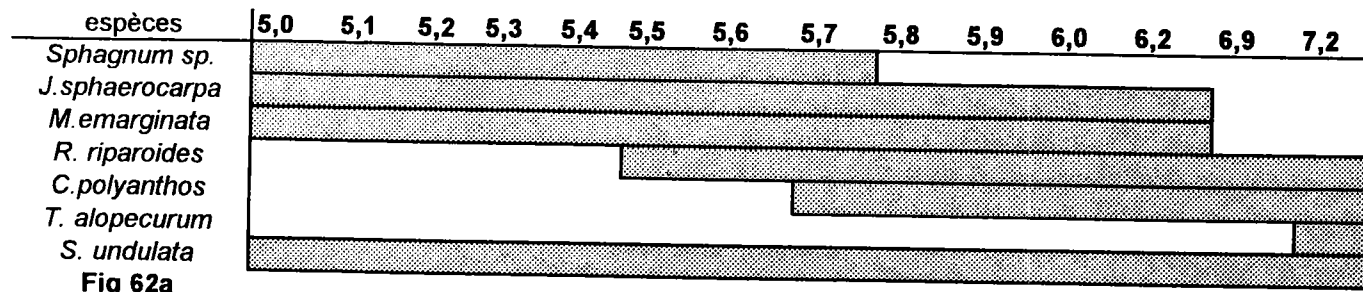


Fig 62a

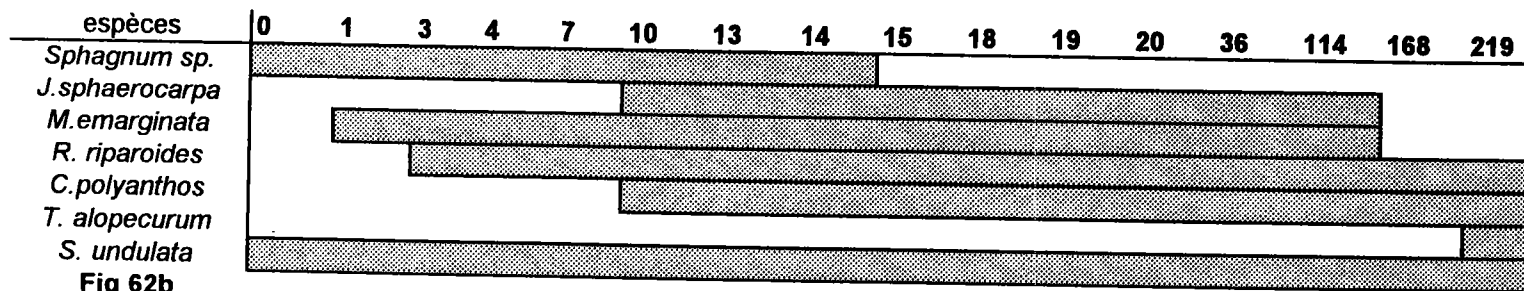


Fig 62b

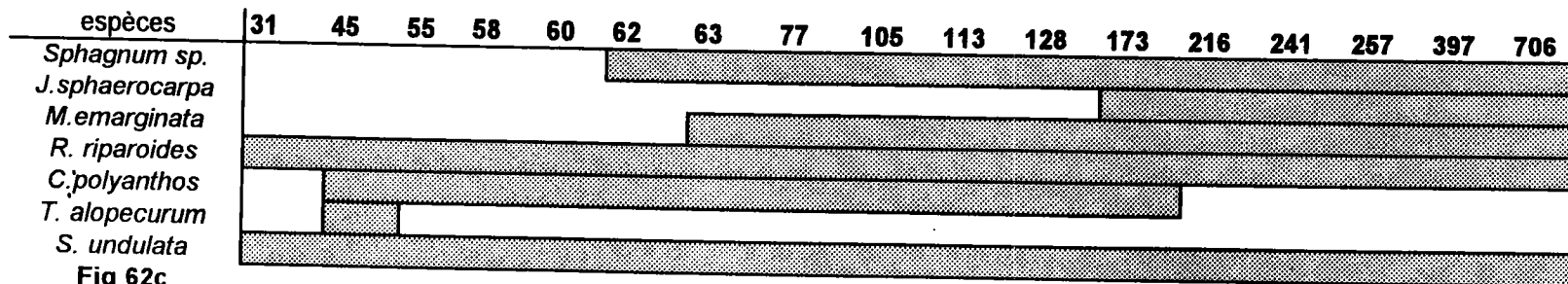


Fig 62c

Figure 62: Distribution des bryophytes en fonction des principaux paramètres de l'acidification (secteur du Donon).
 62 a: Relations bryophytes- pH
 62b: Relations bryophytes -alcalinité
 62c: Relations bryophytes-aluminium total

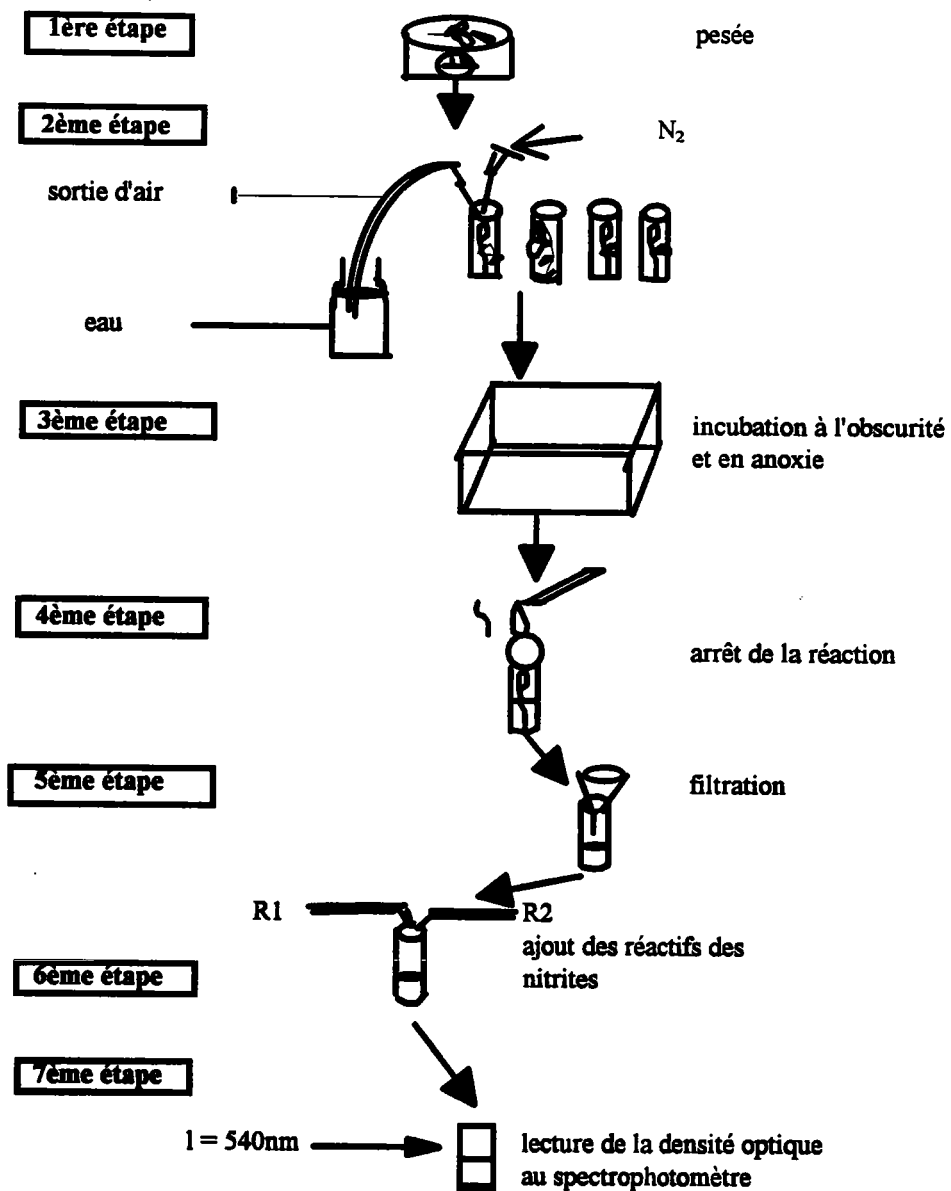
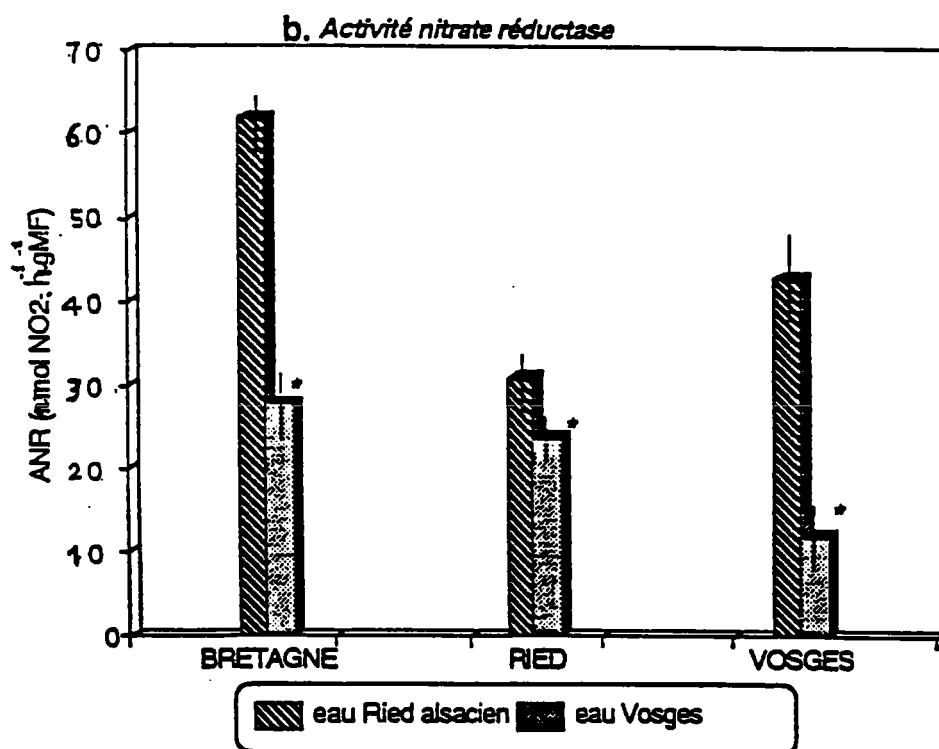
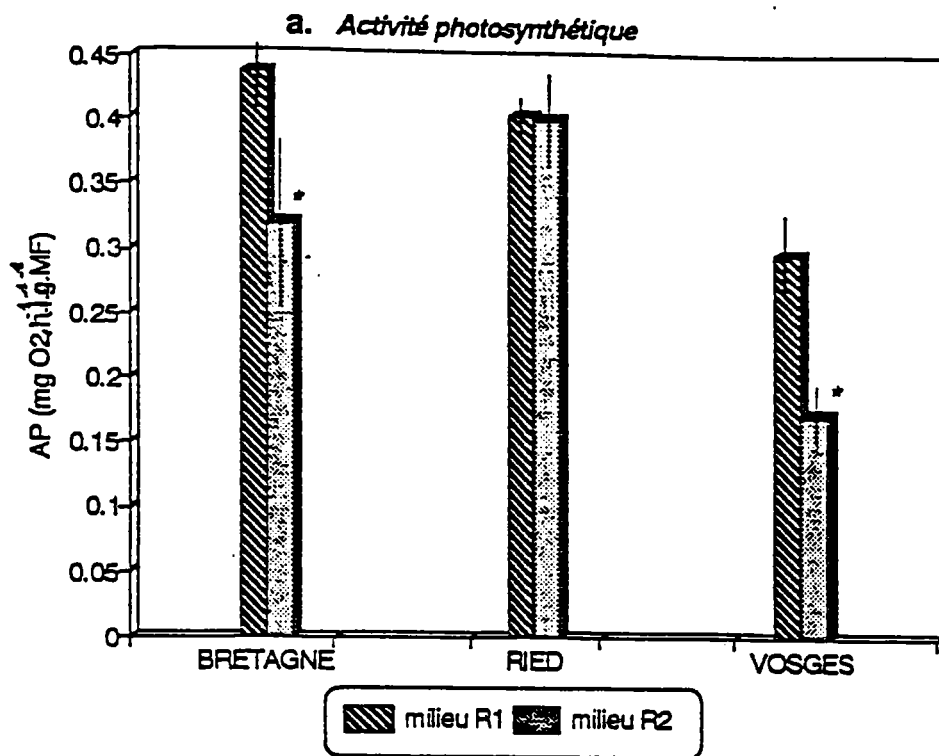


Figure 63: Protocole expérimental du dosage de l'Activité Nitrate Réductase.

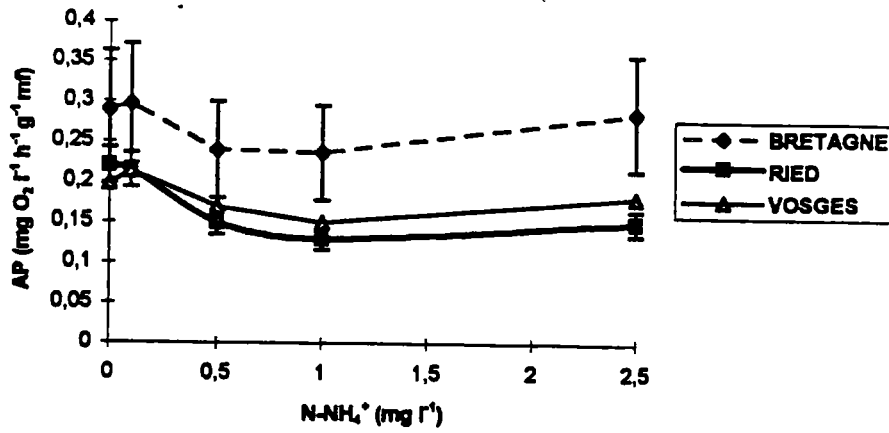
source: ROLLAND (1995).



*: Différence significative entre les deux milieux, $p < 0.05$.

Figure 64: Activité Photosynthétique et Activité Nitrate Réductase de 3 populations d'Elodée du Canada dans 2 milieux de culture

a. Effet sur l'AP.



b. Effet sur l'ANR

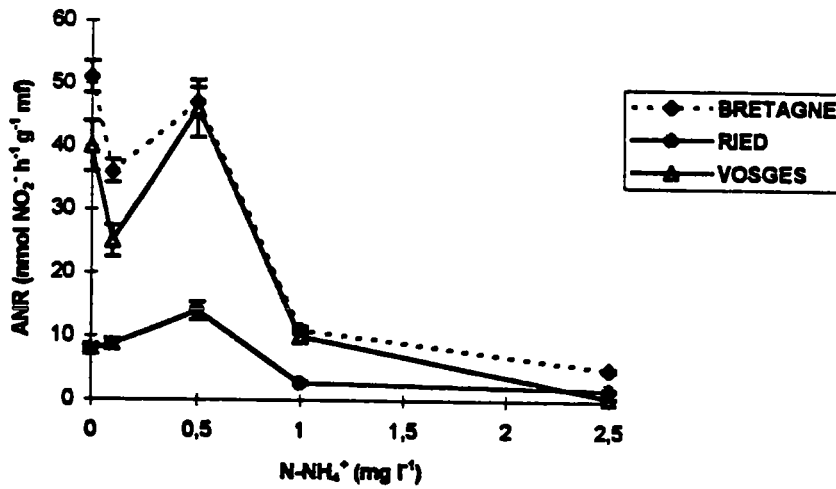


Figure 65: Activité Photosynthétique et Activité Nitrate Réductase de 3 populations d'Elodée du Canada après une phase d'intoxication ammoniacale

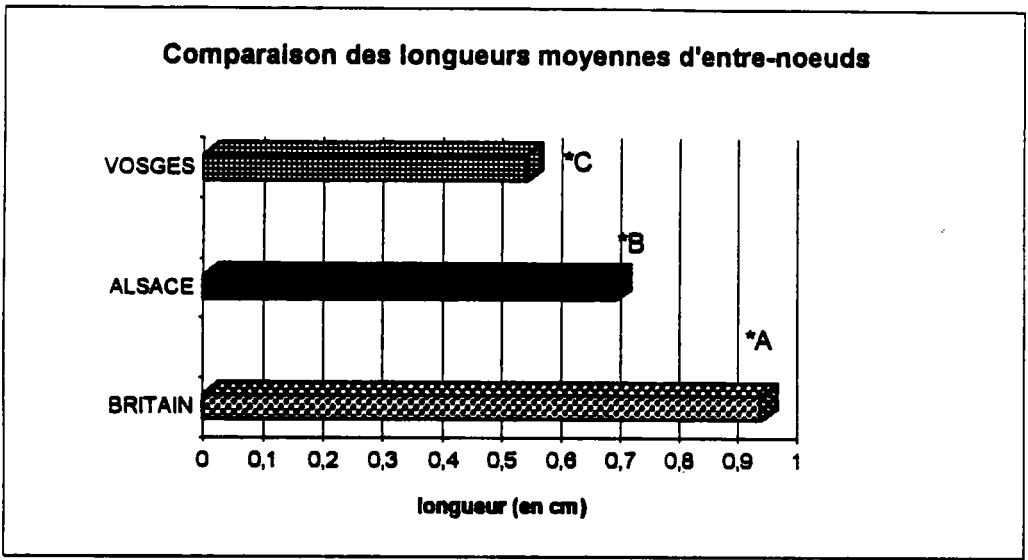


Figure 66: Comparaison de la longueur des entre-noeuds de rameaux de 3 populations d'*Elodea canadensis*.

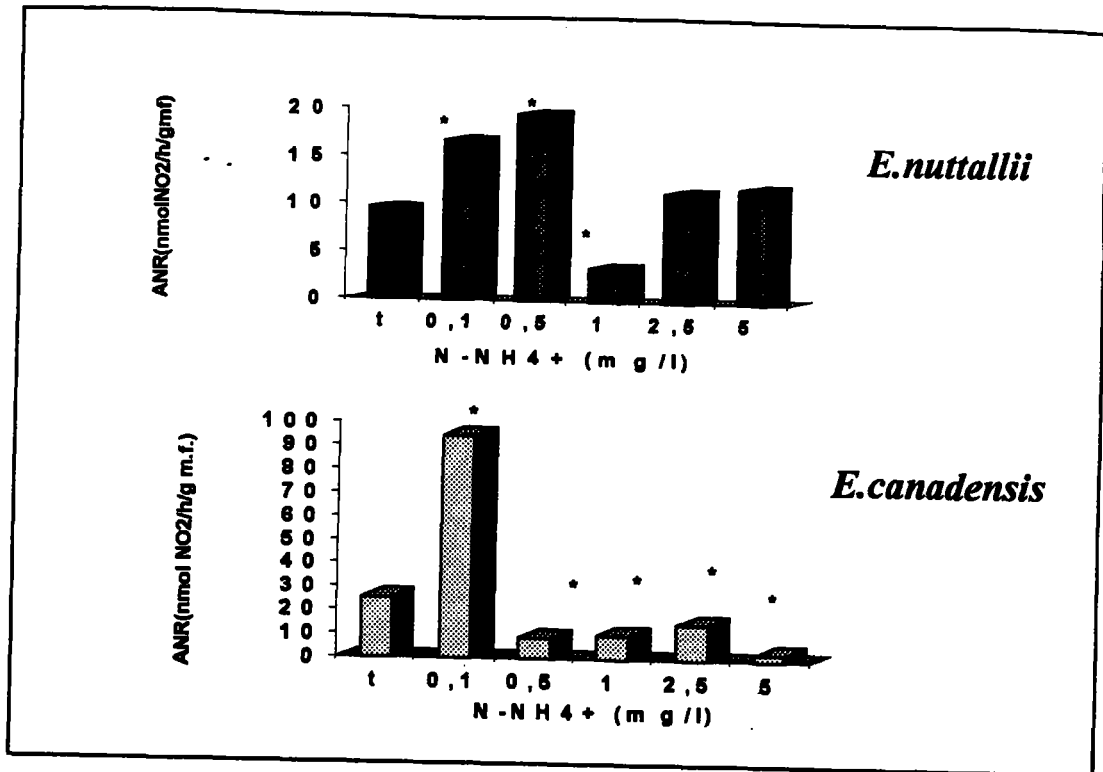


Figure 67: Mesure de l'Activité Nitrate Réductase chez *Elodea nuttallii* et *E. canadensis* après une phase d'intoxication ammoniacale

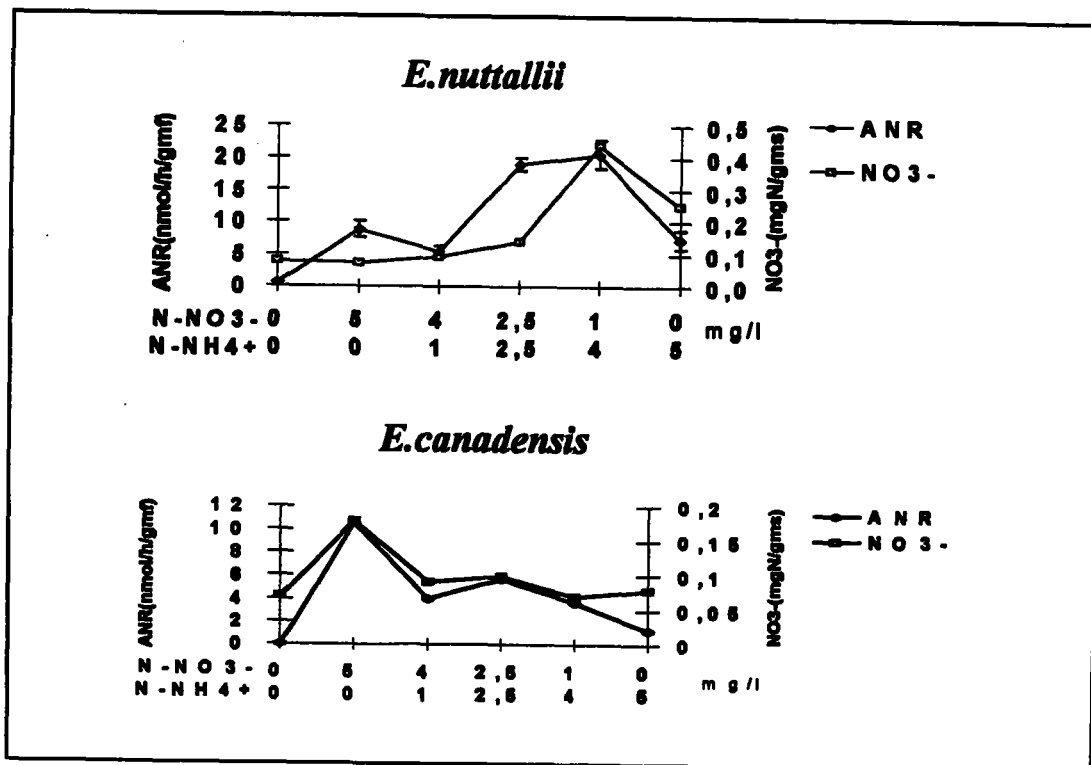


Figure 68: Effet d'une nutrition compétitive en NH₄⁺ et/ou en NO₃⁻ sur l'Activité Nitrate Réductase de 2 espèces d'élodées

Répartition des groupements végétaux "A à D" en fonction des nutriments

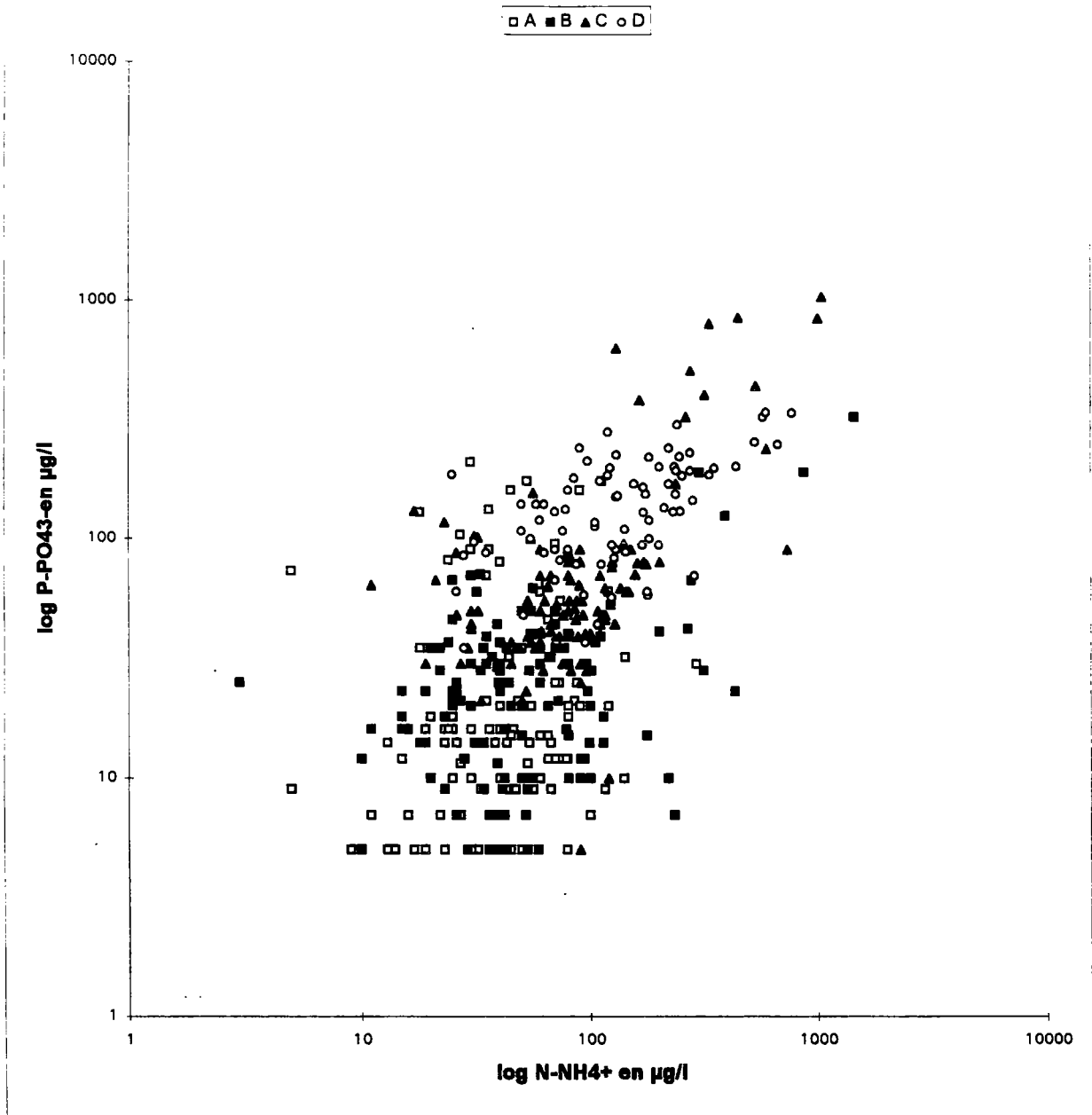


Figure 69: Répartition des communautés végétales en fonction des concentrations en orthophosphates et en azote ammoniacal

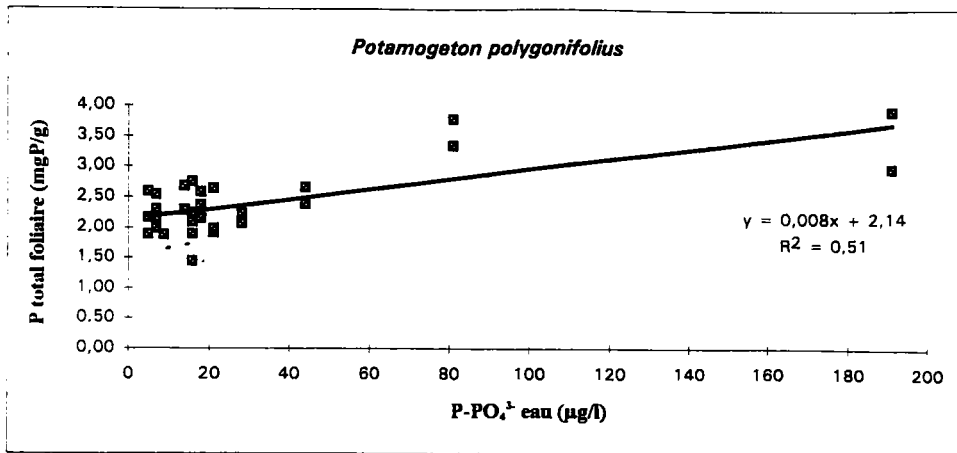


Fig:70a

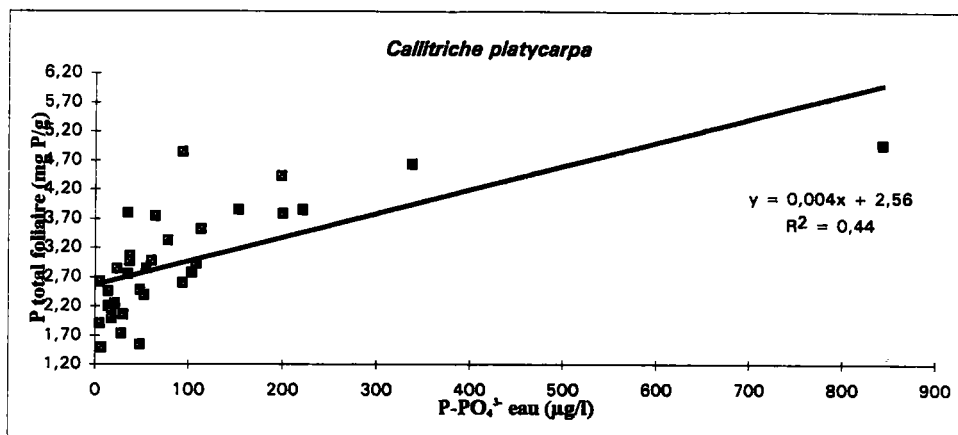


Fig:70b

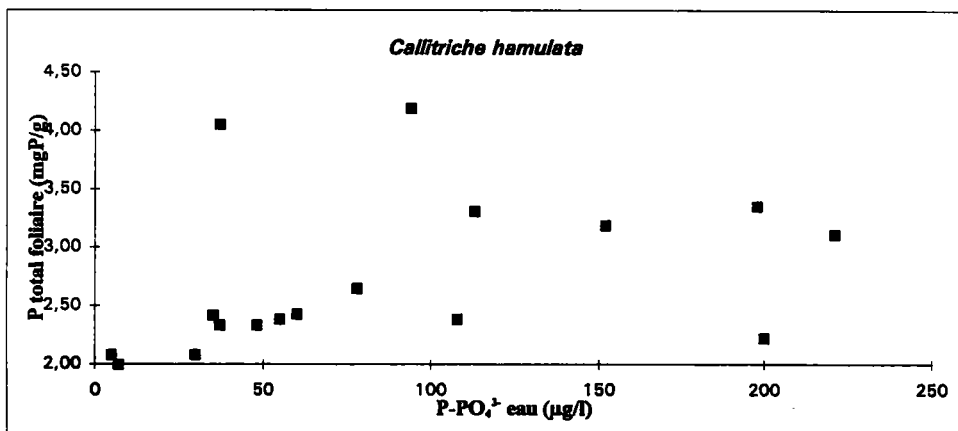


Fig:70c

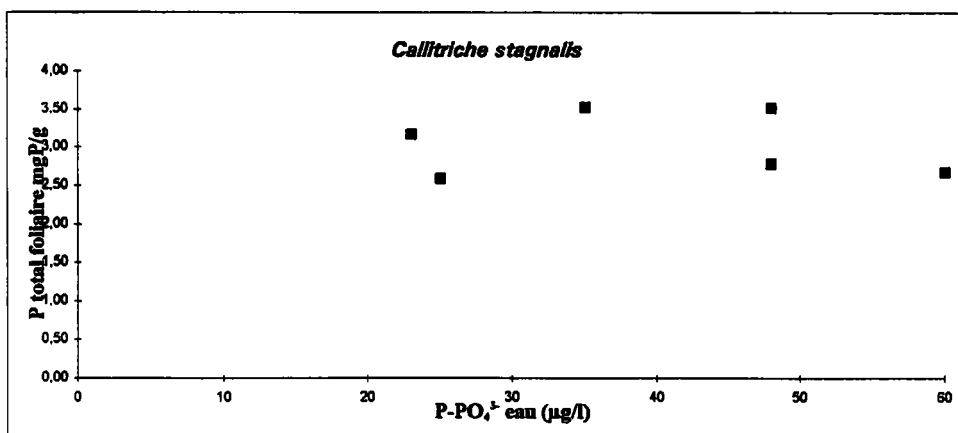


Fig:70d

Figure 70: Relations entre le P total foliaire et les orthophosphates

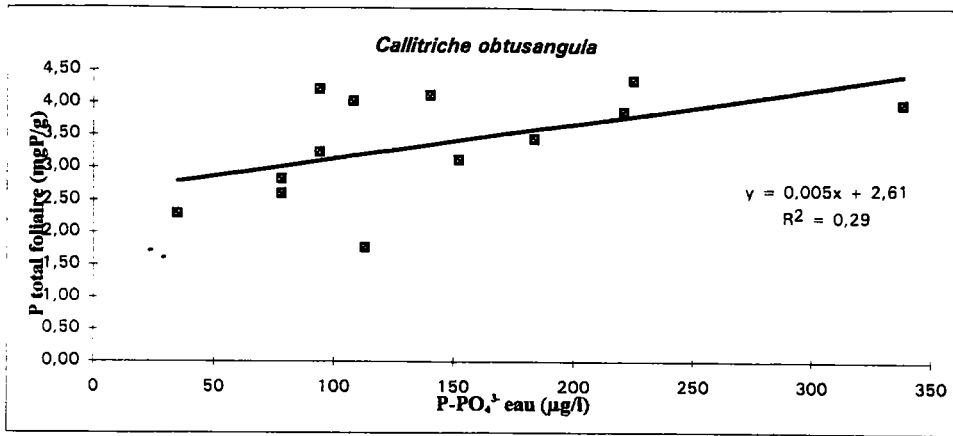


Fig:70e

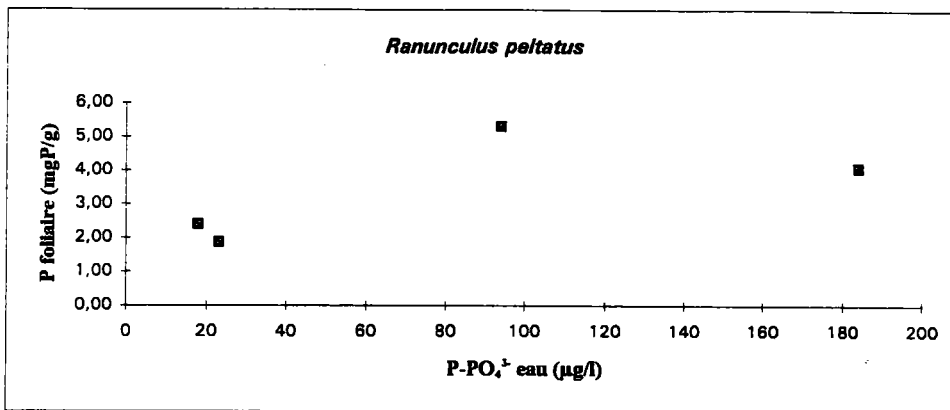


Fig:70f

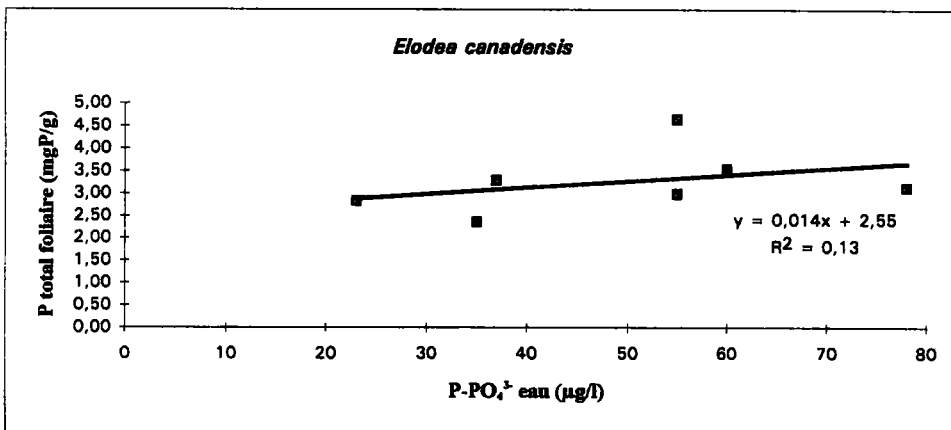


Fig:70g

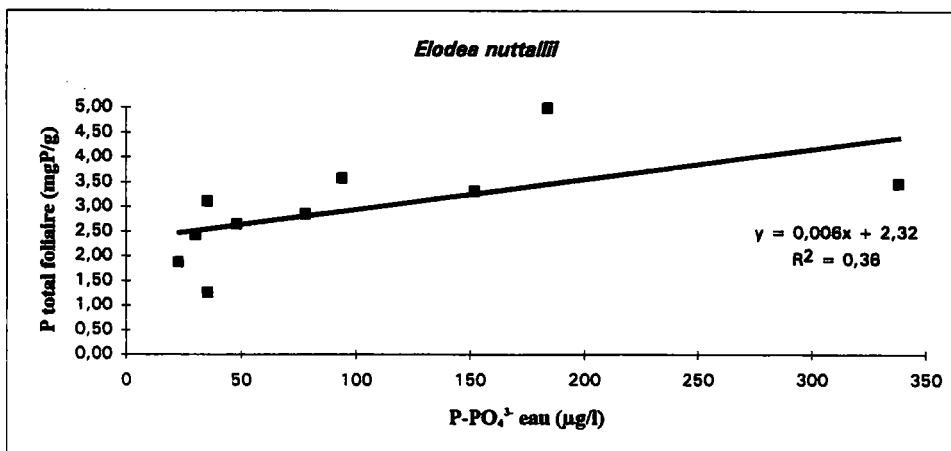


Fig:70h

Figure 70: Relations entre le P total foliaire et les orthophosphates

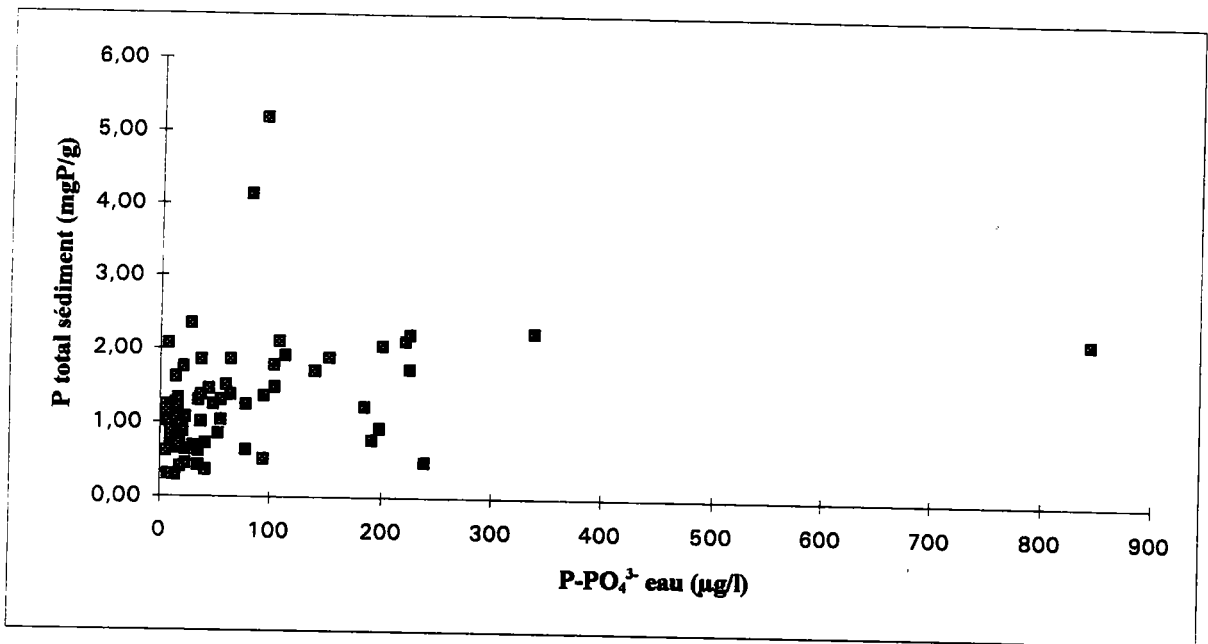


Figure 71: Relations entre le P total des sédiments et les orthophosphates de l'eau

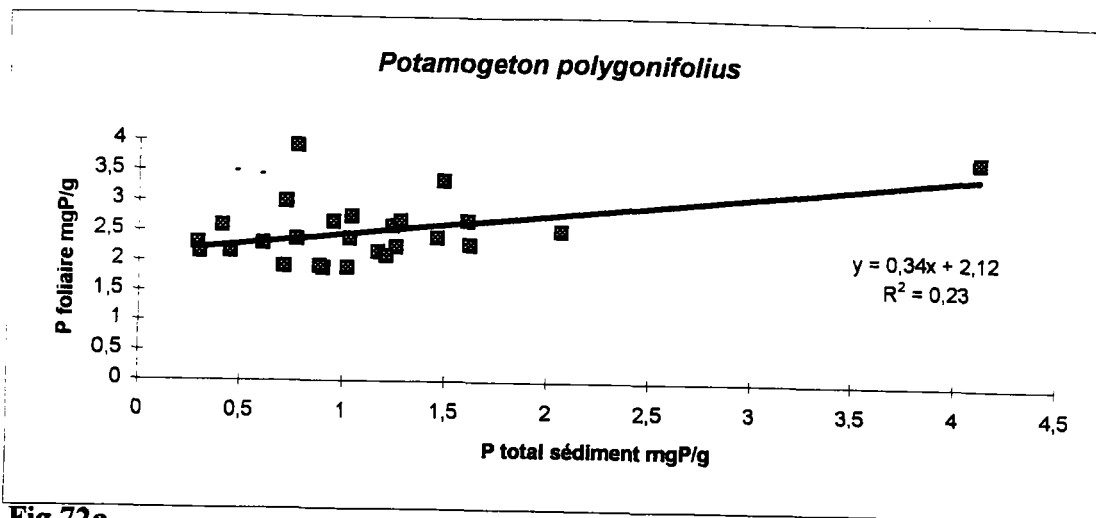


Fig 72a

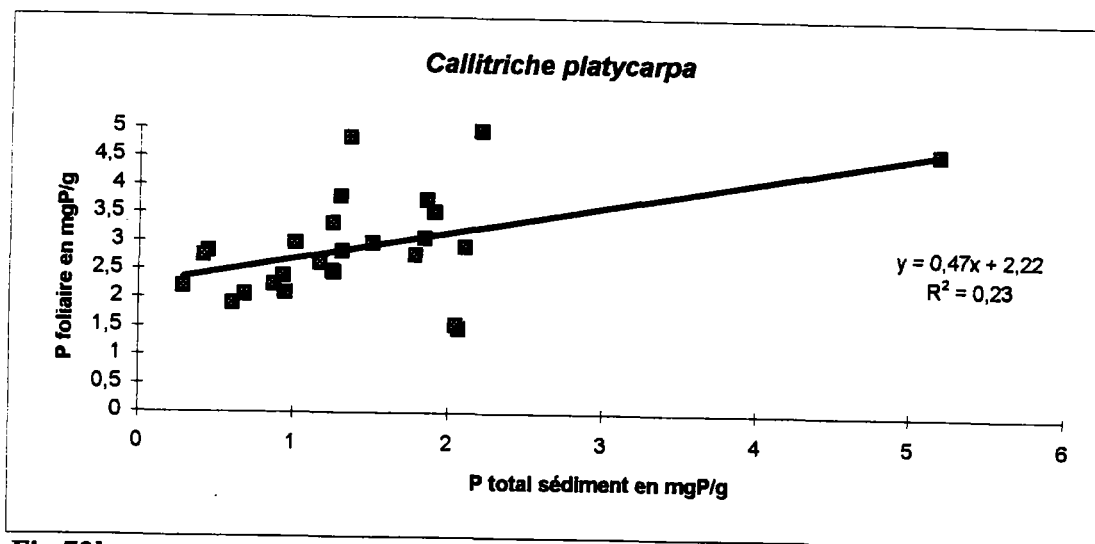


Fig 72b

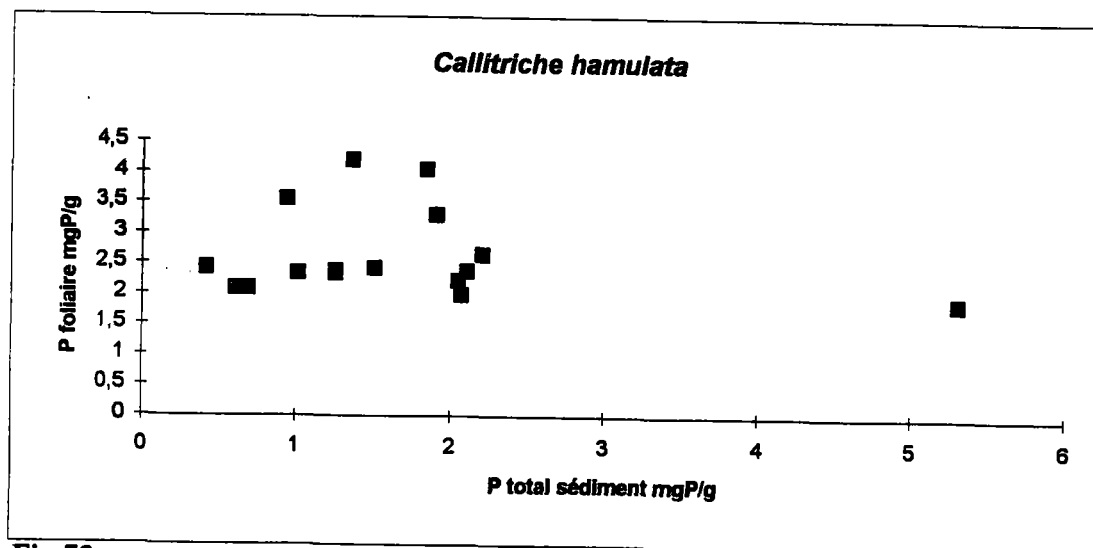


Fig 72c

Figure 72: Relation entre le P total foliaire et le P total des sédiments

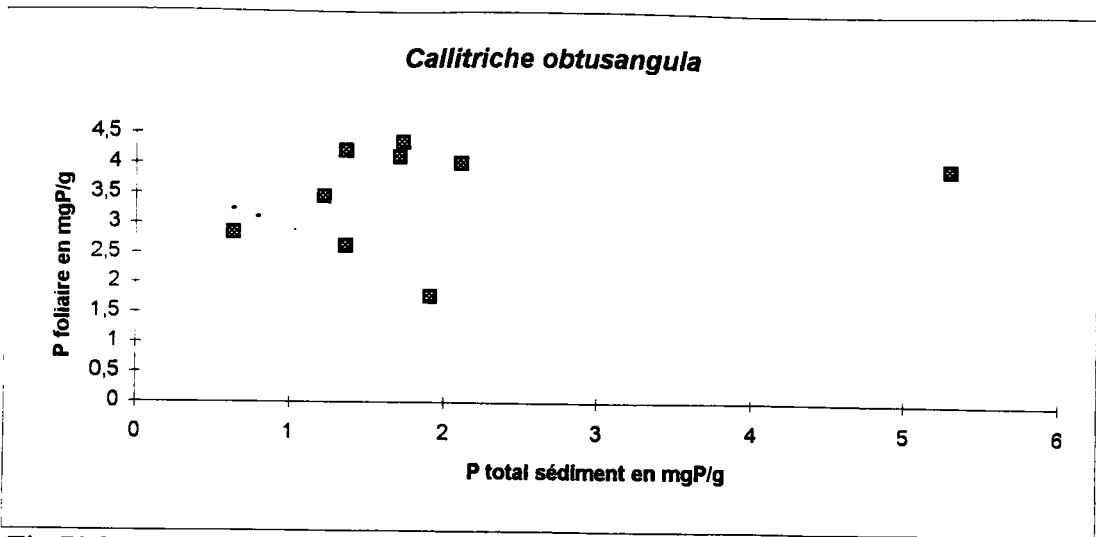


Fig 72d

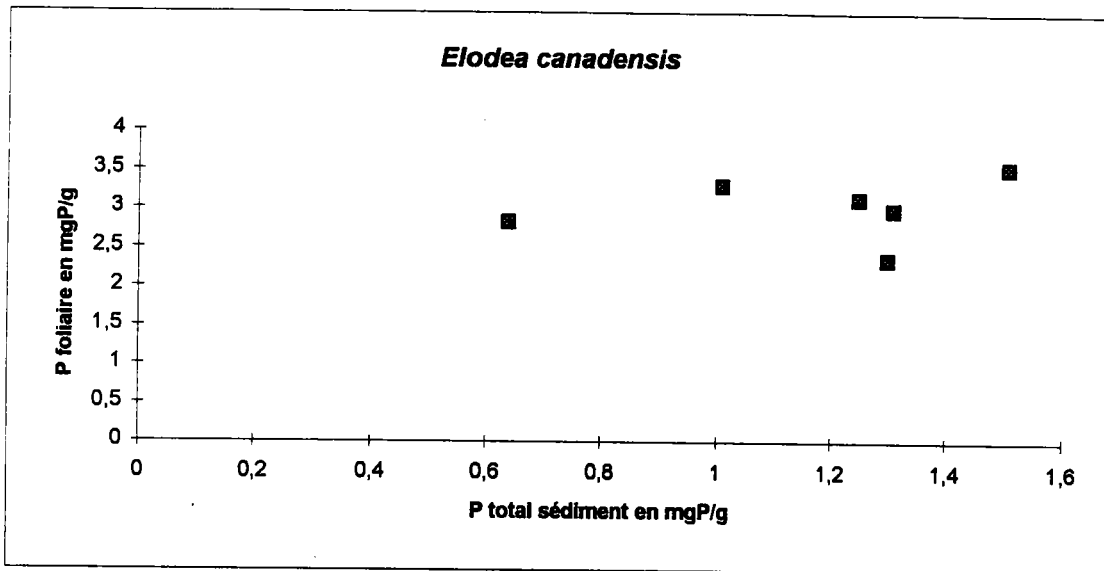


Fig 72e

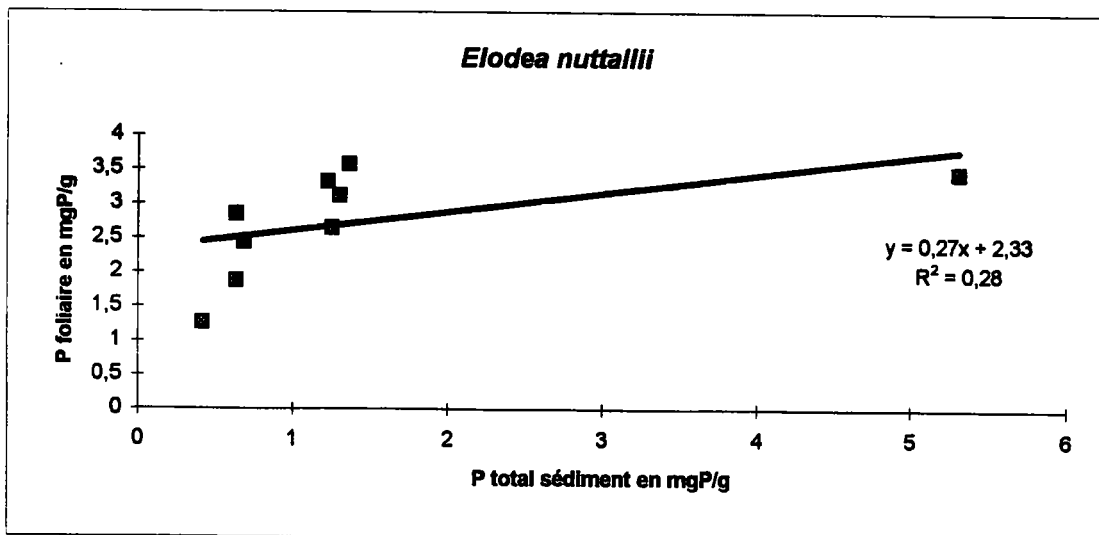


Fig 72f

Figure 72: Relation entre le P total foliaire et le P total des sédiments

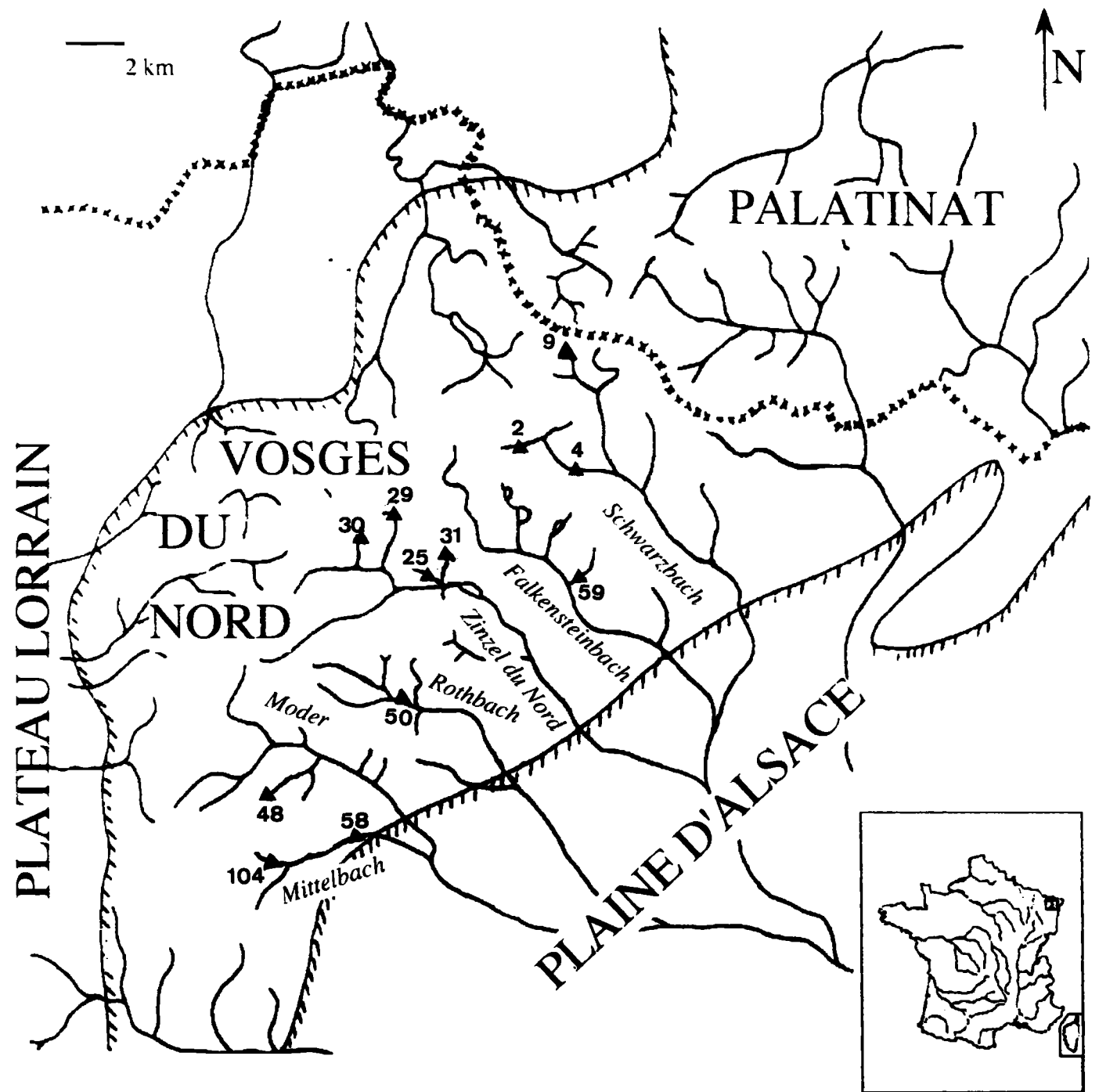


Figure 73: Carte de localisation des stations à *Potamogeton polygonifolius* transplantés.

TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau I:** Stations prospectées dans le cadre du suivi du niveau trophique des cours d'eau des Vosges du Nord.
- Tableau II:** Stations prospectées dans le cadre du suivi de l'eutrophisation en plaine d'Alsace.
- Tableau III:** Statistiques sommaires des variables physico-chimiques analysées dans le cadre du suivi de l'eutrophisation des ruisseaux des Vosges du Nord.
- Tableau IV:** Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre de l'eutrophisation (n = 38 stations) des cours d'eau des Vosges du Nord.
- Tableau V:** Statistiques sommaires des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre du suivi de l'eutrophisation (Plaine d'Alsace).
- Tableau VI:** Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre du suivi de l'eutrophisation (n= 13 stations) de la plaine d'Alsace.
- Tableau VII:** Résultats des analyses physico-chimiques du Schwarzbach.
- Tableau VIII:** Résultats des analyses physico-chimiques du Falkensteimbach.
- Tableau IX:** Résultats des analyses physico-chimiques de la Zinsel du Nord.
- Tableau X:** Résultats des analyses physico-chimiques du Rothbach.
- Tableau XI:** Résultats des analyses physico-chimiques de la Moder.
- Tableau XII:** Résultats des analyses physico-chimiques du Mittelbach.
- Tableau XIII:** Résultats des analyses physico-chimiques du réseau de la Moder (plaine d'Alsace).
- Tableau XIV:** Evolution de la pollution gazeuse dans les Vosges au cours des années récentes.
- Tableau XV:** Stations suivies dans le cadre de l'évaluation du degré d'acidification des Vosges du Nord.
- Tableau XVI:** Stations prospectées dans le cadre du suivi de l'acidification des cours d'eau du massif du Donon.
- Tableau XVII:** Tableau des statistiques sommaires des variables physico-chimiques dans le cadre du suivi de l'acidification des ruisseaux des Vosges du Nord (n=41 stations).
- Tableau XVIII:** Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre du suivi de l'acidification (n= 41 stations).
- Tableau XIX:** Tableau des statistiques sommaires des variables physico-chimiques dans le cadre du suivi de l'acidification des ruisseaux des Vosges du Nord (n=19 stations).

Tableau XX: Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre du suivi de l'acidification (n= 19 stations).

Tableau XXI: Statistiques sommaires des variables physico-chimiques dans le cadre du suivi de l'acidification de massif du Donon (n=18 stations).

Tableau XXII: Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre du suivi de l'acidification du Donon (n= 18 stations).

Tableau XXIII: Evolution des cours d'eau du massif du Donon entre 1888-89 et 1995: comparaison bibliographique.

Tableau XXIV: Tableau comparatif Vosges du Nord-Donon.

Tableau XXV: Tableau phytosociologique des associations végétales des cours d'eau des Vosges du Nord (réseau eutrophisation).

Tableau XXVI: Relations entre les associations végétales et la physico-chimie des cours d'eau des Vosges du Nord.

Tableau XXVII: Richesse spécifique en hydrophytes phanérogames (Vosges du Nord).

Tableau XXVIII: Tableau des variations saisonnières des principaux paramètres physico-chimiques au sein des 4 groupements végétaux.

Tableau XXIX: Valeurs moyennes saisonnières par unité végétale des principaux paramètres physico-chimiques.

Tableau XXX: Variations inter-annuelles des principaux paramètres physico-chimiques.

Tableau XXXI: Comparaison entre les Vosges du Nord, la plaine d'Alsace et le Ried alsacien.

Tableau XXXIIa: Relations entre les associations végétales et la physico-chimie des cours d'eau du Ried alsacien.

Tableau XXXIIb: Relations entre les associations végétales et la physico-chimie des cours d'eau des Vosges du Nord.

Tableau XXXIII: Spectres écologiques de quelques espèces communes aux deux échelles de bioindication.

Tableau XXXIV: Tableau élaboré du *Callitrichetum hamulatae*.

Tableau XXXV: Tableau du *Callitrichetum hamulatae* dans l'Europe de l'Ouest. Synthèse bibliographique.

Tableau XXXVI: Tableau phytosociologique des associations végétales des cours d'eau peu minéralisés des Vosges du Nord (réseau élargi).

Tableau XXXVII: Tableau phytosociologique des associations végétales des cours d'eau peu minéralisés des Vosges du Nord (réseau restreint).

Tableau XXXVIIIa: Relations entre la distribution des macrophytes et le degré d'acidification des cours d'eau.

Tableau XXXVIIIb: Relations entre les associations végétales et le degré d'acidification (Vosges du Nord).

Tableau XXXIX: Relations entre les groupements végétaux et la composition physico-chimique des eaux.

Tableau XXXX: Relevés bryophytiques des cours d'eau du massif du Donon.

Tableau XXXXI: Relations composition floristique et degré d'acidification des cours d'eau des Vosges du Nord et du massif du Donon.

Tableau XXXXII: Caractéristiques physico-chimiques des points de prélèvement dans les 3 régions (Bretagne-Alsace-Vosges du Nord)

Tableau XXXXIII: Caractéristiques du milieu R1

Tableau XXXXIV: Activité photosynthétique et Activité Nitrate Réductase des 3 populations d'Elodée du Canada après intoxication ammoniacale

Tableau XXXXV: Concentrations en P total foliaire selon les unités végétales définies dans les Vosges du Nord.

Tableau XXXXVI: Principales caractéristiques physico-chimiques des stations à élodées.

Tableau XXXXVII: Comparaison des concentrations en P total foliaire d'*Elodea nuttallii* et d'*E. canadensis*, P total sédiment et orthophosphates dans les Vosges du Nord et dans le Ried alsacien.

Tableau I: Stations prospectées dans le cadre du suivi du niveau trophique des cours d'eau des Vosges du Nord.

Station	Réseau	cours d'eau	Localisation
R1	Falkensteinbach	Falkensteinbach	Heckenthal
R2	Schwarzbach	Rothbach	Amont Etang du Tabac
R3	Rothbach	Rothbach	Niveau de la source
R4	Schwarzbach	Rothbach	Aval de R2, Erbsenthal
R7	Falkensteinbach	affluent du Waldeck	Amont de l'Etang de Hanau
R8	Zinsel du Nord	Zinsel du Nord	Amont de l'Etang de Baerenthal
R10	Schwarzbach	Schwarzbach	Aval de Sturzelbronn
R11	Schwarzbach	affluent : Moosbach	Amont confluence avec Rothbach
R14	Falkensteinbach	affluent du Waldeck	Aval de l'Etang de Hanau
R15	Falkensteinbach	Falkensteinbach	Aval de R1
R16	Falkensteinbach	affluent du Lieschbach	Aval de l'Etang du Lieschbach
R17	Falkensteinbach	affluent du Lieschbach	Amont de l'Etang du Lieschbach
R18	Schwarzbach	Schnepfenbach	Amont de Sturzelbronn
R19	Schwarzbach	affluent: Neudorfelbach	Amont confluence avec Schwarzbach
R20	Schwarzbach	affluent: Neudorfelbach	Niveau tourbière de Neudorfel
R26	Zinsel du Nord	affluent: Bitscherthal	Amont confluence Zinsel du Nord
R27	Zinsel du Nord	affluent: Weissbach	Amont confluence Zinsel du Nord
R28	Zinsel du Nord	affluent: Lindelthal	Amont confluence Zinsel du Nord
R32	Zinsel du Nord	Zinsel du Nord	Aval de Baerenthal
R34	Rothbach	Rothbach	Village de Reipertswiller
R36	Rothbach	Rothbach	Aval de R3
R39	Zinsel du Nord	Zinsel du Nord	Aval de R32
R42	Schwarzbach	Schwarzbach	Village de Dambach
R43	Schwarzbach	Schwarzbach	Aval station de lagunage et de R42
R47	Moder	Moder	Aval station d'épuration
R49	Rothbach	Rothbach	Niveau Wildenguth, aval R53
R50	Rothbach	Rothbach	Amont Saegmuhle, aval pisciculture et de R49
R51	Moder	Moosbaechel	Amont Wimmenau
R52	Moder	Moder	Sortie de Wimmenau, amont R47
R53	Rothbach	Rothbach	Aval R36, amont maison forest.Hengsberg
R58	Mittelbach	Mittelbach	Aval de R104 et d'une pisciculture
R59	Falkensteinbach	affluent: Mambach	Aval R60 et bassins de pisciculture
R60	Falkensteinbach	affluent: Mambach	Amont R59
R70	Rothbach	Rothbach	Village de Rothbach
R75	Schwarzbach	Schwarzbach	Tourbière Erlenmoos
R100	Falkensteinbach	Falkensteinbach	Aval R15, amont Niederbronn
R104	Mittelbach	Mittelbach	Village Erckarswiler
R105	Mittelbach	affluent	Aval R104, amont M.F. de Rothlach

Tableau II: Stations suivies dans le cadre de l'évaluation du niveau trophique du bassin versant de la Moder en plaine d'Alsace.

Station	Réseau	cours d'eau	Localisation
M1	Moder	Moder	Village de Rosteig
M2	Moder	Moder	Aval de Wingen-sur-Moder
M3	Moder	Mittelbach	Aval de Sparsbach
M4	Moder	Moder	Menschoffen, sortie du village
M5	Moder	Moder	Village Obermodern
M6	Moder	Rothbach	Village de Pffaffenhoffen, après confluence Rothbach-Moder
M7	Moder	Moder	Amont de Schweighouse- sur-Moder, aval M6
M8	Moder	Moder	Amont de Haguenuau, aval M7
M9	Rothbach	Rothbach	Aval de Muhlhausen
M10	Zinsel du Nord	Zinsel du Nord	Village de Gumbrechtshoffen
M11	Zinsel du Nord	Zinsel du Nord	Aval du village de Uttenhoffen
M12	Falkensteinbach	Falkensteinbach	Gundershoffen, après confluence avec Schwarzbach
M13	Zinsel du Nord	Zinsel du Nord	Après la confluence Falkensteinbach-Zinsel du N.

Tableau III: Statistiques sommaires des variables physico-chimiques analysées dans le cadre de l'eutrophisation. (Réseau des Vosges du Nord).

	minimum	maximum	moyenne	écart-type
pH	5,4	7,2	6,6	0,4
conductivité en $\mu S/cm$	39	128	65	19
bicarbonates en $\mu eq/l$	50	630	260	150
sulfates en mg/l	5,91	20,17	10,16	3,10
chlorures en mg/l	2,54	10,05	4,63	1,67
calcium en mg/l	3,44	11,32	6,02	2,12
magnésium en mg/l	0,89	3,49	1,73	0,66
sodium en mg/l	1,38	6,47	2,51	1,03
potassium en mg/l	2,31	4,27	3,00	0,45
azote ammoniacal en $\mu g/l$	35	443	101	97
azote nitrique en mg/l	0,16	1,95	0,55	0,32
orthophosphates en $\mu g/l$	8	552	71	95

n = 38 stations

12 mesures pour chaque station

Tableau IV: Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre de l'eutrophisation des cours d'eau des Vosges du Nord (n = 38 stations)

	pH	conductivité	alcalinité	sulfates	chlorures	calcium	magnésium	sodium	potassium	N-ammoniacal	N-nitrique	P-phosphates
pH	1,00											
conductivité	0,60	1,00										
alcalinité	0,85	0,75	1,00									
sulfates	0,00	0,59	0,01	1,00								
chlorures	0,28	0,81	0,47	0,59	1,00							
calcium	0,72	0,93	0,89	0,40	0,72	1,00						
magnésium	0,63	0,86	0,76	0,52	0,62	0,86	1,00					
sodium	0,44	0,89	0,60	0,58	0,96	0,83	0,69	1,00				
potassium	0,49	0,76	0,73	0,23	0,70	0,80	0,60	0,80	1,00			
azote ammoniacal	0,39	0,66	0,55	0,24	0,51	0,58	0,48	0,65	0,66	1,00		
azote nitrique	0,26	0,77	0,46	0,61	0,57	0,68	0,64	0,68	0,67	0,55	1,00	
orthophosphates	0,38	0,74	0,51	0,40	0,55	0,60	0,57	0,67	0,62	0,79	0,77	1,00
	pH	conductivité	alcalinité	sulfates	chlorures	calcium	magnésium	sodium	potassium	N-ammoniacal	N-nitrique	P-phosphates

Tableau V: Statistiques sommaires des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre de l'eutrophisation en plaine d'Alsace (n = 13).

variables	moyenne	écart type	minimum	maximum
pH	7,65	0,3	7,1	8
conductivité en $\mu\text{S/cm}$	217	78	97	416
alcalinité en $\mu\text{éq/l}$	490	240	160	1160
sulfates en mg/l	31,14	20,02	10,10	88,90
chlorures en mg/l	11,97	3,50	5,60	17,20
calcium en mg/l	33,68	15,45	8,00	64,10
magnésium en mg/l	7,41	4,44	2,20	20,80
sodium en mg/l	6,44	1,77	3,10	9,80
potassium en mg/l	4,00	0,58	2,80	4,90
azote ammoniacal en $\mu\text{g/l}$	145	65	55	246
azote nitrique en mg/l	1,35	0,48	0,80	2,20
orthophosphates en $\mu\text{g/l}$	183	81	83	303

Tableau VI: Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre de l'eutrophisation de la Plaine d'Alsace (n = 13 stations).

	pH	conductivité	alcalinité	sulfates	chlorures	calcium	magnésium	sodium	potassium	N-ammoniacal	N-nitrique	P-phosphates
pH	1,00											
conductivité	0,87	1,00										
alcalinité	0,85	0,98	1,00									
sulfates	0,74	0,96	0,89	1,00								
chlorures	0,65	0,40	0,38	0,21	1,00							
calcium	0,71	0,78	0,70	0,81	0,12	1,00						
magnésium	0,68	0,86	0,79	0,90	0,26	0,78	1,00					
sodium	0,69	0,36	0,37	0,13	0,92	0,07	0,12	1,00				
potassium	0,41	0,42	0,32	0,48	0,07	0,25	0,37	0,14	1,00			
azote ammoniacal	0,07	0,02	-0,08	0,08	-0,05	0,14	-0,10	0,03	0,53	1,00		
azote nitrique	0,63	0,75	0,71	0,79	-0,03	0,64	0,55	0,06	0,69	0,40	1,00	
orthophosphates	0,46	0,36	0,36	0,28	0,06	0,30	0,05	0,32	0,38	0,64	0,63	1,00

Le SCHWARZBACH

Tableau VII: Moyennes stationnelles, calculées à partir des mesures des paramètres physico-chimiques des 12 campagnes.

station	pH	conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Alcalinité en $\mu\text{éq/l}$	SO_4^{2-} en mg/l	Cl en mg/l	Ca^{2+} en mg/l	Mg^{2+} en mg/l	Na^+ en mg/l	K^+ en mg/l	N- NH_4^+ en $\mu\text{g/l}$	N- NO_3^- en mg/l	P- PO_4^{3-} $\mu\text{g/l}$
2	6,04	58	118	12,66	3,13	5,38	1,40	1,80	2,83	37	0,94	8
4	6,56	44	179	7,20	2,96	3,97	0,97	1,50	2,60	46	0,20	12
10	6,77	67	347	8,40	4,93	6,32	1,58	2,63	3,38	149	0,37	51
11	6,52	51	209	8,72	3,62	4,67	1,20	1,78	2,60	70	0,61	12
18	6,29	54	166	8,48	5,45	4,40	1,17	2,52	3,03	42	0,44	19
19	6,05	45	133	6,63	4,53	3,68	0,89	1,94	2,63	41	0,33	16
20	5,60	51	79	7,81	5,69	4,13	1,05	2,41	2,64	67	0,32	17
42	6,92	62	314	8,47	4,39	6,21	1,71	2,40	2,93	50	0,44	39
43	7,08	73	409	8,71	5,02	7,74	2,22	2,72	2,86	88	0,47	71
75	5,40	54	50	10,69	4,53	3,97	1,21	1,99	2,94	41	0,64	12

FALKENSTEINBACH

Tableau VIII: Moyennes stationnelles des paramètres physico-chimiques mesurés sur 12 campagnes.

station	pH	conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Alcalinité en $\mu\text{eq/l}$	SO_4^{2-} en mg/l	Cl en mg/l	Ca^{2+} en mg/l	Mg^{2+} en mg/l	Na^+ en mg/l	K^+ en mg/l	N- NH_4^+ en $\mu\text{g/l}$	N- NO_3^- en mg/l	P- PO_4^{3-} en $\mu\text{g/l}$
1	6,41	39	216	6,51	2,81	3,92	1,09	1,61	2,60	65	0,33	14
7	6,44	58	274	10,61	4,47	5,73	1,78	2,56	3,82	46	0,82	14
14	6,57	63	276	8,49	4,77	5,78	1,12	2,93	3,36	399	0,29	89
15	7,00	72	407	7,95	5,45	8,07	1,41	3,11	3,48	86	0,68	39
16	6,22	50	159	9,44	3,26	4,05	1,04	1,62	2,67	52	0,39	130
17	5,99	52	100	11,03	2,84	4,37	1,20	1,54	2,54	40	0,47	23
59	6,70	67	323	9,72	5,90	6,44	2,39	2,98	3,16	104	0,47	71
60	6,38	71	210	13,19	7,53	6,37	1,60	3,88	3,02	80	0,16	25
100	7,18	87	483	9,71	5,89	9,51	1,90	3,60	3,60	101	0,63	65

LA ZINSEL DU NORD

Tableau IX: Moyennes stationnelles, calculées à partir des mesures des paramètres physico-chimiques des 12 campagnes.

station	pH	conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Alcalinité en $\mu\text{éq/l}$	SO_4^{2-} en mg/l	Cl en mg/l	Ca^{2+} en mg/l	Mg^{2+} en mg/l	Na^+ en mg/l	K^+ en mg/l	N- NH_4^+ en $\mu\text{g/l}$	N- NO_3^- en mg/l	P- PO_4^{3-} $\mu\text{g/l}$
8	7,02	68	445	7,62	4,94	7,02	2,43	2,73	3,16	68	0,34	38
26	6,71	46	249	5,91	2,54	4,11	1,37	1,38	2,68	53	0,20	38
27	6,35	43	120	8,27	2,78	3,44	1,19	1,43	2,57	70	0,19	30
28	6,72	48	203	7,66	2,79	4,52	1,38	1,53	2,62	44	0,36	24
32	7,07	69	373	7,94	4,16	7,05	1,94	2,66	3,16	88	0,36	43
39	7,06	71	368	8,98	4,75	7,28	2,01	2,83	3,24	77	0,44	54

LE ROTHBACH

Tableau X: Moyennes stationnelles, calculées à partir des mesures des paramètres physico-chimiques des 12 campagnes.

station	pH	conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Alcalinité en $\mu\text{eq/l}$	SO_4^{2-} en mg/l	Cl^- en mg/l	Ca^{2+} en mg/l	Mg^{2+} en mg/l	Na^+ en mg/l	K^+ en mg/l	N-NH_4^+ en $\mu\text{g/l}$	N-NO_3^- en mg/l	P-PO_4^{3-} $\mu\text{g/l}$
3	6,63	60	157	14,92	3,32	5,16	2,09	1,79	2,33	54	0,58	18
34	6,77	59	287	8,75	3,65	6,21	1,45	1,89	2,93	86	0,54	112
36	6,47	58	109	14,41	3,35	4,70	1,91	1,77	2,31	42	0,51	25
49	6,48	64	161	9,51	3,22	4,24	1,40	1,45	2,38	35	0,40	102
50	6,77	71	253	9,01	3,44	4,94	1,38	1,90	2,85	157	0,54	120
53	6,51	56	137	11,62	3,31	4,53	1,53	1,78	2,61	42	0,45	54
70	6,82	80	349	10,00	5,00	7,99	1,87	3,13	3,70	175	0,99	179

La MODER

Tableau XI: Moyennes stationnelles, calculées à partir des mesures des paramètres physico-chimiques des 12 campagnes.

station	pH	conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Alcalinité en $\mu\text{éq/l}$	SO_4^{2-} en mg/l	Cl^- en mg/l	Ca^{2+} en mg/l	Mg^{2+} en mg/l	Na^+ en mg/l	K^+ en mg/l	N-NH_4^+ en $\mu\text{g/l}$	N-NO_3^- en mg/l	P-PO_4^{3-} $\mu\text{g/l}$
52	7,22	104	634	12,85	6,39	11,32	3,49	3,41	3,47	94	1,06	115
47	7,22	107	632	12,31	6,53	11,12	3,37	4,12	3,59	333	0,96	200
51	5,89	54	95	13,02	4,08	4,09	1,47	2,01	2,76	49	0,41	29

LE MITTELBACH

Tableau XII: Moyennes stationnelles, calculées à partir des mesures des paramètres physico-chimiques des 12 campagnes.

station	pH	conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Alcalinité en $\mu\text{eq/l}$	SO_4^{2-} en mg/l	Cl^- en mg/l	Ca^{2+} en mg/l	Mg^{2+} en mg/l	Na^+ en mg/l	K^+ en mg/l	N-NH_4^+ en $\mu\text{g/l}$	N-NO_3 en mg/l	P-PO_4^{3-} $\mu\text{g/l}$
58	6,89	83	419	9,88	5,51	7,50	2,87	3,02	3,60	269	0,80	221
104	7,04	128	473	18,76	10,05	11,06	3,12	6,47	4,27	443	1,95	552
105	6,55	92	149	20,17	9,03	7,65	2,39	4,64	3,09	52	0,70	31

Tableau XIII: Moyennes stationnelles, calculées à partir des mesures des paramètres physico-chimiques des 7 campagnes réalisées de juin 1994 à novembre 1995.

stations	pH	conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Alcalinité en $\mu\text{éq/l}$	SO_4^{2-} mg/l	Cl mg/l	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	Na^+ mg/l	K^+ mg/l	N-NH_4^+ $\mu\text{g/l}$	N-NO_3^- mg/l	P-PO_4^{3-} $\mu\text{g/l}$
M1	7,2	95	160	17,30	4,30	9,30	3,60	2,10	2,10	133	0,90	92
M2	7,3	130	260	15,06	7,30	14,96	4,53	4,40	4,83	154	1,11	85
M3	7,1	97	200	10,10	5,57	8,02	2,20	3,12	3,60	142	1,18	160
M4	8,0	416	1160	88,87	13,56	64,11	20,79	5,78	4,47	88	2,14	112
M5	7,6	232	540	42,82	8,50	47,50	8,36	5,10	4,13	237	1,60	303
M6	7,8	285	285	37,90	10,37	38,43	8,66	6,64	3,88	150	1,74	303
M7	8,0	274	760	42,68	13,16	41,97	8,15	8,05	4,87	160	2,24	294
M8	7,9	265	700	38,45	16,82	34,36	6,98	9,80	4,27	202	1,61	277
M9	7,7	218	520	35,34	10,73	48,67	6,34	5,43	4,36	246	1,82	215
M10	7,6	180	440	17,51	17,16	21,58	5,20	8,05	3,88	219	0,86	161
M11	7,7	181	400	20,21	14,75	33,42	10,63	7,70	4,02	113	0,85	147
M12	7,5	153	400	15,54	9,08	45,15	5,82	4,87	2,82	66	0,78	83
M13	7,6	193	540	20,19	14,16	19,84	4,29	7,38	3,38	55	0,86	120

**Tableau XIV: Evolution de la pollution gazeuse dans les Vosges au cours des années récentes .
(d'après LANDMANN et al., 1991)**

site/année	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	
Petite-Pierre									9	SO2 en µg/m3
Strasbourg	64	59	74	66	62	42	42	26	27	
Donon(col)				8	14	7	5			
Donon(Tour)							5	5	7	
Aubure					10	5	3	4	5	
Petite-Pierre									15	NO2 en µg/m3
Strasbourg	59	58		69	40	46	53	53	58	
Donon(col)				6	6	4	7			
Donon(Tour)							8	8	10	
Aubure					6	3	4	6	7	
Petite-Pierre									58	O3 en µg/m3
Strasbourg					23	23	15	23	33	
Donon(col)					53	57	54			
Donon(Tour)							79	71	70	
Aubure					72	69	72	49	74	

Tableau XV: Stations suivies dans le cadre de l'évaluation du degré d'acidification des cours d'eau des Vosges du Nord.

Station	Réseau	cours d'eau	Localisation
R1	Falkensteinbach	Falkensteinbach	Heckenthal
R2	Schwarzbach	Rothenbach	Amont Etang du Tabac
R3	Rothbach	Rothbach	Niveau de la source
R4	Schwarzbach	Rothenbach	Aval de R2, Erbsenthal
R5	Schwarzbach	Schnepfenbach	Amont des étangs, aval R9
R7	Falkensteinbach	affluent du Waldeck	Amont du camping
R8	Zinsel du Nord	Zinsel du Nord	Amont de l'Etang de Baerenthal
R9	Schwarzbach	Schnepfenbach	Niveau de la source
R10	Schwarzbach	Schwarzbach	Aval de Sturzelbronn
R11	Schwarzbach	affluent : Moosbach	Amont confluence avec Rothenbach
R14	Falkensteinbach	affluent du Waldeck	Aval du camping
R15	Falkensteinbach	Falkensteinbach	Aval de R1
R16	Falkensteinbach	affluent du Lieschbach	Aval de l'Etang du Lieschbach
R17	Falkensteinbach	affluent du Lieschbach	Amont de l'Etang du Lieschbach
R18	Schwarzbach	Schwarzbach	Amont de Sturzelbronn
R19	Schwarzbach	affluent: Neudorfelbach	Amont confluence avec Schwarzbach
R20	Schwarzbach	affluent: Neudorfelbach	Niveau tourbière de Neudorfel
R25	Zinsel du Nord	Schoenthal	Amont confluence Zinsel du Nord
R26	Zinsel du Nord	affluent: Bitscherthal	Amont confluence Zinsel du Nord
R27	Zinsel du Nord	affluent: Weissbach	Amont confluence Zinsel du Nord
R28	Zinsel du Nord	affluent: Lindelthal	Amont confluence Zinsel du Nord
R29	Zinsel du Nord	affluent: Bitscherthal	Amont de R26, niveau de la source
R30	Zinsel du Nord	affluent: Weissbach	Amont de R27 et des étangs
R31	Zinsel du Nord	affluent: Lindelthal	Amont de R28 et des étangs
R34	Rothbach	Rothbach	Village de Reipertswiller
R36	Rothbach	Rothbach	Aval de R3
R42	Schwarzbach	Schwarzbach	Village de Dambach
R47	Moder	Moder	Aval station d'épuration
R48	Moder	Moosbaechel	Aval de R51, niveau de la source
R49	Rothbach	Rothbach	Niveau Wildenguth, aval R53
R50	Rothbach	Rothbach	Amont Saegmuhle, aval pisciculture et de R49
R51	Moder	Moosbaechel	Amont Wimmenau
R52	Moder	Moder	Sortie de Wimmenau, amont R47
R53	Rothbach	Rothbach	Aval R36, amont maison forest.Hengsberg
R54	Rothbach	affluent de Melch	Aval du village de Melch
R58	Mittelbach	Mittelbach	Aval de R104 et d'une pisciculture
R59	Falkensteinbach	affluent: Mambach	Aval R60 et bassins de pisciculture
R60	Falkensteinbach	affluent: Mambach	Amont R59
R75	Schwarzbach	Schwarzbach	Tourbière Erlenmoos
R104	Mittelbach	Mittelbach	Village Erckarswiller
R105	Mittelbach	affluent	Aval R104, amont de M.F. de Rothlach

en gras stations communes aux réseaux eutrophisation et acidification.

Tableau XVI: Stations suivies dans le cadre de l'évaluation du degré d'acidification des cours d'eau du massif du Donon.

Station	Réseau	cours d'eau	Localisation
D1	Plaine	affluent	Basse de Réquival
D2	Plaine	Plaine	Amont Raon-sur-Plaine
D5	Val	Moyen Sapinot	Amont Scierie des Marquis
D9	Châtillon	affluent	Basse de Choinik
D11	Châtillon	Châtillon	Aval de D12 et D13, lieu-dit "Moïses"
D12	Châtillon	affluent	Vallée des chevaux, niveau de la ruine
D13	Châtillon	Châtillon	Lieu-dit "Trou Marmot"
D15	Sarre Blanche	Sarre Blanche	Niveau de la source
D16	Sarre Blanche	Sarre Blanche	Aval de D15
D18	Val	affluent	Chanson Combelle
D19	Val	Val	Aval D24, aval confluence avec D18
D21	Val	Val	Niveau source
D23	Val	affluent	Amont D24
D24	Val	Val	Aval D21 et D23
D25	Val	le Mauvais	Amont de la confluence et de la scierie
D26	Rabodeau	Grand Bras	Niveau parcours de santé
D27	Rabodeau	Gentil Sapin	Niveau parcours de santé
D30	Val	Val	Amont de D24

**Tableau XVII: Statistiques sommaires des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre de l'acidification
n = 41 stations**

	minimum	maximum	moyenne	écart-type
pH	4,4	7,3	6,4	0,6
conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	40	133	64	19
bicarbonates ($\mu\text{éq/l}$)	0	620	190	150
sulfates (mg/l)	5,59	21,17	11,13	3,26
chlorures (mg/l)	2,47	10,85	4,52	1,68
azote nitrique (mg/l)	0,06	1,81	0,49	0,32
calcium (mg/l)	2,40	11,30	5,35	2,09
sodium (mg/l)	1,18	8,13	2,32	1,24
potassium (mg/l)	2,24	4,26	2,88	0,41
magnésium (mg/l)	0,74	3,42	1,50	0,62
azote ammoniacal ($\mu\text{g/l}$)	16	481	94	107
orthophosphates ($\mu\text{g/l}$)	6	413	54	74
aluminium ($\mu\text{g/l}$)	22	507	103	83

**Tableau XVIII : Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre de l'acidification
n = 41 stations**

	pH	conductivité	HCO ₃ ⁻	SO ₄	Cl ⁻	N-NO ₃	Ca ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	N-NH ₄ ⁺	P-PO ₄	Al total
pH	1,00												
conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	0,52	1,00											
bicarbonates ($\mu\text{éq/l}$)	0,81	0,75	1,00										
sulfates (mg/l)	-0,07	0,55	-0,04	1,00									
chlorures (mg/l)	0,25	0,82	0,45	0,52	1,00								
nitrate (mg/l)	0,39	0,85	0,59	0,52	0,64	1,00							
calcium (mg/l)	0,70	0,93	0,88	0,34	0,73	0,78	1,00						
sodium (mg/l)	0,38	0,87	0,56	0,50	0,95	0,73	0,80	1,00					
potassium (mg/l)	0,48	0,69	0,67	0,12	0,64	0,63	0,73	0,71	1,00				
magnésium (mg/l)	0,50	0,85	0,70	0,59	0,58	0,74	0,81	0,20	0,44	1,00			
azote ammoniacal ($\mu\text{g/l}$)	0,41	0,65	0,58	0,16	0,53	0,54	0,60	0,63	0,63	0,45	1,00		
orthophosphates ($\mu\text{g/l}$)	0,45	0,80	0,65	0,29	0,60	0,76	0,71	0,75	0,66	0,61	0,73	1,00	
aluminium ($\mu\text{g/l}$)	-0,77	-0,11	-0,47	0,25	0,00	-0,02	-0,33	-0,10	-0,30	-0,15	-0,13	-0,14	1,00

Tableau XIX: Tableau des statistiques sommaires des variables physico-chimiques dans le cadre du suivi acidification des Vosges du Nord (n = 19 stations).

variables	moyenne	écart-type	minimum	maximum
pH	6,08	0,69	4,42	7,23
conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	59	15	46	106
alcalinité ($\mu\text{éq}/\text{l}$)	140	140	0	620
sulfates (mg/l)	11,83	3,68	6,08	20,38
chlorures (mg/l)	4,59	1,32	2,76	8,67
nitrate (mg/l)	0,46	0,26	0,08	1,04
aluminium ($\mu\text{g}/\text{l}$)	142	102	43	506

Valeurs stationnelles m Valeurs stationnelles moyennes sur 2 ans 1994-1995.

Tableau XX: Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre du suivi de l'acidification (n = 19 stations).

	pH	conductivité	alcalinité	sulfates	chlorures	nitrate	aluminium
pH	1,00						
conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,47	1,00					
alcalinité ($\mu\text{éq}/\text{l}$)	0,80	0,66	1,00				
sulfates (mg/l)	0,06	0,48	-0,14	1,00			
chlorures (mg/l)	0,15	0,74	0,20	0,43	1,00		
nitrate (mg/l)	0,42	0,79	0,54	0,28	0,47	1,00	
aluminium ($\mu\text{g}/\text{l}$)	-0,80	-0,10	-0,51	0,10	0,03	-0,09	1,00
	pH	conductivité	alcalinité	sulfates	chlorures	nitrate	aluminium

Tableau XXI: Statistiques sommaires des variables continues (secteur du DONON).

(n = 18 stations)

variable	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
alcalinité en $\mu\text{eq/l}$	38	60	0	220
pH	5,8	0,6	5,0	7,2
conductivité en $\mu\text{S/cm}$	50	10	35	75
aluminium total en $\mu\text{g/l}$	168	165	31	706
azote ammoniacal en $\mu\text{g/l}$	9	1,4	6	12
orthophosphates en $\mu\text{g/l}$	9	3,2	6	18
sulfates en mg/l	8,82	1,58	5,7	11,13
chlorures en mg/l	3	2,24	1,18	10,09
azote nitrique en mg/l	0,75	0,19	0,36	1,06
calcium en mg/l	2,84	0,74	1,51	4,53
potassium en mg/l	1,77	0,25	1,35	2,46
sodium en mg/l	1,58	1,27	0,67	5,64
magnésium en mg/l	1,15	0,33	0,67	2,03

Tableau XXII: Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques mesurés dans le cadre de l'acidification du massif du Donon (n = 18 stations).

	alcalinité	pH	cond	Al	N-NH ₄ ⁺	P-PO ₄ ³⁻	sulfates	chlorures	N-NO ₃	calcium	potassium	sodium	magnésium
alcalinité	1,00												
pH	0,88	1,00											
conductivité	0,64	0,59	1,00										
aluminium	-0,20	-0,47	-0,31	1,00									
azote ammoniacal	-0,38	-0,37	0,22	0,00	1,00								
orthophosphates	0,86	0,85	0,80	-0,35	-0,25	1,00							
sulfates	-0,56	-0,41	-0,17	-0,49	0,35	-0,40	1,00						
chlorures	0,51	0,55	0,91	-0,28	0,22	0,79	-0,26	1,00					
azote nitrique	0,53	0,40	0,09	0,18	-0,22	0,29	-0,51	0,03	1,00				
calcium	0,84	0,92	0,60	-0,58	-0,28	0,81	-0,25	0,56	0,50	1,00			
potassium	0,00	0,20	0,59	0,33	-0,33	0,38	0,34	0,67	-0,47	0,23	1,00		
sodium	0,54	0,62	0,91	0,25	0,25	0,77	-0,24	0,98	0,05	0,61	0,68	1,00	
magnésium	0,00	0,85	0,61	-0,32	-0,32	0,81	-0,23	0,48	0,46	0,92	0,10	0,51	1,00

Tableau XXIII: Evolution des cours d'eau entre 1988-89 et 1995: comparaison bibliographique.

Cours d'eau		pH (labo)	alcalinité(µeq/l)	Al (µg/l)	conductivité	
Schoenthal	1988-89	6,1	20	22	55	V. du Nord
	1994-95	5,8	44	88	53	
Chanson Combelle	1988-89	5,8-6,3	26	25-66	43	Massif du Donon
	1995	5,6	10	63	45	
Bousson D24	1988-89	6,0-6,3	30	12 à 29	40	
	1995	5,9	15	60	45	
Vallée des Chevaux	1988-89	5,1-5,9	17	27-221	36	
	1995	5,3	1	216	46	
Sarre Blanche D16	1988-89	6,9-7,3	279	15-16	69	
	1995	6,9	168	77	67	
Grand Bras	1988-89	4,9-6,6	47	7-853	70	
	1995	6,0	19	397	35	
Gentil Sapin	1988-89	6,9-7,4	314	8 à 56	56	
	1995	6,2	114	257	40	

Campagne 1988-1989: Probst et al., 1990

Campagne 1995: données C.R.E.U.M.

Dans le tableau, le pH minimum et maximum, l'aluminium minimale et maximale sont indiqués en 1988-1989. Les données 1995 correspondent à des valeurs moyennes, calculées sur 8 campagnes.

Tableau XXIV: Tableau comparatif Vosges du Nord- Donon

Tab 24 a: caractéristiques des deux secteurs étudiés

Secteur	Station	cours d'eau	roche-mère	Occupation sol	pluviométrie en mm/an	altitude en m
Vosges du Nord	R3	Rothbach	Grès vosgien	Forêt mixte	1100	270
	R4	Rothenbach	Grès vosgien	Forêt mixte	1000	242
	R7	Ruisseau de Waldeck	Grès vosgien <	Forêt mixte	1000	230
	R9	Neudorfelbach	Grès vosgien	Forêt mixte + tourbière	1000	285
	R16	Ruisseau du Lieschbach	Grès vosgien <	Forêt mixte	1000	226
	R19	Neudorfelbach	Grès	Forêt mixte	1000	235
	R20	Neudorfelbach	Grès vosgien <	Forêt mixte + tourbière	1000	240
	R25	- Schoenthal	Grès vosgien <	Forêt mixte	1000	220
	R29	Bitscherthal	Grès vosgien <	Forêt mixte	1000	240
	R30	Weissbach	Grès vosgien >	Forêt mixte	1000	275
	R31	Hurrenkehle	Grès vosgien <	Forêt mixte	1000	233
	R42	Schwarzbach	Grès vosgien	Prairie	1000	225
	R48	Moosbaechel	Grès vosgien	Prairie	1100	220
	R51	Moosbaechel	Grès vosgien	Forêt mixte + tourbière	1100	220
	R53	Rothbach	Grès vosgien	Forêt mixte	1100	241
	R54	Rothbach	Grès vosgien	Prairie	1100	260
	R75	Ruisseau de l'Erlenmoos	Grès vosgien > / <	Forêt mixte + tourbière	1000	277
R105	affluent du Mittelbach	Grès vosgien	Forêt mixte	1100	225	
Donon	D1	affluent de la Plaine	Grès vosgien < et >	Sapins	1500	532
	D2	Plaine	Roches volcaniques	Sapins	1500	503
	D5	Moyen Sapinot	Grès vosgien >	Sapins	1200	416
	D9	affluent du Châtillon	Grès vosgien >	Sapins	1200	345
	D11	Châtillon	Grès vosgien >	Sapins	1200	362
	D12	ruisseau des Chevaux	Grès vosgien >	Sapins	1200	385
	D13	Châtillon	Grès vosgien >	Sapins	1200	414
	D15	Sarre Blanche	Rhyolithes	Hêtraie-Sapinière	1500	485
	D16	Sarre Blanche	Grès vosgien <, Rhyolithes	Hêtraie-Sapinière	1500	475
	D18	Chanson Combelle	Grès vosgien >	prairies + forêt	1100	385
	D19	Bousson	Grès vosgien >	Sapins	1200	338
	D21	Bousson	Grès vosgien >	Sapins	1200	370
	D23	Bousson	Grès vosgien >	Sapins	1200	370
	D24	Bousson	Grès vosgien >	Sapins	1200	348
	D25	le Mauvais	Grès vosgien >	Sapins	1200	400
	D26	Grand Bras	Grès vosgien < et >	sapins + tourbières	1200-1500	480
	D27	Gentil Sapin	Grès vosgien < et >	sapins + tourbières	1200-1500	475
D30	Bousson	Grès vosgien >	Epiceas	1100	360	

Tab 24b: Caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau des deux secteurs

Secteur	Station	pH	Alcalinité µeq/l	Al total µg/l
Vosges du Nord	R3	6,5	136	75
	R4	6,5	169	83
	R7	6,5	259	55
	R9	5,2	5	194
	R16	6,2	123	89
	R19	6,0	88	144
	R20	5,2	20	218
	R25	5,7	29	90
	R29	6,6	251	43
	R30	4,4	1	506
	R31	6,2	60	90
	R42	6,9	307	86
	R48	5,8	47	206
	R51	5,8	59	215
	R53	6,5	134	68
	R54	6,7	188	156
	R75	5,3	15	160
R105	6,5	122	149	
	Moyenne	6,0	112	146
	minimum	4,4	1	43
	maximum	6,9	307	506
Donon	D1	5,0	13	706
	D2	7,2	219	45
	D5	5,7	10	173
	D9	5,2	4	233
	D11	5,7	7	62
	D12	5,3	1	216
	D13	5,1	0	241
	D15	6,2	36	105
	D16	6,9	168	77
	D18	5,6	10	63
	D19	5,9	18	55
	D21	5,5	3	128
	D23	6,0	20	31
	D24	5,9	15	60
	D25	5,7	14	113
	D26	6,0	19	397
	D27	6,2	114	257
D30	5,7	15	58	
	Moyenne	5,8	38	168
	minimum	5,0	0	31
	maximum	7,2	219	706

Tableau XXVI : Relations entre les associations végétales et la physico-chimie des cours d'eau des Vosges du Nord.

Tableau établi à partir de la fréquence :

(V: 80-100%; IV :60-80%; III: 40-60%; II: 20-40%; I: 0-20% avec entre parenthèses le coefficient d'abondance-dominance moyen des espèces au sein de chaque communauté)

Unités végétales	A	B	C	D
nombre de stations	10	11	10	7
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	V(2)	V(1)	.	.
<i>Cardamine amara</i>	I (1)	II (1)	.	.
<i>Glyceria fluitans</i>	IV(2)	V(1)	V(+)	V(+)
<i>Fontinalis antipyretica</i>	I (1)	II (1)	II (1)	III (2)
<i>Mentha aquatica</i>	I (+)	I (1)	II (+)	II (+)
<i>Sparganium erectum</i>	IV (1)	III (1)	I (+)	I (+)
<i>Veronica beccabunga</i>	I (1)	.	III (+)	I (+)
<i>Sparganium emersum</i>	I(+)	III(1)	IV(1)	III(1)
<i>Callitriche hamulata</i>	.	III(1)	V(1)	V(2)
<i>Callitriche platycarpa</i>	.	III(2)	III(2)	II(1)
<i>Callitriche stagnalis</i>	.	IV(+)	IV(+)	III(+)
<i>Lemna minor</i>	.	II(+)	III (+)	IV(+)
<i>Ranunculus peltatus</i>	.	II(1)	II(2)	II(3)
<i>Berula erecta</i>	.	II(1)	I(1)	I(2)
<i>Potamogeton crispus</i>	.	.	I(1)	.
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	.	.	II (+)	.
<i>Potamogeton alpinus</i>	.	.	I(+)	.
<i>Potamogeton variifolius</i>	.	.	I(+)	.
<i>Phalaris arundinaceae</i>	.	.	V (1)	V (+)
<i>Glyceria maxima</i>	.	.	III (+)	II (+)
<i>Elodea canadensis</i>	.	.	III(3)	I(1)
<i>Nasturtium officinale</i>	.	.	III (1)	III (+)
<i>Oenanthe fluviatilis</i>	.	.	I(2)	I (+)
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	.	.	I(2)	I(+)
<i>Elodea nuttallii</i>	.	.	I(2)	III(3)
<i>Callitriche obtusangula</i>	.	.	.	V (3)
<i>Myosotis scorpioides</i>	.	.	.	II (+)
pH moyen	6,1 (0,5)	6,5 (0,3)	6,9 (0,3)	7,0 (0,3)
conductivité moyenne en $\mu\text{S/cm}$	60 (13)	50 (9)	76 (234)	82 (23)
alcalinité moyenne en $\mu\text{eq/l}$	140 (110)	190 (120)	390 (180)	440 (210)
N-NH ₄ ⁺ moyenne en $\mu\text{g/l}$	52 (37)	84 (158)	124 (165)	170 (146)
P-PO ₄ ³⁻ moyenne en $\mu\text{g/l}$	31 (40)	30 (38)	109 (180)	145 (72)
N-NO ₃ ⁻ moyenne en mg/l	0,5 (0,4)	0,4 (0,3)	0,6 (0,6)	0,8 (0,3)
largeur en m	< 1	1 à 2	4 à 6	4 à 6
profondeur en m	0,1 à 0,3	0,1 à 0,3	0,6 à 1,0	0,6 à 1,0
pente	15‰		3‰	3‰
débit	rapide	rapide à modéré	modéré à lent	modéré à lent

Tableau XXVII : Richesse spécifique en hydrophytes phanérogames par station et par association végétale dans les cours d'eau des Vosges du Nord.

Relevés végétaux	association végétale "A" (10 relevés)											11 relevés association végétale "B"										10 relevés association végétale "C"										7 relevés association végétale "D"												
												sous groupe B1								B2	sous groupe C1						sous groupe C2				sous groupe D1		sous groupe D2											
												28	27	11	18	26	53	36	19	14	4	1	Bm	15	8	39	32	100	42	10	49	59	104	Cm	43	47	52	70	58	50	34	Dm		
POTAMOGETON POLYGONIFOLIUS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
GLYCERIA FLUITANS hy	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	
SPARGANIUM EMERSUM	1	1	.	1	1	1	1	1	.	1	1	
LEMNA MINOR	1	.	1	1	1	.	1	1	.	.	.	1	1	
CALLITRICHÉ STAGNALIS	1	1	1	1	1	1	1	1	
CALLITRICHÉ PLATYCARPA	1	1	1	.	1	.	.	1	1	.	.	.	1	1	1	1	1	1	.	1	
CALLITRICHÉ HAMULATA	1	1	1	
BERULA ERECTA hy	1	1	1	
RANUNCULUS PELTATUS	1	1	.	.	.	1	.	1	1	1	.	1
ELODEA CANADENSIS	1	.	1	1	1	.	1
ELODEA NUTTALLII	1	.	1	1	1	.	1
POTAMOGETON CRISPUS	1
POTAMOGETON ALPINUS	1
POTAMOGETON BERCHTOLDII	1
POTAMOGETON VARIIFOLIUS	1
OENANTHE FLUVIATILIS	1
MYRIOPHYLLUM ALTERNIFLORUM	1
CALLITRICHÉ OBTUSANGULA	1
Richesse spécifique	1	1	1	1	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	5	7	3	4	5	3	5	4	4	7	7	7	8	5	8	5	4	4	3	6	7	10	8	7	7	4	6	7		

Xm: richesse spécifique moyenne de l'unité végétale X.

Tableau XXVIII: Variations saisonnières des principaux paramètres physico-chimiques au sein des 4 groupements végétaux.

Mois	groupements végétaux	pH	conductivité $\mu\text{S/cm}$	Alcalinité μeq	N-NH ₄ ⁺ mg/l N	N-NO ₃ ⁻ mg/l N	P-PO ₄ ³⁻ $\mu\text{g/l P}$
janvier	A	5,9	59	144	68	0,70	23
juin	A	6,2	59	159	56	0,54	30
août	A	6,2	62	116	47	0,38	36
novembre	A	6,2	60	181	34	0,48	36
janvier	B	6,3	49	178	76	0,48	23
juin	B	6,6	49	199	75	0,29	30
août	B	6,5	52	142	125	0,33	45
novembre	B	6,5	49	222	58	0,31	22
janvier	C	6,8	84	338	115	0,89	102
juin	C	7,0	62	260	127	0,53	76
août	C	6,9	80	351	173	0,43	133
novembre	C	7,0	71	474	78	0,68	88
janvier	D	6,7	83	371	175	0,95	102
juin	D	7,2	81	496	159	0,64	137
août	D	6,9	88	462	209	0,58	155
novembre	D	6,9	76	406	137	0,80	134

Tableau XXIX: Valeurs moyennes saisonnières par unité végétale des principaux paramètres physico-chimiques.

	janvier	pH	cond μS/cm	Alcalinité μeq	N-NH ₄ ⁺ μg/l N	P-PO ₄ ³⁻ μg/l P
Groupement végétal A	1993	6,1	58	188	75	24
	1994	5,6	60	60	83	22
	1995	5,9	59	165	47	24
Groupement végétal B	1993	6,4	46	183	73	23
	1994	6,2	50	94	94	25
	1995	6,3	50	267	61	20
Groupement végétal C	1993	6,9	78	381	141	166
	1994	6,7	83	277	105	105
	1995	6,9	89	346	102	98
Groupement végétal D	1993	6,7	81	413	181	137
	1994	6,7	82	307	159	93
	1995	6,8	85	393	185	110

	Août	pH	cond μS/cm	Alcalinité μeq	N-NH ₄ ⁺ μg/l N	P-PO ₄ ³⁻ μg/l P
Groupement végétal A	1993	6,2	56	145	67	47
	1994	6,3	66	89	39	37
	1995	6,0	63	92	35	21
Groupement végétal B	1993	6,6	47	203	74	38
	1994	6,5	56	95	192	62
	1995	6,4	53	140	108	35
Groupement végétal C	1993	7,0	73	399	193	167
	1994	6,8	74	288	153	97
	1995	6,8	91	371	175	138
Groupement végétal D	1993	6,9	75	490	212	173
	1994	7,1	85	483	175	165
	1995	6,9	103	417	238	170

	juin	pH	cond μS/cm	Alcalinité μeq	N-NH ₄ ⁺ μg/l N	P-PO ₄ ³⁻ μg/l P
Groupement végétal A	1993	6,2	56	185	79	40
	1994	6,3	60	203	66	30
	1995	5,9	57	71	24	21
Groupement végétal B	1993	6,6	44	205	94	45
	1994	6,6	51	279	95	26
	1995	6,5	52	116	37	19
Groupement végétal C	1993	7,1	66	364	139	138
	1994	7,0	74	455	145	98
	1995	7,0	76	329	101	60
Groupement végétal D	1993	7,1	74	0,506	201	194
	1994	7,2	78	0,528	151	120
	1995	7,3	90	0,456	124	141

	Novembre	pH	cond μS/cm	Alcalinité μeq	N-NH ₄ ⁺ μg/l N	P-PO ₄ ³⁻ μg/l P
Groupement végétal A	1993	6,3	57	180	38	53
	1994	6,2	59	241	39	36
	1995	6,2	62	89	27	23
Groupement végétal B	1993	6,5	46	220	48	25
	1994	6,6	48	326	62	18
	1995	6,6	51	140	59	23
Groupement végétal C	1993	7,1	69	418	65	117
	1994	7,0	70	699	101	86
	1995	7,0	73	300	67	63
Groupement végétal D	1993	6,8	61	380	91	189
	1994	7,0	81	448	165	129
	1995	7,1	83	384	142	132

Tableau XXX: Variations inter-annuelles des principaux paramètres physico-chimiques.

	pH	conductivité μS/cm	alcalinité en μeq/l	N-NH ₄ ⁺ en μg/l	P-PO ₄ ³⁻ en μg/l
1993	6,6 +/- 0,6	60 +/- 19	290 +/- 134	107 +/- 123	90 +/- 149
1994	6,6 +/- 0,5	66 +/- 19	295 +/- 260	112 +/- 157	64 +/- 80
1995	6,6 +/- 0,5	69 +/- 25	242 +/- 165	91 +/- 145	61 +/- 96

moyenne et écart-type calculés sur les 38 stations.

Tableau XXXI: Comparaison entre les Vosges du Nord, la Plaine d'Alsace et le Ried alsacien.

	VOSGES DU NORD				PLAINE D'ALSACE		RIED ALSACIEN		
	A	B	C	D	Affluents	Moder	D'	E'	F'
principales espèces de macrophytes présentes	<i>P. polygonifolius</i>	<i>P. polygonifolius</i> <i>R. peltatus</i> <i>C. stagnalis</i> <i>C. hamulata</i> <i>C. platycarpa</i>	<i>R. peltatus</i> <i>C. stagnalis</i> <i>C. hamulata</i> <i>C. platycarpa</i> <i>E. canadensis</i> <i>P. crispus</i>	<i>R. peltatus</i> <i>C. stagnalis</i> <i>C. hamulata</i> <i>C. platycarpa</i> <i>(E. canadensis)</i> <i>P. crispus</i> <i>E. nuttallii</i> <i>C. obtusangula</i> <i>Vaucheria sp.</i>	<i>R. peltatus</i> <i>C. hamulata</i> <i>C. platycarpa</i> <i>(E. canadensis)</i> <i>P. crispus</i> <i>(E. nuttallii)</i> <i>C. obtusangula</i> <i>Vaucheria sp.</i>	<i>C. hamulata</i> <i>C. platycarpa</i> <i>E. nuttallii</i> <i>C. obtusangula</i> <i>Vaucheria sp.</i> <i>Cladophora sp.</i>	<i>E. canadensis</i> <i>P. crispus</i> <i>E. nuttallii</i> <i>C. obtusangula</i> <i>L. trisulca</i>	<i>(E. canadensis)</i> <i>P. crispus</i> <i>E. nuttallii</i> <i>C. obtusangula</i> <i>(E. ernstae)</i> <i>C. demersum</i> <i>P. pectinatus</i> <i>M. spicatum</i> <i>L. minor</i>	<i>R. fluitans</i> <i>E. nuttallii</i> <i>C. obtusangula</i> <i>(E. ernstae)</i> <i>C. demersum</i> <i>P. pectinatus</i> <i>M. spicatum</i> <i>L. minor</i> <i>P. lucens</i> <i>P. perfoliatus</i> <i>S. polyrhiza</i> <i>P. nodosus</i>
Physico-chimie	pH = 6,1 cond = 60µS/cm [N-NH4+] = 50µg/l [P-PO43-] = 30µg/l	pH = 6,5 cond = 50µS/cm [N-NH4+] = 85µg/l [P-PO43-] = 30µg/l	pH = 6,9 cond = 80µS/cm [N-NH4+] = 125µg/l [P-PO43-] = 110µg/l	pH = 7,0 cond = 80µS/cm [N-NH4+] = 170µg/l [P-PO43-] = 145µg/l	pH = 7,6 cond = 185µS/cm [N-NH4+] = 140µg/l [P-PO43-] = 150µg/l	pH = 7,9 cond = 300µS/cm [N-NH4+] = 170µg/l [P-PO43-] = 250µg/l	pH = 7,6 cond = 650µS/cm [N-NH4+] = 35µg/l [P-PO43-] = 30µg/l	pH = 7,9 cond = 650µS/cm [N-NH4+] = 60µg/l [P-PO43-] = 40µg/l	pH = 7,9 cond = 500µS/cm [N-NH4+] = 255µg/l [P-PO43-] = 190µg/l
Géologie	Grès vosgien				Marnes-Marno calcaire-Argiles		Galets carbonatés calcaïques		

(x): espèce peu présente



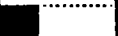
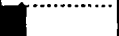

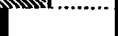

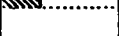
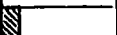


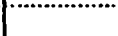
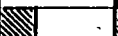
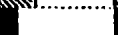
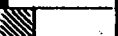
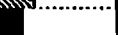
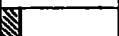
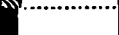

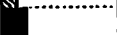

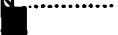
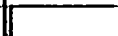
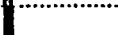
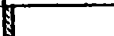
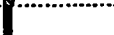

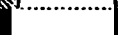

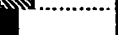
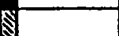
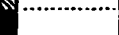
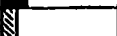
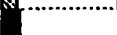
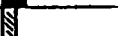
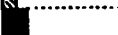
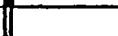
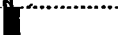
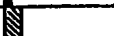
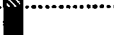
Les données floristiques et physico-chimiques du Ried alsacien sont extraites de Robach et al. (1996).

Tableau XXXIIa: Relations entre les associations végétales et la physico-chimie des cours d'eau du Ried alsacien.





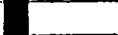
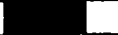


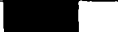
Unités végétales (nombre de stations)	A (9)	B (11)	C (15)	D (17)	E (20)	F (16)
<i>Potamogeton coloratus</i>	V (2)					
<i>Batrachospermum monoliforme</i>	II (1)					
<i>Juncus subnodulus</i>	II (+)					
<i>Chara vulgaris</i>	II (+)					
<i>Chara hispida</i>	II (+)		I (2)			
<i>Lamprocystis roseo persicina</i>	II (+)		I (3)	I (+)		
<i>Berula erecta</i>	V (2)	V (4)	V (2)	III (1)	III (1)	I (+)
<i>Callitriche obtusangula</i>	I (+)	III (+)	V (2)	V (2)	IV (1)	III (1)
<i>Lemna trisulca</i>		I (1)	III (1)	III (1)	II (1)	
<i>Fontinalis antypyretica</i>		I (+)	I (1)	II (1)	II (+)	
<i>Elodea canadensis</i>			IV (1)	III (1)	II (1)	I (+)
<i>Sparganium emersum</i>			II (+)	II (1)	II (+)	IV (1)
<i>Lemna minor</i>			II (1)	III (1)	V(2)	V(1)
<i>Potamogeton friseii</i>			II (+)	II (1)	II (1)	II (1)
<i>Elodea nuttallii</i>			I (2)	II (2)	IV (2)	IV (1)
<i>Ranunculus circinatus</i>			I (+)			
<i>Nasturtium officinale</i>				V (1)	III (+)	II (+)
<i>Spirodela polyrhiza</i>				I (1)	II (1)	IV (1)
<i>Azolla filicoides</i>				I (1)	I (1)	II (1)
<i>Groenlandia densa</i>				II (1)	II (1)	
<i>Potamogeton crispus</i>				III (1)	II (1)	I (2)
<i>Myriophyllum verticillatum</i>				I (1)	I (+)	
<i>Zannichellia palustris</i>				II (1)	II (1)	
<i>Hottonia palustris</i>				I (1)		
<i>Hippuris vulgaris</i>				I (1)		
<i>Potamogeton pectinatus</i>				II (1)	IV (3)	IV (1)
<i>Myriophyllum spicatum</i>				II (1)	IV (1)	V (1)
<i>Potamogeton perfoliatus</i>				I (+)	I (2)	III (1)
<i>Ceratophyllum demersum</i>				I (+)	V (2)	V (1)
<i>Oenanthe fluviatilis</i>					I (+)	
<i>Ranunculus trichophyllus</i>					I (+)	
<i>Potamogeton pusillus</i>					I (+)	
<i>Ranunculus fluitans</i>					II (2)	III (+)
<i>Potamogeton lucens</i>						III (1)
<i>Potamogeton nodosus</i>						III (2)
<i>Mentha aquatica</i>	I (+)	I (+)	I (1)	I (+)	I (1)	
<i>Veronica anagallis</i>	I (+)		I (+)	I (+)	II (+)	
<i>Myosotis scorpioides</i>	I (+)		I (1)	II (+)	II (+)	
<i>Veronica beccabunga</i>				I (+)	I (+)	I (+)
pH	7,4 (0,1)	7,5 (0,2)	7,5 (0,1)	7,6 (0,2)	7,9 (0,2)	7,9 (0,2)
Conductivité (µS/cm)	608 (115)	736 (112)	740 (99)	657 (66)	657 (63)	508 (52)
Dureté (méq/l)	4,8 (1,4)	4,7 (0,9)	5,0 (0,7)	3,9 (0,4)	3,8 (0,5)	3,2 (0,3)
N-NH4+ (µg/l)	14 (7)	22 (14)	45 (28)	34 (31)	61 (40)	255 (107)
P-PO43- (µg/l)	7 (2)	13 (6)	15 (7)	29 (24)	40 (33)	192(116)
N-NO3- (mg/l)	5,5 (1,4)	5,1 (1,8)	4,7 (2,1)	2,9 (2,5)	1,6 (1,1)	2,5 (0,9)






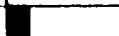
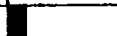
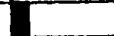
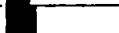
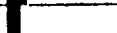
Tableau XXXIIb: Relations entre les associations végétales et la physico-chimie des cours d'eau des Vosges du Nord.

Unités végétales (nombre de stations)	A (10)	B (10)	C (12)	D (6)
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	V(2)	V(1)	.	.
<i>Cardamine amara</i>	I (1)	II (1)	.	.
<i>Glyceria fluitans</i>	IV(2)	V(1)	V(+)	V(+)
<i>Fontinalis antipyretica</i>	I (1)	II (1)	II (1)	III (2)
<i>Mentha aquatica</i>	I (+)	I (1)	II (+)	II (+)
<i>Sparganium erectum</i>	IV (1)	III (1)	I (+)	I (+)
<i>Veronica beccabunga</i>	I (1)	.	III (+)	I (+)
<i>Sparganium emersum</i>	II(+)	III(1)	IV(1)	III(1)
<i>Callitiche hamulata</i>	.	III(1)	V(1)	V(2)
<i>Callitriche platycarpa</i>	.	III(2)	III(2)	II(1)
<i>Callitriche stagnalis</i>	.	IV(+)	IV(+)	III(+)
<i>Lemna minor</i>	.	II(+)	III (+)	IV(+)
<i>Ranunculus peltatus</i>	.	II(1)	II(2)	II(3)
<i>Berula erecta</i>	.	II(1)	I(1)	I(2)
<i>Potamogeton crispus</i>	.	.	I(1)	.
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	.	.	II (+)	.
<i>Potamogeton alpinus</i>	.	.	I(+)	.
<i>Potamogeton variifolius</i>	.	.	I(+)	.
<i>Phalaris arundinacea</i>	.	.	V (1)	V (+)
<i>Glyceria maxima</i>	.	.	III (+)	II (+)
<i>Nasturtium officinale</i>	.	.	III (1)	III (+)
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	.	.	I(2)	I(+)
<i>Oenanthe fluviatilis</i>	.	.	I(2)	I (+)
<i>Elodea canadensis</i>	.	I (+)	III(3)	I(1)
<i>Elodea nuttallii</i>	.	.	I(2)	III(3)
<i>Callitriche obtusangula</i>	.	.	.	V (3)
<i>Myosotis scorpioides</i>	.	.	.	II (+)
pH	6,0 (0,2)	6,5 (0,2)	6,9 (0,3)	6,8 (0,3)
conductivité (µS/cm)	59 (14)	49 (5)	74 (18)	80 (21)
dureté (méq/l)	0,3(0,1)	0,3(0,1)	0,5(0,2)	0,6(0,3)
N-NH4+ (µg/l)	49 (16)	47 (6)	111 (99)	142 (72)
P-PO43- (µg/l)	25 (11)	26 (13)	96 (79)	150 (66)
N-NO3- (mg/l)	0,6 (0,2)	0,3 (0,2)	0,5 (0,2)	0,7 (0,3)

Class of P-PO ₄ ³⁻ and N-NH ₄ ⁺ conc.	I	II	III	IV	V	VI	VII
Class limits (µg.l ⁻¹)	(0-10)	(11-20)	(21-30)	(31-50)	(51-100)	(101-200)	>200
<i>Potamogeton coloratus</i>	 						
<i>Potamogeton polygonifolius</i>		 	 	 			
<i>Berula erecta</i>	 	 	 	 	 	 	 
<i>Callitriche obtusangula</i>	 	 	 	 	 	 	 

 P-PO₄³⁻
 N-NH₄⁺

Class of conductivity values	I	II	III	IV	V	VI	VII
Class limits (µS.cm ⁻¹)	(0-50)	(50-100)	(100-200)	(200-400)	(400-600)	(600-800)	(>800)
<i>Potamogeton coloratus</i>							
<i>Potamogeton polygonifolius</i>							
<i>Berula erecta</i>							
<i>Callitriche obtusangula</i>							

Class of N-NO ₃ ⁻ conc.	I	II	III	IV	V	VI	VII
Class limits (mg.l ⁻¹)	(0-0.5)	(0.5-1)	(1-2)	(2-3)	(3-5)	(5-7)	(>7)
<i>Potamogeton coloratus</i>							
<i>Potamogeton polygonifolius</i>							
<i>Berula erecta</i>							
<i>Callitriche obtusangula</i>							

Scale: occurrence frequency of 100% 

Tableau XXXIII: Spectres écologiques de quelques espèces communes aux deux échelles de bioindication.

Tableau XXXIV: Tableau élaboré du *Callitrichetum hamulatae*.

N° Groupement	1A	1B	1C1	1C2	2C	2B	2A
Localisation	MA	MA	MA	MA	VN/LZ	VN/LZ	VN
Nombre de relevés	6	62	44	24	21	21	20
FONTINALETEA							
<i>Octodicerus fontanum</i>		+	I	II			
<i>Leptodictyum riparium</i>		II	IV	II		I	I
<i>Chiloscyphus polyanthus</i>	II	III	II	+	II	+	
<i>Fontinalis antipyretica</i>	II	III	III	II	II	II	III
<i>Platyhypnidium rusciforme</i>		II	II	I	I	I	
<i>Pellia epiphylla</i>	II	+			I		
<i>Brachythecium rivulare</i>		II		+	I	+	
<i>Scapania undulata</i>	III	I	I	+	I		
<i>Fissidens pusillus</i>	III	I	I				
<i>Fontinalis squamosa</i>	III	I	I			I	
<i>Hyocomium flagellare</i>	+	+	+				
<i>Riccardia sinuata</i>		I	I				
<i>Porella pinnata</i>		I	II				
<i>Sphagnum palustre</i>	I						
PHRAGMITETEA Tüxen et Preising 1942							
<i>Scirpus lacustris fo. fluitans</i>				II			
<i>Rorippa amphibia</i>			+	II			
<i>Carex rostrata</i>	II				II		
<i>Clyceria maxima</i>							II
<i>Carex acutiformis</i>					I		II
BIDENTETEA							
<i>Polygonum hydropiper</i>		+	I	II			
COMPAGNES PHANEROGAMIQUES							
<i>Agrostis stolonifera</i>	II	I	I	II	I	II	
<i>Scirpus sylvaticus</i>		+		+	II	+	+
<i>Solanum dulcamara</i>		II	I	III	I		II
<i>Iris pseudacorus</i>		I	+	II	I	+	III
<i>Phalaris arundinacea</i>		II	II	V	I	II	IV
<i>Galium palustre</i>	+	I	+	+	III	+	+
<i>Myosotis scorpioides agg.</i>	II	+	+	I	I		+
<i>Alisma plantago-aquatica</i>		+	+	I			II
<i>Lemna minor</i>		II	II	III	I		II
<i>Ranunculus flammula fo. submersa</i>	II	+				I	
<i>Ranunculus omiophyllus</i>	+			I			
<i>Cardamine amara</i>					I		
<i>Caltha palustris</i>	+				I		+
ALGUES							
<i>Audouinella sp.</i>	II	I	I				
<i>Batrachospermum sp.</i>	V	I	I		+		
<i>Cladophora sp.</i>		I	II	II		+	
<i>Hildembrandia rivularis</i>	III	I	I	II			
<i>Lemanea sp.</i>	III	II	II	I		I	+
<i>Melosira sp.</i>		II	III	II			
<i>Nitella flexilis</i>	+		I	+	+		+
<i>Oscillatoria sp.</i>	IV	I	II	II		I	
<i>Phormidium spp.</i>		+	+	II			
<i>Spirogyra sp.</i>		+	+	I		I	+
<i>Stigeoclonium sp.</i>	IV	+	+			I	
<i>Tetraspora sp.</i>	+	I	I	I	+	+	
<i>Vaucheria sp.</i>	II	II	III	II		I	

Tableau XXXIV: Tableau élaboré du *Callitrichetum hamulatae*.

N° Groupement	1A	1B	1C1	1C2	2C	2B	2A
Localisation	MA	MA	MA	MA	VN/LZ	VN/LZ	VN
Nombre de relevés	6	62	44	24	21	21	20
Caractéristiques du <i>Callitrichetum hamulatae</i>							
<i>Callitriche hamulata</i>	V	IV	IV	III	III	V	V
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	I	I	II	I	+	II	+
<i>Potamogeton alpinus</i>			I				I
<i>Callitriche platycarpa</i>	III	II	III	III	II	II	IV
<i>Ranunculus penicillatus penicillatus</i>	V	IV	V	III			
<i>Ranunculus peltatus</i>		II	II		II	V	III
DIFFERENTIELLES							
Callitricho-Batrachion							
<i>Callitriche obtusangula</i>			V	IV			III
<i>Callitriche stagnalis</i>	II	I			II		II
<i>Callitriche truncata</i>			+				
Ranunculion aquatilis							
<i>Ranunculus aquatilis</i>			+	+	+	+	
Ranunculion fluitantis							
<i>Ranunculus penicillatus pseudofluitans</i>		+				+	
Nymphaeion							
<i>Nuphar lutea</i>				III			
Potametalia							
<i>Zannichellia palustris</i>				I			
<i>Myriophyllum spicatum</i>				I			
<i>Ceratophyllum demersum</i>			+	I			
<i>Sparganium emersum</i>		+	II	II	II	I	III
<i>Potamogeton crispus</i>		+	+	II			I
<i>Elodea canadensis</i>		+	+	II		+	III
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	II	+		I		+	I
<i>Elodea nuttallii</i>						+	II
Nasturtietalia							
<i>Glyceria fluitans</i>	II	I	I	II	V	III	IV
<i>Mentha aquatica</i>	II	+	+		III	I	II
<i>Sparganium erectum</i>	+	I	I	I	II	I	+
<i>Juncus effusus</i>	II	I	+	I	II	+	I
<i>Apium nodiflorum</i>	+	II	II	I			
<i>Oenanthe crocata</i>	III	III	III	+			
<i>Nasturtium officinale</i>		+	+	I			III
<i>Veronica beccabunga</i>							III
<i>Oenanthe fluviatilis</i>					+		II
<i>Berula erecta</i>					II	+	I
LITTORELLETEA							
<i>Apium inundatum</i>		I	I				
<i>Luronium natans</i>		+	+				
<i>Scirpus fluitans</i>	III	+					
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	V				IV		
<i>Juncus bulbosus</i>	+	+			+		
MONTIO-CARDAMINETEA							
<i>Montia fontana</i>				+			
<i>Philonotis fontana</i> + <i>P. cespitosa</i>					+	+	
<i>Viola palustris</i>	+	+			+		
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	+	+					
<i>Stellaria uliginosa</i>		+	+		I		

Tableau XXXV: Tableau du *Callitricheum hamulatae* dans l'Europe de l'Ouest. Synthèse bibliographique.

ESPECES / AUTEURS	a				b	c	d	e	f	g
	B1i	C1	C2	C3	102	68	26	46	10	40
Callitricheum hamulatae et ass. comparables										
<i>Callitriche hamulata</i>	IV	II	III	IV	IV	I	II	V	V	V
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	V	II	III	IV	I	+	I	+	V	IV
<i>Potamogeton alpinus</i>	III				II	+		+	III	II
<i>Ranunculus penicillatus var. penicillatus</i>			II	II	V	V	I			
<i>Ranunculus peltatus</i>							III	III	IV	V
Potametea pectinati										
<i>Callitriche platycarpa/stagnalis</i>	IV	II	II	IV	I	+	II	V	III	V
<i>Sparganium emersum</i>	II			III	I	+		II	IV	V
<i>Elodea canadensis</i>	IV				+	+		II	I	IV
<i>Nuphar lutea</i>					+	+			II	I
<i>Potamogeton crispus</i>	III				+			+	II	
<i>Potamogeton pusillus/berchtoldii</i>					+			I		
<i>Callitriche obtusangula</i>					I			I		
<i>Oenanthe fluviatilis</i>								I		
<i>Elodea nuttallii</i>								I		
<i>Potamogeton natans</i>	II							+		+
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	III									+
<i>Ranunculus fluitans</i>										I
Littorelletea										
<i>Apium inundatum</i>					II					
<i>Luronium natans</i>					I					
<i>Juncus bulbosus</i>								+		II
<i>Potamogeton polygonifolius</i>								II		+
<i>Scirpus fluitans</i>										+
Montio-Cardaminetea										
<i>Montia fontana</i>		II	I	II	+	+	III	+	+	I
<i>Ranunculus omiophyllus</i>				II	+					
<i>Cardamine amara</i>		II	I					I		II
<i>Stellaria uliginosa</i>	II	I	II	II			I			+
<i>Cardamine flexuosa</i>					+					
Lemnetea										
<i>Lemna minor</i>	IV				II	+	I	III		
Phragmitetea										
<i>Glyceria fluitans</i>	V	III	IV		II	II	IV	II	III	V
<i>Phalaris arundinacea</i>	V	IV	V		II	II	IV	III		
<i>Agrostis stolonifera</i>	V	V	V	V	I	+	II	+	II	V
<i>Berula erecta</i>								II	II	II
<i>Apium nodiflorum</i>			II	III	II	+				
<i>Nasturtium officinale</i>					+			I		
<i>Sparganium erectum</i>	V	I	II		+	+	I	I		
<i>Equisetum limosum</i>					+	+		+		+
<i>Iris pseudacorus</i>	III	I	II	III	+	+		+		
<i>Carex rostrata</i>	II			II		+		I		
<i>Sagittaria sagittifolia</i>										I
<i>Galium palustre</i>	II	II	II	III	II		II	I		
<i>Mentha aquatica</i>	V	V	IV	V	I		III			I
<i>Myosotis scorpioides</i>	V	IV	III	IV	+		III	I		II
<i>Solanum dulcamara</i>	IV	I	II	II	+		I	I		
<i>Oenanthe crocata</i>		II	II	IV	II					
Bryophytes										
<i>Fontinalis antipyretica</i>	V	V	IV	V	III	II	III	II	V	II
<i>Leptodictyum riparium</i>	II				III	+	II			II
<i>Riccardia sinuata</i>					II			+		
<i>Platyhypnidium rusciforme</i>					II		II		IV	
<i>Fissidens pusillus</i>					II		+			
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	II	V	V	IV	II		II		III	I
<i>Scapania undulata</i>		III	III	III	+	+	II		II	
<i>Fontinalis squamosa</i>	IV	III	V	IV		I	II			

Tableau XXXVI :Tableau phytosociologique des associations végétales des cours d'eau peu minéralisés des Vosges du Nord (réseau élargi).

	relevés végétaux	association végétale "A"															association végétale "B"								association végétale "C"				association végétale "D"																								
		sous groupe Aa(6)						sous groupe Ab(11)									sous groupe B1(10)								B2(1)	sous groupe C1(4)				sous groupe C2(4)				D1(1)	sous groupe D2(5)																		
		9	5	25	30	48	31	3	60	75	2	17	20	51	54	16	105	7	28	27	11	18	26	53	36	19	14	4	1	15	8	42	10	49	29	69	104	47	52	58	60	34											
HYDROPHYTES PHANEROGAMES	POTAMOGETON POLYGONIFOLIUS							+	4	2	3	1	1	2	1	4	2	3	2	+	2	1	+	1	1	1	+	1	2																								
	GLYCERIA FLUITANS <i>hy</i>		1	1			+						2	2	2		3	+	+	1	1	1		1	1	1	1	+	1	+																							
	SPARGANIUM EMERSUM					1									+							1	+		+				1		2	2	+																				
	LEMNA MINOR																																																				
	CALLITRICHE STAGNALIS																																																				
	CALLITRICHE PLATYCARPA																																																				
	CALLITRICHE HAMULATA																																																				
	BERULA ERECTA <i>hy</i>																																																				
	RANUNCULUS PELTATUS																																																				
	ELODEA CANADENSIS																																																				
	ELODEA NUTTALLII																																																				
	POTAMOGETON CRISPUS																																																				
	POTAMOGETON ALPINUS																																																				
	POTAMOGETON BERCHTOLDII																																																				
OENANTHE FLUVIATILIS																																																					
MYRIOPHYLLUM ALTERNIFLORUM																																																					
CALLITRICHE OBTUSANGULA																																																					
ALGUES FILAMENTEUSES	BATRACHOSPERMUM <i>sp.</i>																																																				
	TETRASPORA CYLINDRICA																																																				
	NITELLA FLEXILIS																																																				
	OEDOGONIUM <i>sp.</i>																																																				
	VAUCHERIA <i>sp.</i>																																																				
	BINUCLEARIA <i>sp.</i>																																																				
	DIATOMEA <i>sp.</i>																																																				
	TRIBONEMA <i>sp.</i>																																																				
	CLOSTERIUM <i>sp.</i>																																																				
	SPIROGYRA <i>sp.</i>																																																				
	OSCILLATORIA <i>sp.</i>																																																				
MOUGEOTIA <i>sp.</i>																																																					
DRAPARNALDIA <i>sp.</i>																																																					
HYDRODYCTION <i>sp.</i>																																																					
BRYOPHYTES	SPHAGNUM <i>sp.</i>																																																				
	RICCARDIA CHAMAEDRYFOLIA																																																				
	SCAPANIA UNDULATA																																																				
	CALLERGONELLA CUSPIDATA																																																				
	DICRANELLA PALUSTRIS																																																				
	FISSIDENS PUSILLUS																																																				
	FISSIDENS CRASSIPES																																																				
	FONTINALIS ANTIPYRETICA																																																				
	AMBLESTEGIUM RIPARIUM																																																				
	RHYNCHOSTEGIUM RIPARIOIDES																																																				
CHYLOSOPYPHUS POLYANTHOS																																																					
BRACHYTHECIUM RIVULARE																																																					
HELOPHYTES DE BORDURE	VIOLA PALUSTRIS																																																				
	CAREX ECHINATA																																																				
	JUNCUS BUFONIUS																																																				
	CAREX ELONGATA																																																				
	JUNCUS ACUTIFLORUS																																																				
	MONTIA RIVULARIS																																																				
	CAREX CANESCENS																																																				
	CAREX ROSTRATA																																																				
	SPARGANIUM ERECTUM																																																				

Tableau XXXVII :Tableau phytosociologique des associations végétales des cours d'eau peu minéralisés des Vosges du Nord (réseau restreint)

Sous-unité (nombre de stations)	association végétale "A" (nombre de relevés)												"B"			"C"		"D"	
	Aa (5)					Ab (8)							B (3)			C (2)		D (1)	
Relevés végétaux	9	25	30	48	31	3	75	20	51	54	16	105	7	53	19	4	42	29	47
POTAMOGETON POLYGONIFOLIUS	+	2	1	2	1	4	2	3	1	1	1	.	.	.
GLYCERIA FLUITANS hy	.	1	.	.	+	.	.	2	2	.	3	+	+	1	1	1	.	.	.
SPARGANIUM EMERSUM	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.
LEMNA MINOR	+	1	.	.	.
CALLITRICHE STAGNALIS	+
CALLITRICHE PLATYCARPA	+	1	.	.	.	.
CALLITRICHE HAMULATA	1	.	.	.
BERULA ERECTA hy	1	.	.	.	.
RANUNCULUS PELTATUS
ELODEA CANADENSIS
ELODEA NUTTALLII	2	+	.	2	.	3
POTAMOGETON BERCHTOLDII	2	.	3
OENANTHE FLUVIATILIS
MYRIOPHYLLUM ALTERNIFLORUM
CALLITRICHE OBTUSANGULA
BATRACHOSPERMUM sp.	2
TETRASPORA CYLINDRICA
NITELLA FLEXILIS
OEOGONIUM sp.
VAUCHERIA sp.
SPHAGNUM sp
RICCARDIA CHAMAEDRYFOLIA	+	.	.	+	.	.	+	+	+
SCAPANIA UNDULATA
CALLIERGONELLA CUSPIDATA	+	+	+	+	+
DICRANELLA PALUSTRIS
FISSIDENS PUSILLUS
FISSIDENS CRASSIPES
FONTINALIS ANTIPIRETTICA
AMBLYSTEGIUM RIPARIUM
RHYNCHOSTEGIUM RIPARIOIDES	+
CHYLOSOPHYLLUM POLYANTHOS
BRACHYTHECIUM RIVULARE
VIOLA PALUSTRIS	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
CAREX ELONGATA
JUNCUS ACUTIFLORUS	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
CAREX CANESCENS
CAREX ROSTRATA
SPARGANIUM ERECTUM	.	.	+	2	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
LYSIMACHIA VULGARIS	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
CALTHA PALUSTRIS	2	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
BERULA ERECTA He	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
CARDAMINE AMARA	1	.	.	.	.
CAREX ACUTIFORMIS	1	.	.	.
PHALARIS ARUNDINACEA
NASTURTIUM OFFICINALE
VERONICA BECCABUNGA
MYOSOTIS SCORPIOIDES
GLYCERIA MAXIMA
MENTHA AQUATICA
GLYCERIA FLUITANS he	.	1	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
IRIS PSEUDACORUS	2	.	.	.	2	1	.	.	.	.	+
SCIRPUS SILVATICUS	1	1	.	.	.	.	.	.	.	+
JUNCUS EFFUSUS	+
GALIUM PALUSTRE	.	.	+	2	+	.	1	.	.	1	.	.	+	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	+	.	3	+	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	+

Tableau XXXVIIIa: Relations entre la distribution des macrophytes et le degré d'acidification du cours d'eau

	Unité Végétale Aa	Unité Végétale Ab	Unité Végétale B	Unité Végétale C	Unité Végétale D
Groupe 1 pH alcalinité en $\mu\text{éq/l}$ aluminium total en $\mu\text{g/l}$	R30 4,4 0 500				
Groupe 2 pH alcalinité en $\mu\text{éq/l}$ aluminium total en $\mu\text{g/l}$	R5, R9, R25, R48 5,6 40 160	R17, R20, R51, R75 5,6 45 175	R19 6 90 150		
Groupe 3 pH alcalinité en $\mu\text{éq/l}$ aluminium total en $\mu\text{g/l}$	R31 6,2 60 76	R2, R3, R7, R16 6,3 110 80	R1, R4, R11, R18, R26, R27, R28, R36, R53 6,5 150 60	R29, R49 6,6 200 45	
Groupe 4 pH alcalinité en $\mu\text{éq/l}$ aluminium total en $\mu\text{g/l}$		R54, R60, R105 6,6 160 130	R14 6,6 240 60	R8, R10, R15, R42, R59 6,9 320 50	R34, R50, R58 6,8 300 130
Groupe 5 pH alcalinité en $\mu\text{éq/l}$ aluminium total en $\mu\text{g/l}$				R104 7 460 110	R47, R52 7,2 615 55

Les paramètres physico-chimiques discriminants vis à vis de l'acidification correspondent à des valeurs moyennes.

Tableau XXXVIIIb: Relations entre les associations végétales et le degré d'acidification des cours d'eau des Vosges du Nord.

	Unités végétales	Aa (6)	Ab(11)	B (11)	C (8)	D (5)
BRYOPHYTES	<i>Sphagnum sp.</i>					
	<i>Scapania undulata</i>					
	<i>Chiloscyphus polyanthos</i>					
	<i>Fontinalis antipyretica</i>					
	<i>Rhynchostegium riparioides</i>					
	<i>Fissidens crassipes</i>					
PHANEROGAMES	<i>Potamogeton polygonifolius</i>					
	<i>Callitriche hamulata</i>					
	<i>Callitriche platycarpa</i>					
	<i>Callitriche stagnalis</i>					
	<i>Ranunculus peltatus</i>					
	<i>Elodea canadensis</i>					
	<i>Elodea nuttallii</i>					
	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>					
	<i>Callitriche obtusangula</i>					
	<i>Glyceria fluitans</i>					
Caractéristiques Physico-chimiques	pH	4,4-6,2	5,3-6,7	6,0-6,7	6,5-7,0	6,8-7,2
	alcalinité (µéq/l)	0-71	28-250	90-240	160-460	250-615
	aluminium total (µg/l)	500-75	220-50	150-60	110-40	140-45

Tableau XXXIX : relations entre les groupements végétaux et la composition physico-chimique des eaux.

a: classification en fonction de l'alcalinité

stations Rx	Alcalinité en µeq/l	pH	conductivité	aluminium	communauté végétale	groupe
30	1	4,4	56	506	Aa	1
9	5	5,2	46	194	Aa	2
75	12	5,2	57	160	Ab	
20	20	5,2	53	218	Ab	
25	27	5,7	53	90	Aa	
48	47	5,8	57	206	Aa	
51	49	5,8	56	215	Ab	
31	60	6,2	52	90	Aa	
19	85	6,0	46	144	B	
16	123	6,2	48	89	Ab	
105	126	6,5	89	149	Ab	3
53	129	6,5	57	160	B	
3	136	6,3	62	170	Ab	
4	167	6,5	46	83	B	
54	188	6,7	70	156	Ab	
29	251	6,6	46	43	C	
7	262	6,5	59	55	Ab	
42	293	6,9	65	86	C	
47	593	7,2	106	62	D	4

b: classification en fonction du pH

stations Rx	Alcalinité en µeq/l	pH	conductivité	aluminium	communauté végétale	groupe
30	1	4,4	56	506	Aa	1
9	5	5,2	46	194	Aa	2
20	20	5,2	53	218	Ab	
75	12	5,2	57	160	Ab	
25	27	5,7	53	90	Aa	
48	47	5,8	57	206	Aa	
51	49	5,8	56	215	Ab	
19	85	6,0	46	144	B	
16	123	6,2	48	89	Ab	
31	60	6,2	52	90	Aa	
3	136	6,3	62	170	Ab	3
7	262	6,5	59	55	Ab	
105	126	6,5	89	149	Ab	
53	129	6,5	57	160	B	
4	167	6,5	46	83	B	
29	251	6,6	46	43	C	
54	188	6,7	70	156	Ab	
42	293	6,9	65	86	C	
47	593	7,2	106	62	D	4

c: classification en fonction de l'aluminium

stations Rx	Alcalinité en µeq/l	pH	conductivité	aluminium	communauté végétale	groupe
30	1	4,4	56	506	Aa	1
20	20	5,2	53	218	Ab	2
51	49	5,8	56	215	Ab	2
48	47	5,8	57	206	Aa	2
9	5	5,2	46	194	Aa	2
3	136	6,3	62	170	Ab	3
75	12	5,2	57	160	Ab	2
53	129	6,5	57	160	B	3
54	188	6,7	70	156	Ab	3
105	126	6,5	89	149	Ab	3
19	85	6,0	46	144	B	2
31	60	6,2	52	90	Aa	2
25	27	5,7	53	90	Aa	2
16	123	6,2	48	89	Ab	2
42	293	6,9	65	86	C	3
4	167	6,5	46	83	B	3
47	593	7,2	106	62	D	4
7	262	6,5	59	55	Ab	3
29	251	6,6	46	43	C	3

A remarquer:

La classification en fonction du pH répartit les sites au sein des mêmes groupes que celle réalisée en fonction de l'alcalinité .
La classification en fonction de l'aluminium montre que certaines stations peu tamponnées et acides ont des teneurs relativement peu élevées en aluminium.

Tableau XXXX: Relevés bryophytiques des cours d'eau du massif du Donon.

	D27	D26	D1	D5	D9	D12	D13	D18	D25	D19	D24	D30	D23	D21	D11	D2	D15	D15
<i>Scapania undulata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Hycomium armoricum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Marsupella emarginata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Jungermannia sphaerocarpa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sphagnum auriculatum</i>			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Jungermannia subgen plectocolea</i>															*	*	*	*
<i>Jungermannia pumila</i>															*	*	*	*
<i>Rhynchostegium riparoides</i>	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Brachythecium rivulare</i>	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Fissidens pusillus</i>	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Fissidens crassipes</i>																*	*	*
<i>Racomitrium aciculare</i>		*		*												*	*	*
<i>Dichodontium pellucidum</i>	*	*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Amblystegium fluviatile</i>																*	*	*
<i>Thamnobryum alopecurum</i>																*	*	*
<i>Nardia compressa</i>							*								*	*	*	*
<i>Rhizomnium punctatum</i>						*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Heterocladium heteropterum</i>						*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

* présence de l'espèce

Tableau XXXXI: Relations composition floristique et degré d'acidification des cours d'eau des Vosges du Nord et du massif du Donon.

		Classification des stations en 6 groupes					
		groupe: 1	2	3	4	5	6
	stations	R30		R9, R20, R25, R31, R48 R51, R75	R4, R16, R19, R29	R3, R7, R42, R53, R54	R105
Vosges du Nord	végétaux	<i>S. undulata</i>		<i>Sphagnum sp.</i> <i>S. undulata</i> <i>P. polygonifolius</i>	<i>S. undulata</i> <i>(R. riparioides)</i> <i>P. polygonifolius</i>	<i>(S.undulata)</i> <i>(R. riparioides)</i> <i>(C. polyanthos)</i> <i>P. polygonifolius</i>	<i>P. polygonifolius</i>
Massif du Donon	stations	D1	D5, D9, D11, D12, D13, D18, D19, D21, D23, D24 D25, D26, D27, D30				
	végétaux	<i>S. undulata</i> <i>M. emarginata</i> <i>H. armoricum</i> <i>J. sphaerocarpa</i>	<i>S. undulata</i> <i>(M. emarginata)</i> <i>(H. armoricum)</i> <i>(R. riparioides)</i> <i>(Sphagnum sp.)</i>			<i>S. undulata</i> <i>(R. riparioides)</i> <i>C. polyanthos</i> <i>(B. rivulare)</i>	
	Physico- Chimie	pH = 4,7 [Alcalinité] = 0µéq/l [Al] > 500µg/l	pH = 5,7 [Alcalinité] = 15µéq/l [Al] > 150µg/l	pH = 5,6 [Alcalinité] = 35µéq/l [Al] = 170µg/l	pH = 6,3 [Alcalinité] = 160µéq/l [Al] = 90µg/l	pH = 6,7 [Alcalinité] = 170µéq/l [Al] = 80µg/l	pH = 6,5 [Alcalinité] = 120µéq/l [Al] = 150µg/l

(!): espèce souvent présente

Stations des Vosges du Nord:

Potamogeton polygonifolius sauf R42

Pas de bryophytes: R4, R16, R54, R105

Tableau XXXXII: Caractéristiques physico-chimiques des points de prélèvement dans les 3 régions

station	localisation	pH	cond. $\mu\text{S/cm}$	N-NH ₄ ⁺ $\mu\text{g/l}$	N-NO ₃ ⁻ mg/l	P-PO ₄ ³⁻ $\mu\text{g/l}$	N-NO ₂ ⁻ mg/l
Brunnenwasser	Alsace	7,5	634	66	2,1	19	10
Falkensteinbach	Vosges	7,2	87	96	0,5	50	0
Meu	Bretagne	7,9	945	642	6,5	1040	120

Tableau XXXXIII : Caractéristiques du milieu R1

source: ROLLAND, 1995

Paramètres	
pH	7,3
Conductivité	640 $\mu\text{S/cm}$
Calcium	100 mg/l
Magnesium	11,3 mg/l
Sodium	39,3 mg/l
Potassium	3,6 mg/l
Nitrates	11,6 mg/l
Nitrites	< 0,01 mg/l
Ammonium	< 0,01 mg/l
P ₂ O ₅	< 0,01 mg/l
Sulfates	49,6 mg/l
Chlorures	72,6 mg/l
SiO ₂	9,4 mg/l
Bicarbonates	258,6 mg/l

Tableau XXXXIV: Activité photosynthétique(a) et nitrate réductase (b) des trois populations d'*E.canadensis* après 7 jours d'exposition à des concentrations variables en N-NH4+.

a.

N-NH4+ (mg/l)	t	0,1	0,5	1	2,5
populations		AP(mg O ₂ /h/l/g m.f.)			
Bretagne	0,29 ^{a*}	0,3 ^{a*}	0,24	0,24 ^{b*}	0,29 ^{a*}
Ried	0,22 ^{b*}	0,21 ^{b*}	0,15 ^{c*}	0,13 ^{c*}	0,19 ^{bc*}
Vosges	0,2 ^{b*}	0,21 ^{b*}	0,17 ^{bc*}	0,15 ^{bc*}	0,18 ^{b*}

b.

N-NH4+ (mg/l)	t	0,1	0,5	1	2,5
populations		ANR(μmol NO ₂ ⁻ /h/g m.f.)			
Bretagne	0,051 ^{a*}	0,036 ^{ab*}	0,047 ^{a*}	0,011 ^{c*}	0,005 ^{d*}
Ried	0,008 ^{c*}	0,0087 ^{c*}	0,014 ^{c*}	0,0027 ^{d*}	0,0017 ^{d*}
Vosges	0,04 ^{ab*}	0,025 ^{b*}	0,046 ^{a*}	0,01 ^{c*}	0,0005 ^{d*}

AP: activité photosynthétique. ANR: activité nitrate réductase

***: groupes homogènes, test Newman-Keuls, p<0,05**

Tableau XXXXV: Concentrations en P total foliaire selon les unités végétales (Vosges du Nord).

	A	B	C	D
<i>P. polygonifolius</i>	2,4 (1,5-3,8)	2,4 (1,9-3,9)		
<i>C. hamulata</i>		2,0 (2,0-2,1)	2,6 (2,1-4,0)	2,9 (2,4-4,2)
<i>C. platycarpa</i>		2,2 (1,5-2,8)	3,0 (1,5-5,0)	3,6 (2,6-4,8)
<i>R. peltatus</i>		2,4	1,9	4,5 (4,0-5,3)
<i>C. stagnalis</i>		2,4	3,0 (2,6-3,5)	
<i>E. canada</i>			3,2 (2,8-4,6)	
<i>E. nuttallii</i>			2,5 (1,9-3,1)	3,2 (2,8-3,6)
<i>C. obtusangula</i>				3,4 (2,3-4,2)

Concentration en P total moyenne (minimum, maximum)

Tableau XXXVI: Principales caractéristiques physico-chimiques des stations à élodées.

stations à	Vosges du Nord		Plaine d'Alsace	
	<i>E.canadensis</i>	<i>E.nuttallii</i>	<i>E.canadensis</i>	<i>E.nuttallii</i>
conductivité en $\mu\text{S/cm}$	65-90	60-110	660-740	508-740
pH	6,8-7,2	6,9-7,2	7,5-7,9	7,5-7,9
N-NH4+ en $\mu\text{g/l}$	75-175	50-330	45-60	45-255
N-NO3 en mg/l	0,4-1,0	0,4-1,1	1,6-4,7	2,5-4,7
P-PO4 en $\mu\text{g/l}$	40-180	40-200	15-40	15-190

Vosges du Nord: 6 stations à *E. canadensis*; 6 stations à *E. nuttallii*

Tableau XXXVII: Concentrations en phosphore total dans l'eau, les feuilles et les sédiments.

	stations à <i>E.canadensis</i>	stations à <i>E.nuttallii</i>	secteur
organes foliaires en mg/g P total	2,5 à 3,3	2,5 à 3,2	Vosges du Nord
	2,7 à 11,1	4,0 à 11,7	Plaine d'Alsace
sédiment en mg/g P total	0,8 à 1,3	0,5 à 1,8	Vosges du Nord
	0,7 à 1,4	0,7 à 1,7	Plaine d'Alsace
eau en mg/l PPO43-	0,039 à 0,065	0,039 à 0,200	Vosges du Nord
	0,007 à 0,437	0,007 à 0,347	Plaine d'Alsace

ANNEXES

LA MODER: Des Vosges du Nord à la plaine d'Alsace

La Moder dans les Vosges du Nord

A l'amont de Rosteig la station M1: *Berula erecta* (sous forme d'hélophyte, ponctuellement d'hydrophyte) Apparition de callitriches difficilement identifiables sous leurs formes stériles (*Callitriche platycarpa* ou *C. obtusangula*, *C. hamulata*), de *Glyceria fluitans* et de *Sparganium emersum*. Fortes teneurs en nutriments rejetées par les piscicultures et les étangs (M1: $[\text{NH}_4^+] = 130 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 90 \mu\text{g/l}$).

A l'aval de Wingen la station M2: *Ranunculus peltatus*, *Elodea canadensis*, *C. obtusangula*, *C. hamulata*. La minéralisation augmente de l'amont vers l'aval (M1: conductivité = $95 \mu\text{S/cm}$; M2: conductivité = $130 \mu\text{S/cm}$), les teneurs en nutriments entre les deux stations étant sensiblement les mêmes (M2: $[\text{NH}_4^+] = 160 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 85 \mu\text{g/l}$). Entre les deux stations, il existe plusieurs étangs et plans d'eau qui enrichissent le milieu en éléments nutritifs. Hélophytes: *Nasturtium officinale*, *Phalaris arundinacea*.

Entre Wingen-sur-Moder et Wimmenau, *Elodea nuttallii* entre en compétition avec *Elodea canadensis*.

A l'aval de Wimmenau et jusqu'à la confluence au niveau de la plaine: *Elodea nuttallii* dominant et *E. canadensis* ponctuellement présent. Les teneurs en nutriments augmentent en parallèle à l'apparition d'algues *Vaucheria sp.*, *Oedogonium sp.* Deux espèces de bryophytes: *Fontinalis antipyretica* et *Amblystegium riparium*. *Callitriche obtusangula*, *C. hamulata* et *C. platycarpa* et *Ranunculus peltatus* forment des herbiers denses.

La Moder et ses affluents en plaine d'Alsace

La station M4 n'est pas végétalisée. Elle est fortement minéralisée et a des concentrations élevées en sulfates (conductivité = $400 \mu\text{S/cm}$, $[\text{SO}_4^{2-}] = 90 \text{mg/l}$). Les travaux de rectification des cours d'eau et l'ombrage du lit ne sont pas favorables aux macrophytes et peuvent expliquer l'absence de ces hydrophytes phanérogames du tronçon prospecté.

La station minéralisée M5 (conductivité = $230 \mu\text{S/cm}$) n'est que faiblement colonisée par les macrophytes. Les populations sont réduites à quelques individus de callitriches (*Callitriche platycarpa*, *C. obtusangula*, *C. hamulata*), de bryophytes (*Amblystegium riparium* et *Fontinalis antipyretica*). Les algues filamenteuses sont essentiellement représentées par *Vaucheria sp.*, *Oedogonium sp.* et par un nouveau genre *Cladophora sp.* *Elodea ernstae* apparaît dans la plaine d'Alsace. Teneurs très élevées en nutriments ($[\text{NH}_4^+] = 240 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 300 \mu\text{g/l}$)

Malgré les conditions d'éclairement favorables, les stations aval M7 et M8 sont très peu végétalisées. Elles correspondent à des tronçons rectifiés et recalibrés, ces aménagements hydrauliques ne sont pas propices au développement de la végétation. Algues filamenteuses: *Vaucheria sp.*, *Cladophora sp.* et *Oedogonium*. Ponctuellement *Amblystegium riparium*, *Elodea nuttallii* et *Elodea ernstae* sont notés. Les eaux sont alcalines (pH = 8,0), très minéralisées (alcalinité > 3,5 °F) et chargées en nutriments ($[\text{NH}_4^+] = 180 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 280 \mu\text{g/l}$).

Le Mittelbach

La station M3 sur le Mittelbach: présence de peuplements importants de *Callitriche obtusangula* et de *C. platycarpa*. Les concentrations en nutriments élevées ($[\text{NH}_4^+] = 140 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 160 \mu\text{g/l}$) semblent être responsable du fort développement des callitriches. Cet affluent faiblement minéralisé (alcalinité = 1,0 °F; conductivité = 100 $\mu\text{S/cm}$), possède une très faible diversité floristique (pas de renoncules, pas d'élodées...).

Le Falkensteinbach

La station M12 (Gundershoffen): présence d'herbiers de *Ranunculus peltatus* dans des eaux modérément minéralisées pour le secteur (alcalinité = 2,2 °F; conductivité = 180 $\mu\text{S/cm}$) mais eutrophes ($[\text{NH}_4^+] = 220 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 160 \mu\text{g/l}$).

La Zinsel du Nord

La station M10 (Gumbrechthoffen) renferme des teneurs moyennes en nutriments ($[\text{NH}_4^+] = 70 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 90 \mu\text{g/l}$) et demeure modérément minéralisée (alcalinité = 2,0 °F; conductivité = 150 $\mu\text{S/cm}$). Les principaux hydrophytes phanérogames: *Callitriche hamulata* et surtout *Potamogeton crispus*. Fond du lit de la rivière: *Fontinalis antipyretica* et *Vaucheria*. Cette station bien éclairée est favorable au développement des végétaux.

La station M11 (Uttenhoffen) en aval de M10 est très peu végétalisée: quelques petits peuplements de *C. obtusangula* et *C. hamulata*. Les eaux relativement eutrophes ($[\text{NH}_4^+] = 110 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 150 \mu\text{g/l}$) restent modérément minéralisées (alcalinité = 2,0 °F; conductivité = 180 $\mu\text{S/cm}$). L'ombrage ne permet pas le développement des macrophytes.

La station M13 (Mertzwiller) correspond à la confluence entre le Falkensteinbach et la Zinsel du Nord. Elle est colonisée par *Potamogeton crispus* (espèce présente sur la Zinsel du Nord), et par *Ranunculus peltatus* (espèce présente sur le Falkensteinbach). La minéralisation augmente (alcalinité = 2,7 °F; conductivité = 200 $\mu\text{S/cm}$). Les teneurs en azote ammoniacal ($[\text{NH}_4^+] = 50 \mu\text{g/l}$; sont modérées mais les concentrations en orthophosphates sont relativement fortes $[\text{PO}_4^{3-}] = 120 \mu\text{g/l}$).

Le Rothbach

La station M9 très chargée en nutriments ($[\text{NH}_4^+] = 250 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 220 \mu\text{g/l}$): présence de quelques individus de *Callitriche hamulata*, *C. obtusangula* et *Potamogeton crispus*. *Vaucheria sp.* recouvrent le lit du cours d'eau. *Fontinalis antipyretica* y est observé.

La station M6 correspondant à la confluence entre le Rothbach et la Moder, est fortement végétalisée. Les 3 espèces de callitriches se retrouvent, mêlées à *Cladophora sp.*, *Vaucheria sp.*... *Elodea nuttallii* constitue des peuplements relativement denses d'où s'individualisent quelques pieds d'*Elodea canadensis*. *Ranunculus peltatus* s'étend sur plusieurs mètres de longs. Ces eaux minéralisées (alcalinité = 4,6 °F; conductivité = 285 $\mu\text{S/cm}$) sont surtout enrichies en orthophosphates ($[\text{NH}_4^+] = 150 \mu\text{g/l}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 300 \mu\text{g/l}$).

Stations suivies dans le cadre de l'eutrophisation

1993-1994-1995

Schwarzbach: 10

R75: maison forestière d'Erlenmoos, R18: amont de Sturzelbronn, R10: aval de Sturzelbronn, R42: Dambach, station d'épuration, R43: Winekerthal, station aval.

affluent Ib: R11: Moosbaechel;

affluent Ia: R2: station amont, étang du Tabac;

affluent I: R4 reçoit les eaux de Ia et Ib (Erbsenthal)

affluent II: R19, R20 Neudorfelbach.

Falkensteinbach: 9

R1: station amont à Eguelshardt, R15, R100: station à l'aval de Phillipsbourg.

affluent I: R7: amont de l'Etang de Hanau, R14: aval du camping et de la station de lagunage

affluent II: R17 amont de l'Etang de Lieschbach; R16: aval de l'Etang de Lieschbach,

affluent III: R60 niveau de la source, R59: aval de la pisciculture.

Zinsel du Nord: 6

R8: station amont de Baerenthal, R32: aval de Untermuhlthal, après un camping et une station de lagunage, R39 station aval et à l'amont de Zinswiller.

affluent I: R27, amont d'un étang (Weissbach)

affluent II : R26, aval d'un étang (Bitscherthal)

affluent: R28 amont d'un étang (Hurrenkehle).

Rothbach: 7

R3 amont, R36, R53 (amont de la Maison Forestière de Hengsberg), R49: aval de la Maison Forestière, R50: Saegmulhe à l'aval d'une pisciculture, R34: Reipertswiller, R70: station aval à Rothbach.

Moder: 3

R52: aval de Wimmenau (nombreux étangs en amont); R47: aval d'une station de pompage.

affluent I: R51 amont de Wimmenau, niveau d'une tourbière.

Mittelbach: 3

R104: amont de Erckartswiller (rejets de La Petite Pierre), R58: station aval à Sparsbach, après une pisciculture.

affluent I: R105: amont de Sparsbach en milieu forestier.

station	pH	cond. µS/cm	Alcalinité µéq/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	N-NH ₄ ⁺ µg/l	N-NO ₃ ⁻ mg/l	P-PO ₄ ³⁻ µg/l
1	6,41	39	216	6,51	2,81	3,92	1,09	1,61	2,60	65	0,33	14
2	6,04	58	118	12,66	3,13	5,38	1,40	1,80	2,83	37	0,94	8
3	6,63	60	157	14,92	3,32	5,16	2,09	1,79	2,33	54	0,58	18
4	6,56	44	179	7,20	2,96	3,97	0,97	1,50	2,60	46	0,20	12
7	6,44	58	274	10,61	4,47	5,73	1,78	2,56	3,82	46	0,82	14
8	7,02	68	445	7,62	4,94	7,02	2,43	2,73	3,16	68	0,34	38
10	6,77	67	347	8,40	4,93	6,32	1,58	2,63	3,38	149	0,37	51
11	6,52	51	209	8,72	3,62	4,67	1,20	1,78	2,60	70	0,61	12
14	6,57	63	276	8,49	4,77	5,78	1,12	2,93	3,36	399	0,29	89
15	7,00	72	407	7,95	5,45	8,07	1,41	3,11	3,48	86	0,68	39
16	6,22	50	159	9,44	3,26	4,05	1,04	1,62	2,67	52	0,39	130
17	5,99	52	100	11,03	2,84	4,37	1,20	1,54	2,54	40	0,47	23
18	6,29	54	166	8,48	5,45	4,40	1,17	2,52	3,03	42	0,44	19
19	6,05	45	133	6,63	4,53	3,68	0,89	1,94	2,63	41	0,33	16
20	5,60	51	79	7,81	5,69	4,13	1,05	2,41	2,64	67	0,32	17
26	6,71	46	249	5,91	2,54	4,11	1,37	1,38	2,68	53	0,20	38
27	6,35	43	120	8,27	2,78	3,44	1,19	1,43	2,57	70	0,19	30
28	6,72	48	203	7,66	2,79	4,52	1,38	1,53	2,62	44	0,36	24
32	7,07	69	373	7,94	4,16	7,05	1,94	2,66	3,16	88	0,36	43
34	6,77	59	287	8,75	3,65	6,21	1,45	1,89	2,93	86	0,54	112
36	6,47	58	109	14,41	3,35	4,70	1,91	1,77	2,31	42	0,51	25
39	7,06	71	368	8,98	4,75	7,28	2,01	2,83	3,24	77	0,44	54
42	6,92	62	314	8,47	4,39	6,21	1,71	2,40	2,93	50	0,44	39
43	7,08	73	409	8,71	5,02	7,74	2,22	2,72	2,86	88	0,47	71
47	7,22	107	632	12,31	6,53	11,12	3,37	4,12	3,59	333	0,96	200
49	6,48	64	161	9,51	3,22	4,24	1,40	1,45	2,38	35	0,40	102
50	6,77	71	253	9,01	3,44	4,94	1,38	1,90	2,85	157	0,54	120
51	5,89	54	95	13,02	4,08	4,09	1,47	2,01	2,76	49	0,41	29
52	7,22	104	634	12,85	6,39	11,32	3,49	3,41	3,47	94	1,06	115
53	6,51	56	137	11,62	3,31	4,53	1,53	1,78	2,61	42	0,45	54
58	6,89	83	419	9,88	5,51	7,50	2,87	3,02	3,60	269	0,80	221
59	6,70	67	323	9,72	5,90	6,44	2,39	2,98	3,16	104	0,47	71
60	6,38	71	210	13,19	7,53	6,37	1,60	3,88	3,02	80	0,16	25
70	6,82	80	349	10,00	5,00	7,99	1,87	3,13	3,70	175	0,99	179
75	5,40	54	50	10,69	4,53	3,97	1,21	1,99	2,94	41	0,64	12
100	7,18	87	483	9,71	5,89	9,51	1,90	3,60	3,60	101	0,63	65
104	7,04	128	473	18,76	10,05	11,06	3,12	6,47	4,27	443	1,95	552
105	6,55	92	149	20,17	9,03	7,65	2,39	4,64	3,09	52	0,70	31

Tableau des moyennes stationnelles, calculées à partir des mesures des paramètres physico-chimiques des 12 campagnes réalisées de janvier 1993 à novembre 1995.

Suivi de l'eutrophisation des eaux dans les Vosges du Nord (n= 38 stations).

Stations suivies dans le cadre de l'acidification

1994-1995

Réseau élargi:

Schwarzbach: 11

R75: maison forestière d'Erlenmoos, **R18**: amont de Sturzelbronn, **R10**: aval de Sturzelbronn, **R42**: Dambach, station d'épuration.

affluent Ib: **R11**: Moosbaechel;

affluent Ia: **R2**: station amont, étang du Tabac;

affluent I: **R4** reçoit les eaux de Ia et Ib (Erbsenthal).

affluent II: **R19**, **R20** Neudorfelbach.

affluent III: **R9**: niveau de la source, **R5**: aval du ruisseau (Schnepfenbach).

Falkensteinbach: 8

R1: station amont à Eguelshardt, **R15**: station amont de Phillipsbourg.

affluent I: **R7**: amont de l'Etang de Hanau, **R14**: aval du camping et de la station de lagunage

affluent II: **R17** amont de l'Etang de Lieschbach; **R16**: aval de l'Etang de Lieschbach,

affluent III: **R60** niveau de la source, **R59**: aval de la pisciculture.

Zinsel du Nord: 8

R8: station amont de Baerenthal.

affluent I: **R30**: niveau de la source, **R27**: amont de plusieurs étangs

affluent II: **R29**: après un étang, niveau de la source; **R26**: aval du ruisseau (Bitscherthal).

affluent III: **R31**: niveau de la source, amont d'un étang, **R28** station plus aval (Hurrenkehl).

affluent IV: **R25** station sur le Schoenthal.

Rothbach: 7

R3 amont, **R36**, **R53** (amont de la Maison Forestière de Hengsberg), **R49**: aval de la Maison Forestière, **R50**: Saegmulhe à l'aval d'une pisciculture, **R34**: Reipertswiller..

affluent I: **R54** sur le Melch.

Moder: 4

R52: aval de Wimmenau (nombreux étangs en amont); **R47**: aval d'une station de pompage.

affluent I: **R48**: niveau de la source, **R51** amont de Wimmenau, niveau d'une tourbière.

Mittelbach: 3

R104: amont de Erckartswiller (rejets de La Petite Pierre), **R58**: station aval à Sparsbach, après une pisciculture.

affluent I: **R105**: amont de Sparsbach en milieu forestier.

En gras les stations suivies dans le cadre de l'eutrophisation et de l'acidification.

station	pH	cond. µS/cm	alcalinité µeq/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl mg/l	N-NO ₃ mg/l N	Ca ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	N-NH ₄ µg/l N	P-PO ₄ ³⁻ µg/l P	ammonium µg/l
1	6,42	40	168	6,11	2,71	0,28	3,53	1,31	2,68	0,74	58	12	61
2	6,09	60	102	13,66	3,18	0,84	5,63	1,75	2,69	1,55	28	6	95
3	6,59	62	137	15,14	3,43	0,55	4,88	1,67	2,38	2,02	43	16	89
4	6,56	45	163	8,02	3,09	0,22	3,90	1,54	2,65	0,83	40	10	71
5	5,75	50	71	10,11	3,78	0,31	3,71	1,84	3,07	1,09	31	14	123
7	6,48	80	247	8,32	4,12	0,56	5,78	1,84	3,80	0,98	47	10	52
8	7,02	71	374	9,25	4,67	0,40	7,05	2,47	2,90	2,14	68	39	38
9	5,14	49	2	10,22	4,89	0,06	2,80	1,75	2,97	0,90	16	8	215
10	6,82	69	279	9,47	4,95	0,30	6,48	3,14	3,25	1,42	164	47	46
11	6,52	53	139	9,64	3,77	0,39	4,90	1,69	2,54	1,33	77	12	61
14	6,56	66	244	9,49	5,22	0,31	5,81	2,70	3,32	0,98	481	89	59
15	6,96	76	412	8,54	5,41	0,60	8,41	3,10	3,47	1,28	97	47	51
16	6,14	49	127	10,01	3,39	0,31	3,89	1,61	2,66	0,94	49	117	81
17	5,89	53	90	13,50	3,09	0,48	4,47	1,54	2,42	1,21	38	11	141
18	6,31	56	123	9,33	5,54	0,39	4,42	2,59	2,99	1,06	41	16	57
19	5,97	47	91	6,96	4,77	0,33	3,59	2,03	2,59	0,79	37	16	147
20	5,28	32	28	8,23	3,91	0,32	4,25	2,34	2,42	0,92	52	13	217
25	5,77	53	44	14,97	3,38	0,18	3,48	1,65	2,90	1,70	40	12	88
26	6,67	47	233	6,56	2,68	0,20	4,12	1,31	2,76	1,27	50	36	22
27	6,27	44	110	8,86	2,89	0,20	3,43	1,38	2,62	1,10	73	28	92
28	6,64	50	212	8,27	2,88	0,30	4,57	1,44	2,71	1,34	43	22	33
29	6,62	46	240	5,59	2,47	0,18	3,60	1,18	2,76	1,29	95	37	45
30	4,42	55	3	12,83	3,27	0,45	2,40	1,42	2,24	1,27	58	16	507
31	6,24	52	60	12,87	3,40	0,38	3,85	1,55	2,57	1,27	52	10	76
34	6,81	63	265	9,83	3,87	0,52	6,42	1,83	2,97	1,34	70	98	118
36	6,52	59	101	14,98	3,51	0,49	4,56	1,66	2,28	1,91	38	23	61
42	6,85	64	283	9,22	4,38	0,48	5,96	2,38	2,83	1,57	38	33	75
47	7,25	109	615	12,75	6,59	1,03	10,80	4,08	3,46	3,31	408	199	46
48	5,74	58	47	15,11	4,60	0,20	4,02	1,56	2,40	1,65	43	14	212
49	6,48	64	161	9,51	3,22	0,40	4,24	1,50	2,47	1,26	35	102	49
50	6,81	79	253	9,84	3,54	0,55	6,31	1,90	2,88	1,30	135	116	143
51	5,84	56	49	13,88	4,17	0,40	4,00	1,92	2,76	1,32	45	27	195
52	7,24	108	618	13,09	6,52	1,15	10,86	3,31	3,36	3,42	92	118	66
53	6,52	58	131	12,07	3,50	0,46	4,39	1,74	2,75	1,48	37	48	58
54	6,72	72	177	12,40	5,30	0,94	5,33	2,90	3,13	1,62	224	62	184
58	6,66	85	377	10,85	5,74	0,87	7,54	3,25	3,48	2,29	219	189	
59	6,72	73	261	10,82	6,09	0,50	6,73	3,40	2,90	1,52	101	61	38
60	6,43	74	198	13,01	7,61	0,20	6,39	4,24	2,82	1,48	70	20	69
75	5,31	57	20	12,46	4,61	0,72	4,07	1,99	2,96	1,15	37	11	146
104	6,98	133	459	19,26	10,85	1,81	11,30	8,13	4,26	2,98	422	413	106
105	6,50	92	113	21,17	6,26	0,68	7,60	4,34	2,99	2,30	46	24	137

Suivi de l'acidification des eaux des Vosges du Nord: réseau élargi (n = 41 stations).

Stations suivies dans le cadre de l'acidification

1994-1995

Réseau restreint:

Schwarzbach: 6

R75: maison forestière d'Erlenmoos, **R42**: Dambach, station d'épuration.

affluent I: **R4** reçoit les eaux de Ia et Ib (Erbsenthal).

affluent II: **R19, R20** Neudorfelbach.

affluent III: **R9**: niveau de la source (Schnepfenbach).

Falkensteinbach: 2

affluent I: **R7**: amont de l'Etang de Hanau

affluent II: **R16**: aval de l'Etang de Lieshbach,

Zinsel du Nord: 4

affluent I: **R30**: niveau de la source,

affluent II: **R29**: après un étang, niveau de la source (Bitscherthal).

affluent III: **R31**: niveau de la source, amont d'un étang (Hurrenkehl).

affluent IV: **R25** station sur le Schoenthal.

Rothbach: 3

R3 amont, **R53** (amont de la Maison Forestière de Hengsberg)

affluent I: **R54** sur le Melch.

Moder: 3

R47: aval d'une station de pompage.

affluent I: **R48**: niveau de la source, **R51** amont de Wimmenau, niveau d'une tourbière.

Mittelbach: 1

affluent I: **R105**: amont de Sparsbach en milieu forestier.

En gras les stations suivies dans le cadre de l'eutrophisation et de l'acidification.

stations Rx	pH	conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Alcalinité en μeq	SO_4^{2-} en mg/l	Cl^- en mg/l	N-NO_3 en mg/l	aluminium en $\mu\text{g/l}$
3	6,52	60	136	14,58	3,92	0,52	75
4	6,54	46	169	7,94	3,42	0,22	83
7	6,47	59	259	8,41	3,98	0,64	55
9	5,18	46	5	10,05	4,50	0,08	194
16	6,15	48	123	9,59	3,68	0,29	89
19	5,98	46	88	6,95	4,90	0,34	144
20	5,18	53	20	8,20	6,10	0,32	218
25	5,73	53	29	14,82	3,98	0,22	90
29	6,64	46	251	6,08	2,76	0,19	43
30	4,42	56	1	12,51	3,40	0,45	506
31	6,17	52	60	12,63	3,52	0,47	90
42	6,88	65	307	9,23	4,65	0,47	86
47	7,23	106	586	12,57	6,68	1,03	62
48	5,75	57	47	14,89	4,85	0,15	206
51	5,77	56	59	13,45	4,56	0,44	215
53	6,53	57	134	18,31	3,96	0,43	68
54	6,68	70	188	12,69	4,95	1,04	156
75	5,25	57	15	11,50	4,80	0,68	160
105	6,52	89	122	20,38	8,67	0,70	149

Suivi de l'acidification sur le réseau restreint des Vosges du Nord (n= 19 stations)

**Stations suivies dans le cadre de l'acidification
massif du Donon: mars à octobre 1995**

- vallée du Rabodeau:

- + **D26:** ruisseau du Grand Bras
- + **D27:** ruisseau du Gentil Sapin

- vallée de la Plaine:

- + **D1:** affluent lieu-dit "Basse de Réquival"
- + **D2:** ruisseau de la Plaine

- vallée de la Sarre Blanche: Rivière Sarre Blanche

- + **D15:** niveau de la source, lieu-dit Petit Blanc Rupt
- + **D16:** aval de D15, amont de la maison forestière de Bourguignon.

- vallée du Châtillon: ruisseau de Saussenrupt

- + **D9:** lieu-dit "Basse de Choinik"
- + **D11:** lieu-dit "Moïses"
- + **D12:** vallée des Chevaux
- + **D13:** lieu-dit "le Trou Marmot"

- vallée du Val: ruisseau du Val et ses affluents

- + **D5:** vallée du Moyen Sapinot
- + **D25:** ruisseau du Mauvais
- + **D18:** ruisseau de Chanson Combelle

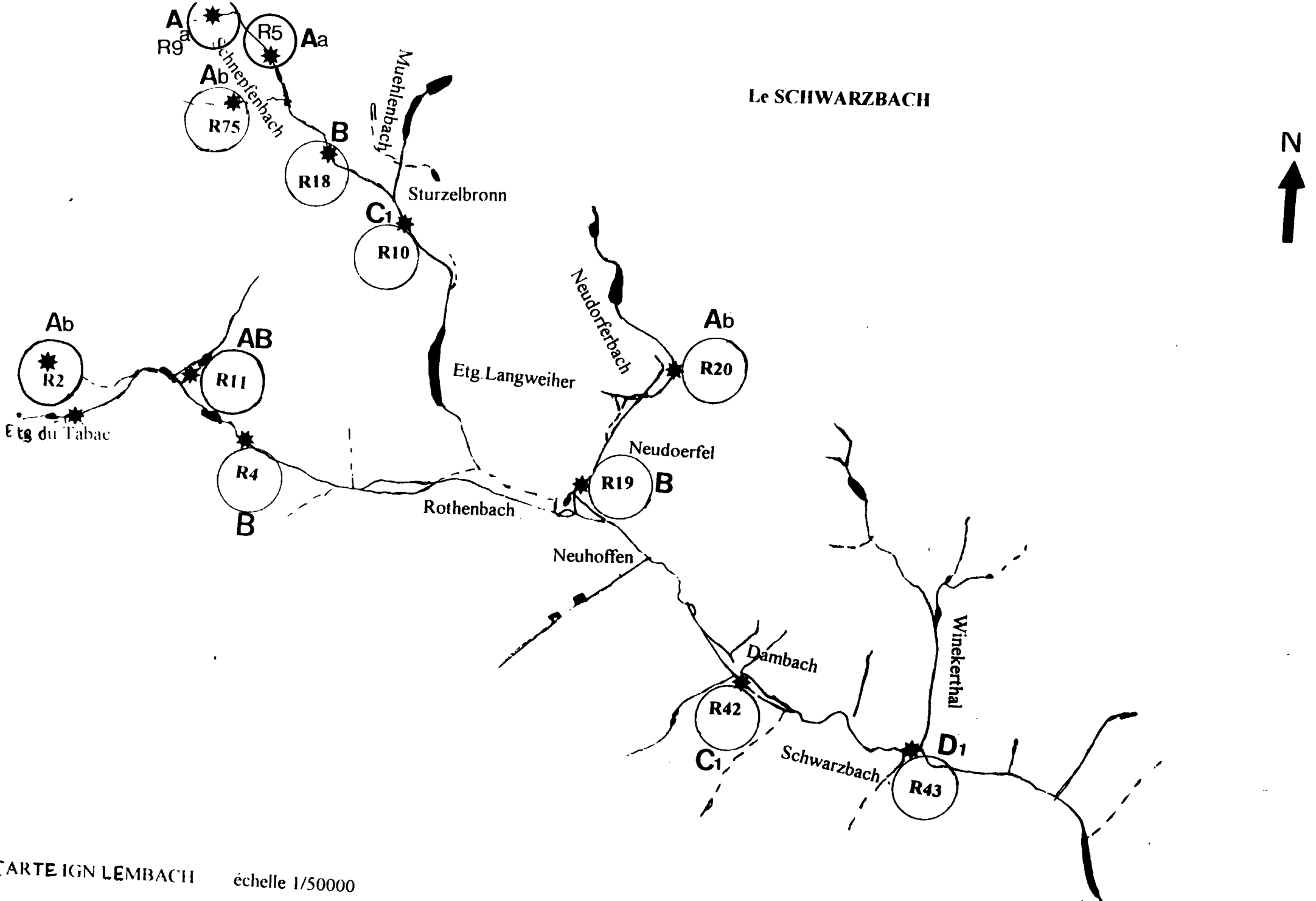
- ruisseau de Bousson

- + **D21:** affluent I, lieu-dit "Basses Scieries"
- + **D23:** affluent II
- + **D30:** affluent III
- + **D24:** amont de la confluence avec Chanson Combelle
- + **D19:** aval de la confluence avec Chanson Combelle

station Ra	pH	conductivité en µS/cm	Alcalinité en µeq	SO4 en mg/l	Cl- en mg/l	N-NO3 en mg/l	aluminium en µg/l	Ca++ en mg/l	K+ en mg/l	Na+ en mg/l	Mg++ en mg/l	N-NH4+ en µg/l	P-PO43 en µg/l
D1	5,0	49	13	7,41	1,89	0,75	706	1,51	1,68	0,92	0,63	10	6
D2	7,2	75	219	6,94	6,22	1,06	45	4,53	1,61	3,71	2,03	10	16
D11	5,7	45	10	8,55	1,88	0,59	173	2,29	1,61	0,89	0,91	8	8
D5	5,2	50	4	9,46	2,09	0,91	233	2,40	1,66	0,95	1,04	11	7
D9	5,7	50	7	11,13	2,20	0,36	62	2,35	1,99	1,17	1,18	9	9
D12	5,3	46	1	9,04	1,81	0,58	216	1,96	1,70	0,94	0,96	11	7
D13	5,1	48	0	8,25	3,10	0,62	241	2,00	1,57	0,91	0,89	9	8
D15	6,2	74	36	7,62	10,09	0,61	105	3,31	2,46	5,64	1,13	12	13
D16	6,9	67	168	7,45	6,61	0,90	77	4,25	2,06	3,25	1,81	6	18
D18	5,6	45	10	10,75	3,19	0,64	63	2,96	1,84	1,61	1,16	10	8
D19	5,9	52	18	10,18	2,06	0,65	55	2,97	1,82	1,42	1,14	9	7
D21	5,5	49	3	10,78	2,37	0,83	128	2,86	1,81	1,15	1,20	10	8
D23	6,0	45	20	9,64	1,90	0,61	31	2,89	2,01	1,14	0,91	10	9
D24	5,9	45	15	9,68	2,08	0,65	60	2,89	1,79	1,16	1,15	9	7
D25	5,7	46	14	9,96	2,02	1,01	113	3,01	1,67	1,01	1,15	10	8
D26	6,0	35	19	6,20	1,29	0,98	397	2,45	1,35	0,67	0,88	8	8
D27	6,2	40	114	5,70	1,18	0,99	257	3,59	1,43	0,67	1,50	7	9
D30	5,7	47	15	9,99	1,98	0,80	58	2,84	1,85	1,15	1,10	9	7

Valeurs moyennes stationnelles, calculées à partir des mesures des paramètres physico-chimiques des 8 campagnes mensuelles réalisées de mars à octobre 1995.

Suivi de l'acidification des eaux du versant lorrain du Massif du Donon (n = 18 stations)



Le SCHWARZBACH



A^a R9 R5 Aa

Ab R75

B R18

C₁ R10

Ab R2 R11

R4 B

Ab R20

R19 B

R42 C₁

R43 D₁

LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU SCHWARZBACH

LE SCHWARZBACH:

R75: groupement végétal "Ab" à *Potamogeton polygonifolius* amont de Sturzelbronn, milieu forestier jouxtant une tourbière présence au printemps 1993 d'une chlorophycée *Tetraspora cylindrica*, algue typique des eaux catharobes. Cette algue disparaît en été.

R 18: groupement végétal "B" à *Potamogeton polygonifolius* et à *Callitriche hamulata*. Peuplement important de *Sium erectum*. milieu prairial, en amont de Sturzelbronn.

R10: groupement végétal "C1" présence d'*Elodea canadensis* et d'*Oenanthe fluviatilis* (station la plus remarquable des Vosges du Nord) milieu prairial, en aval de Sturzelbronn,

R42: groupement végétal "C1" présence d'*Elodea nuttallii* qui remplace *Elodea canadensis* (R10); présence d'espèces rares: *Oenanthe fluviatilis* (en faible densité) et surtout *Myriophyllum alterniflorum*.

R 43: groupement "D1" présence d'espèces remarquables (protection régionale): *Oenanthe fluviatilis* présence d'*Elodea nuttallii*, *Potamogeton berchtoldii* enrichissement en nutriments par rapport à R42 station de lagunage entre Dambach (R42) et Wineckerthal (R43).

affluent I: Schnepfenbach

* R9 et R5 groupement végétal "Aa" à *Scapania undulata*. milieu forestier, tourbeux au niveau de la source.

affluent II: Erbsenthal

* R2 groupement végétal "Ab" à *Potamogeton polygonifolius* milieu forestier, en aval de l'Etang du Tabac

* R11: groupement de transition entre "A" et "B" apparition de Callitriches et de *Cardamine amara*, mais peu d'hélophytes de série "B", milieu forestier.

* R4 groupement végétal "B" à *Potamogeton polygonifolius* à *Ranunculus peltatus* et à *Callitriche platycarpa*. milieu forestier, aval de R2

affluent III: Neudorfelbach.

* R20: groupement végétal "Ab" à *Potamogeton polygonifolius* milieu forestier, tourbière, analogue à R75 "Erlenmoos", mais pas de développement de chlorophycée particulière.

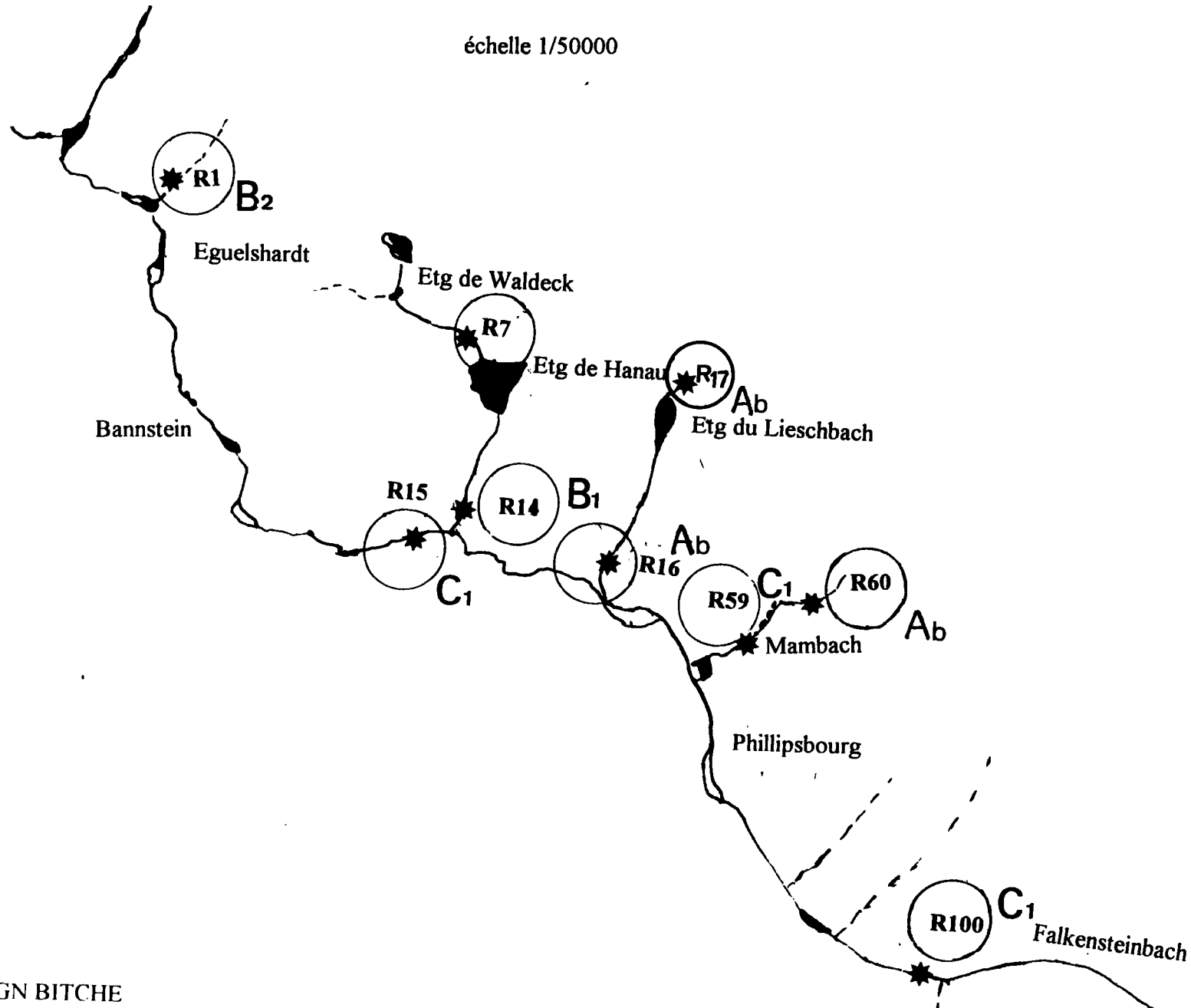
* R19: groupement végétal "B" à *Potamogeton polygonifolius* et *Callitriches sp.* milieu forestier.

CONCLUSION: Schwarzbach, ruisseau à séquence complète (MULLER.S, 1990)
A→B→C→D

présence d'*Elodea nuttallii* qui remplace *Elodea canadensis* entre Sturzelbronn et Dambach. *E.nuttallii* a colonisé la partie aval de la rivière (zone méso-eutrophe à eutrophe) au détriment de *M. alterniflorum*.

Le FALKENSTEINBACH

échelle 1/50000



RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU FALKENSTEINBACH

FALKENSTEINBACH:

R1: groupement végétal "B" à *Potamogeton polygonifolius* et *Callitriche platycarpa*. présence d'algues filamenteuses *Vaucheria sp.* et de *Nitella flexilis*. Des bassins de piscicultures existent à l'amont de la station. Milieu prairial.

R15: groupement végétal "C1" à *C. platycarpa*, *C. hamulata*, *Elodea sp.* et *R. peltatus*. apparition d'hélophyte des zones aval: *Nasturtium officinale* présence d'*Elodea canadensis* et de *Elodea nuttallii* ensemble sur le même faciès. *Fontinalis antipyretica* colonise le fond du lit. Milieu prairial.

R100: groupement végétal "C1" à *Callitriches sp.* et *E. canadensis*. présence d'*Oenanthe fluviatilis*, *Elodea canadensis* et surtout d'un hybride *Potamogeton variifolius* (12 stations connues dans le secteur), station aval de rivière analogue à R42 (Dambach, Schwarzbach).

Affluent I :

*R7: groupement végétal "Ab" à *Potamogeton polygonifolius*, milieu forestier, à l'amont de l'étang de Hanau

* R14: groupement végétal "B". très peu d'hélophytes. Forte teneur en ammonium, certainement dus à la présence en amont de la station d'un camping et d'une station de lagunage. milieu forestier, station en aval de R7 "Etang de Hanau", rejets anthropiques..

.affluent II :

* R17: groupement végétal "Ab" à *Potamogeton polygonifolius*. amont de l'étang du Lieschbach, milieu forestier

* R16: groupement végétal "Ab" à *Potamogeton polygonifolius*. forte teneur en orthophosphates, milieu prairial à l'aval de l'étang de Lieschbach.

Affluent III:

*R60: groupement végétal "Ab" *Potamogeton polygonifolius*

milieu prairial, petit plan d'eau en amont, cours d'eau à vitesse très lente→film bactérien à la surface de l'eau

* R59: groupement végétal "C2"

absence d'*Elodea canadensis*, remplacement de *Carex rostrata* par *Phalaris arundinacea*; très nette détérioration de la qualité de l'eau, transition brutale avec R60 situé légèrement en amont, explication probable: rejets des bassins de pisciculture situés entre R59 et R60

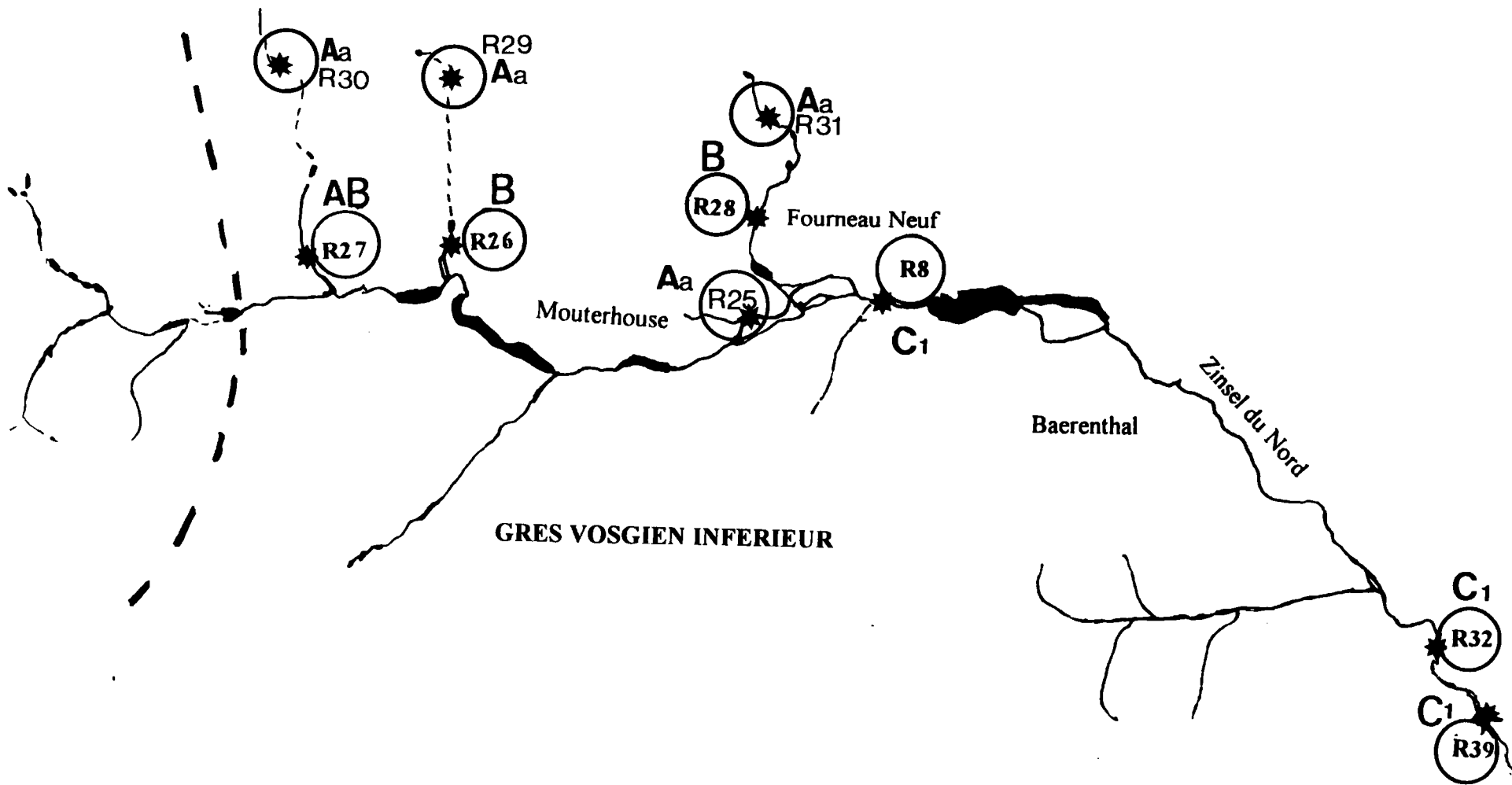
CONCLUSION: Le Falkensteinbach est un ruisseau à séquence incomplète B→C du fait de bassins de piscicultures à l'amont, affluent I à séquence A→B, affluent II à séquence A→A, affluent III à séquence A→C.

Deux stations "B" sont perturbées (R1, R14) suite à l'activité économique.



La ZINSEL du NORD

GRES VOSGIEN SUPERIEUR



GRES VOSGIEN INFERIEUR

RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA ZINSEL DU NORD

Affluent I: Weissbach

R27: groupement végétal de transition "B" à *Potamogeton polygonifolius*, *Callitriche platycarpa* et *C. stagnalis*. peu d'hélophytes de "AB". groupement à Sphaignes typiques de "A", milieu forestier. En amont et en aval du point, présence d'étangs.

R30: amont de R27, niveau de la source, milieu forestier. groupement végétal de transition "Aa" à *Scapania undulata*.

Affluent II: Bitscherthal

R26: groupement végétal "B" à *Potamogeton polygonifolius*, *Callitriche platycarpa* et *C. stagnalis*. milieu prairial en aval d'un étang, présence de *Fontinalis antipyretica* et de peuplements importants de *Sium erectum*.

R29: amont de R26, groupement végétal "C" à *Callitriche platycarpa* et *C. stagnalis*. Station à l'aval d'un petit étang mais au niveau de la source en milieu forestier. Proliférations de *Callitriches sp.* Sur les blocs pierreux, présence de *Scapania undulata*.

Affluent III: Hurrenkehle

R28: groupement végétal de transition "B" à *Potamogeton polygonifolius*, *Callitriche platycarpa* et *C. stagnalis*, peu de callitriches typiques de "B", milieu semi-forestier, présence d'étangs en amont et en aval de la station

R31: amont de R28, niveau de la source, milieu forestier. Ensablement important du lit. groupement végétal de transition "Aa" à *Scapania undulata*.

affluent IV: le Schoenthal

R25: milieu forestier. Ensablement important du lit. groupement végétal de transition "Aa" à *Scapania undulata*.

LA ZINSEL DU NORD:

R8: groupement végétal "C1"

présence d'*Elodea nuttallii*, seule station des Vosges du Nord à *Potamogeton alpinus*, avec en outre une population de *Potamogeton crispus*. milieu prairial en friche

R32: groupement végétal "C1"

apparition d'*Elodea canadensis*, station à *Myriophyllum alterniflorum*, *Potamogeton berchtoldii*, *Potamogeton crispus*. milieu prairial.

R39: groupement végétal "C1"

présence d'*Elodea canadensis* et de *Myriophyllum alterniflorum*

milieu prairial, station aval analogue à R100 sur le Falkensteinbach et R42 sur le Schwarzbach.

CONCLUSION: La Zinsel du Nord représente un exemple de ruisseau mésotrophe dans sa partie amont du réseau, séquence "C1". La Zinsel du Nord prend sa source au niveau du grès bigarré, de nombreux plans d'eau liés à l'ancienne activité industrielle de la vallée peuvent expliquer le niveau trophique relativement élevé dès l'amont.

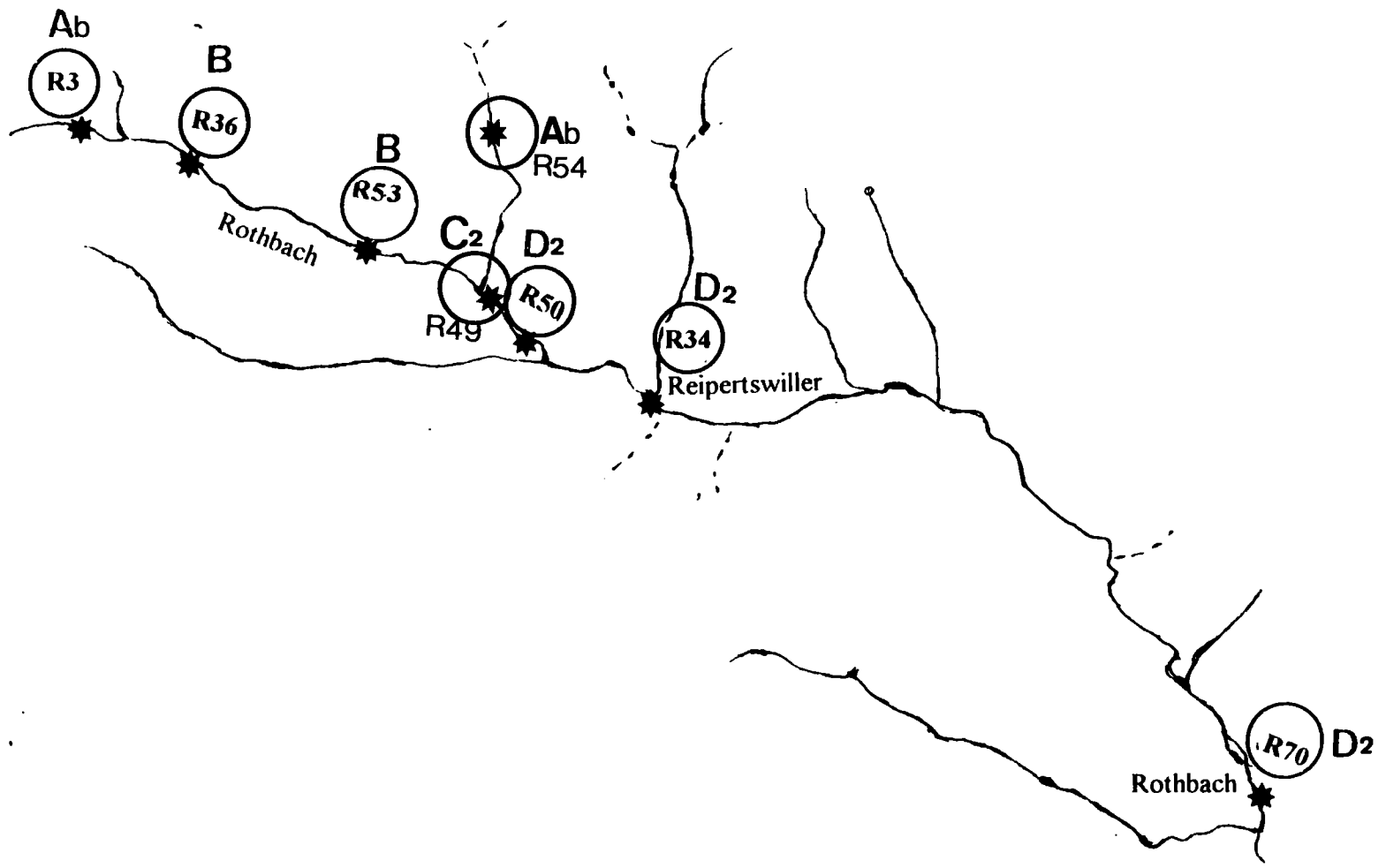
Les affluents sont de bonne qualité "B" mais semblent amorcer une détérioration de leur niveau trophique.

Les processus d'acidification les plus intéressants ont lieu également sur les affluents de la Zinsel du Nord.

Il semble intéressant de bien suivre l'évolution de cette rivière, en particulier la concurrence entre les deux élodées et la répartition *P.polygonifolius* et *Scapania undulata*.



Le ROTHBACH



LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU ROTHBACH

LE ROTHBACH

R3: groupement végétal "Ab" à *Potamogeton polygonifolius*. milieu forestier, fond nu sableux nombreux bryophytes sur les blocs rocheux: *Chyloscyphus polyanthus*, *Scapania undulata*.

R36: groupement végétal "B" à *Potamogeton polygonifolius*, zone de transition "AB", peu de Callitriches. bryophytes sur les blocs rocheux: *Chyloscyphus polyanthus*, *Scapania undulata* et *Brachythecium rivulare*

R53: groupement végétal "B" à *Potamogeton polygonifolius* et à *Callitriches sp.*
présence de bryophytes: *Chyloscyphus polyanthus*, *Scapania undulata*, *Fontinalis antipyretica*

R49: groupement végétal "C2" à *Callitriche platycarpa*. Disparition de *P. polygonifolius*. Prolifération de *Nitella flexilis*. Teneurs en orthophosphates élevés, situation analogue à celle de R16 (Falkensteinbach) → rejets domestiques de Wildenguth ?. Présence de *Fontinalis antipyretica* et de peuplements importants de *Sium erectum*.

R50: groupement "D2" à *Callitriche obtusangula*, disparition de *Fontinalis antipyretica* et de *Potamogeton polygonifolius*, présence de *Callitriche platycarpa* et *C. obtusangula*. hélophytes de série "AB". Forte teneur en ammonium. présence de bryophytes: *Chyloscyphus polyanthus*, *Scapania undulata* et surtout d'*Amblystegium riparium* qui indiquerait une pollution organique séquence accélérée → explication probable: rejets nutriments par la pisciculture de Wildenguth, pâturage intensif et rejets domestiques.
station en milieu prairial, en amont de Seagmuhle

R34: groupement "D2" à *Callitriche obtusangula*
station dans le village de Reiperswiller. présence de *Callitriche platycarpa* et surtout dominance de *C. obtusangula*. apparition de *Nasturtium officinale*, hélophyte type des tronçons aval. présence d'algues filamenteuses tout le long de l'année → stade "D2"
présence de bryophytes: *Chyloscyphus polyanthus*, *Scapania undulata* et surtout d'*Amblystegium riparium* qui indiquerait une pollution organique

R70: groupement "D2" à *Callitriche obtusangula*
station dans le village de Rothbach. présence d'algues filamenteuses → stade "D2". apparition de *Nasturtium officinale*, hélophyte type des tronçons aval
présence de *Fontinalis antipyretica* et surtout de développement important d'*Amblystegium riparium*. *Elodea canadensis* et de *Nitella flexilis* (Characée) sont faiblement représentés

Affluent: le Melch.

R54: groupement "Ab" à *Potamogeton polygonifolius*. milieu prairial.

CONCLUSION: Le Rothbach est un ruisseau à séquence A → B → C → D
séquence accélérée par rapport au Schwarzbach, stade "C" très restreint
présence d' *Elodea canadensis* très en aval

Impacts très importants des rejets avec apparition de *Callitriche hamulata* et *obtusangula* en amont des premiers hameaux

En aval du village de Rothbach, il existe une station d'épuration

Les Bryophytes exception faite d'*Amblystegium riparium*, se localisent préférentiellement dans la partie très amont du cours d'eau.

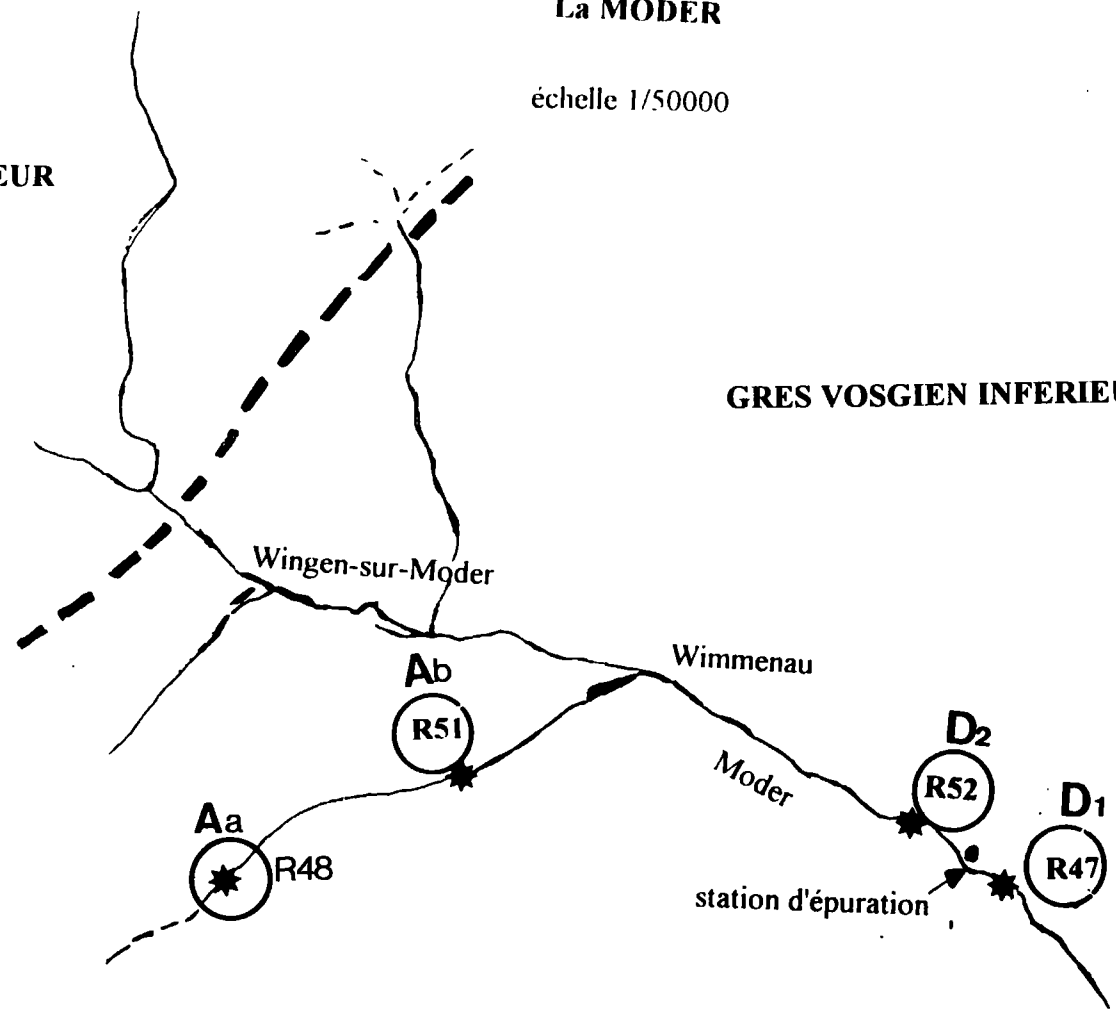


La MODER

échelle 1/50000

GRES VOSGIEN SUPERIEUR

GRES VOSGIEN INFERIEUR



CARTE IGN BOUXWILLER

LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA MODER

Affluent I: le Moosbach

R51: groupement végétal "Ab" à *Potamogeton polygonifolius*. milieu forestier tourbeux (milieu analogue à R20 :Schwarzbach)

R48: amont de R51, niveau de la source en milieu prairial. groupement végétal "Aa" à *Scapania undulata*.

LA MODER

R52 : groupement "D2" à *Callitriche obtusangula*

présence d'*Elodea nuttallii* et de *Fontinalis antipyretica*, algues filamenteuses présentes tout le long de l'année→ stade "D2".

station à l'aval de Wimmenau

R47: groupement "D1" à *Callitriche obtusangula*

présence d'*Elodea nuttallii* et de *Fontinalis antipyretica*

station située en aval de R52, station analogue à R43 (Schwarzbach). entre R52 et R47, il existe une station d'épuration→explication possible de l'absence d'algues .

CONCLUSION: La Moder est une rivière qui prend sa source sur le grès bigarré et à niveau trophique élevé, séquence "D"

Elodea nuttallii a colonisé les parties aval du cours d'eau

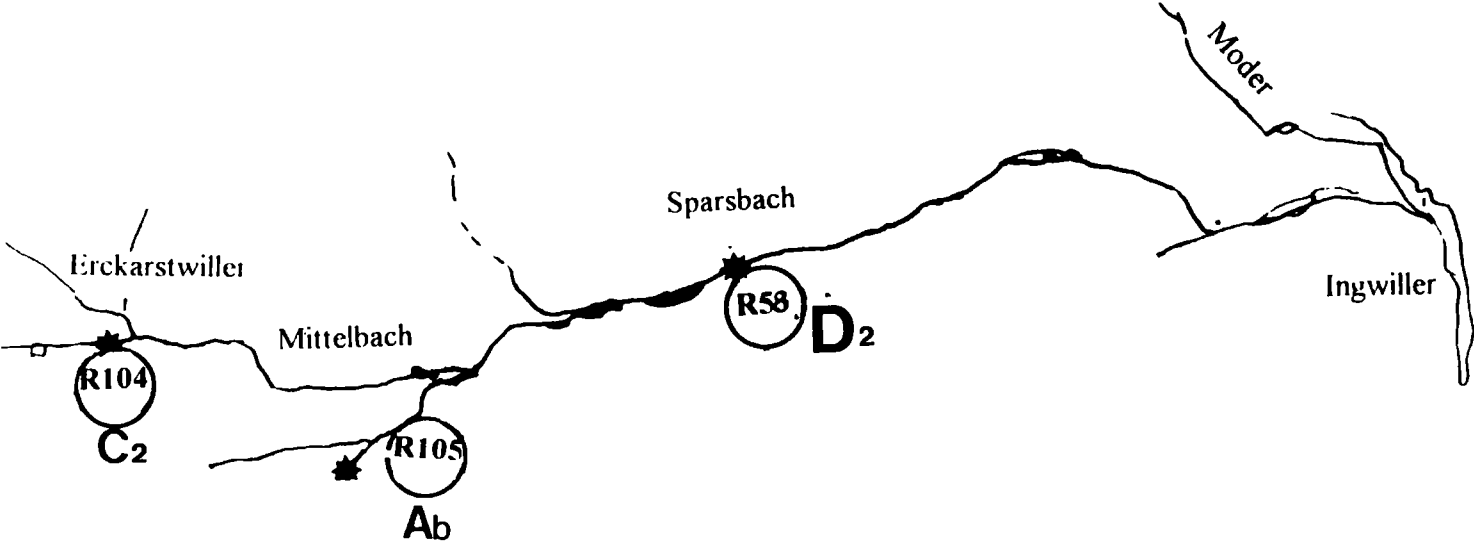
Présence d'étangs à Wingen-sur-Moder, en amont des nos stations

L'affluent situé sur grès vosgien en milieu forestier non perturbé témoigne de la qualité de référence de la rivière

La Moder fait l'objet d'une Z.A.R

Le MITTELBACH

échelle 1/50000



MITTELBACH

R104: groupement végétal "C2"

pas d'*Elodea canadensis* mais disparition de *Potamogeton polygonifolius*

très forte teneur en nutriments, exemple de séquence accélérée avec la présence d'hélophytes typiques de "B". Très nette dégradation de la qualité des eaux.

R58: groupement végétal "D2"

pas d'*Elodea canadensis* mais disparition de *Potamogeton polygonifolius*. Forte teneur en nutriments. Apparition d'algues filamenteuses tout le long de l'année (*Oedogonium*, *Binuclearia*, *Vaucheria*). *Nasturtium officinale*, hélophyte des zones aval est présent.

apparition d'un stade "D" en 1996 → présence de quelques individus de *Callitriche obtusangula*.

nombreux rejets anthropiques dans le ruisseau: pisciculture en amont installée sur le ruisseau, rejets domestiques au niveau du village de Sparsbach, en aval de la station, présence d'une station de lagunage

affluent:

R105: groupement végétal "Ab" à *Potamogeton polygonifolius*

milieu forestier, affluent en amont de R58 (Sparsbach);

CONCLUSION: Mittelbach est un ruisseau à séquence tronquée

Impact très important de l'activité humaine sur la qualité de l'eau

L'absence d'*Elodea canadensis* et la non correspondance entre les groupes d'hélophytes et d'hydrophytes est un indice de perturbation.