C.R.P.F. LORRAINE-ALSACE
41, Av. Général de Gaulle
57050 LE BAN SAINT-MARTIN

Office National des Forêts
Direction Régionale Alsace
Cité Administrative
2, rue de l'Hôpital Militaire
67000 STRASBOURG

Réalisation :
J.L. SIMONNOT
C. CHAMBAUD

CATALOGUE
DES TYPES DE STATIONS FORESTIERES
DE LA BORDURE EST
DU PLATEAU LORRAIN

Préétude écologique et plan d'échantillonnage

JUIN 1992

Avec le concours financier :
- de la Direction Régionale de l'Espace Rural et de la Forêt,
- du Conseil Régional d'Alsace.

Cellule d'Application en Ecologie

Université de Bourgogne
6, Bd Gabriel - 21000 DIJON
Tél.: 80.39.62.25 / 80.39.62.49

Remerciements :

Nous adressons nos remerciements aux personnes et services qui ont bien voulu nous communiquer documents et informations :

- Office National des Forêts d'Alsace et de Lorraine,
- Centre des Sciences de la Terre de l'Université de Bourgogne (Pr. L. COUREL),
- le Laboratoire de Phytoécologie de l'E.N.G.R.E.F. Nancy (Pr. J.C. RAMEAU),
- le Centre Régional de la Propriété Forestière Lorraine-Alsace.

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

I. CARACTERISTIQUES DE LA REGION ETUDIEE

A. DELIMITATION DE L'AIRE ETUDIEE 5

B. DONNEES CLIMATOLOGIQUES. 7

1. Températures. 7
2. Gelées. 11
3. Précipitations. 13
4. Vents. 16
5. Insolation. 16
6. Relations températures - précipitations. 21

C. GEOLOGIE - GEOMORPHOLOGIE. 26

1. Mise en place des formations géologiques. 26
2. Types de substrats 29
3. Relief 35

D. FORMATIONS SUPERFICIELLES ET SOLS 38

1. Historique 38
2. Formations superficielles. 39
3. Sols. 43

E. FLORE ET VEGETATION FORESTIERE. 55

1. Généralités. 55
2. Flore. 55
3. Végétation forestière 65
4. Types de station 70

II. PLAN D'ECHANTILLONNAGE

A. GENERALITES 73

B. SOUS-UNITES DE L'AIRE D'ETUDE 74

1. Secteurs écologiques. 74
2. Variabilité à l'intérieur des secteurs écologiques 75

C. APPLICATION DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE 76

1. Choix des surfaces à inventorier. 76
2. Choix de l'emplacement du relevé. 76
3. Le relevé phytoécologique 77

D. CONSTRUCTION DE LA FICHE DE RELEVE 78

INTRODUCTION

D'après les données de l'I.F.N. (Inventaire National Forestier), la région forestière du Plateau Lorrain présente un taux de boisement de 23% pour une surface totale productive de **217 280 ha** dont 209 910 ha en Lorraine et 7 370 ha en Alsace. La forêt privée présente une surface totale de **71 910 ha** dont 70 010 ha en Lorraine et 1 900 ha en Alsace.

La diversité des affleurements géologiques et des formations superficielles rencontrées induit au sein de cette région IFN une grande variété de milieux forestiers. Plusieurs études ont déjà contribué à la connaissance de ces milieux (végétation forestière, sous-sol et sol).
Mais celles-ci couvrent imparfaitement la région et les données restent lacunaires pour la bordure Est du Plateau Lorrain composée par les assisses géologiques du Muschelkalk.

Les impératifs de la sylviculture régionale ont suscité plusieurs initiatives ayant pour objet de répondre à la demande des gestionnaires :

- études spécifiques traitant des problèmes touchant des massifs particuliers (travaux de recherche de l'I.N.R.A.-C.R.F., M. BECKER),
- études stationnelles sur des étendues forestières plus larges (voir bibliographie, BRETHES, CHARNET, LEJEAN).

Dans ce dernier domaine, le C.R.P.F. Lorraine Alsace a pour objectif de se doter d'un catalogue des types de stations forestières s'intéressant à la bordure Est du Plateau Lorrain, couvrant la région naturelle dite de la Plaine sous-vosgienne. Le C.R.P.F. a financé en 1989 la réalisation d'une préétude des potentialité forestières du Plateau Lorrain (S. CARRE), qui a permis de souligner les lacunes dans la connaissance des types de stations développées sur l'étage du Muschelkalk. Ce travail s'intéresse à la fois aux aspects écologiques et aux problèmes rencontrés par les gestionnaires. Les conclusions constituent les principales bases de motivation pour la réalisation de l'étude stationnelle en cours.

Le catalogue des types de stations forestières du Plateau Lorrain de BRETHES (1976) ne couvre que la partie méridionale de la région IFN, soit 50% de la surface. Il se limite à l'étude des formations comprises entre le Keuper inférieur et le Sinémurien et aux couvertures limoneuses. Aussi, pour les assisses du Muchelkalk et les zones alluviales apparait-le besoin d'une typologie fine qui nécessitera une reconnaissance plus précise des différents faciès minéralogiques, des formations d'altération et des matériaux allochtones.

Pour combler partiellement ces lacunes, les services de l'O.N.F. du Haut Rhin et de la région Lorraine ont conçu un outil complémentaire pour l'Alsace Bossue (Orientations et Directives

Locales d'Aménagement - Plateau Lorrain, 1988). Suite à la mise en application de cette typologie, les gestionnaires concernés signalent des insuffisances dans la structuration écologique des forêts sur matériaux alluviaux et couvertures superficielles. Ils insistent sur la nécessité d'effectuer des regroupements de types de stations lorsque ces derniers présentent des aptitudes sylvicoles proches.

Cette deuxième expérience aide à mieux définir les objectifs du catalogue. Un effort devra être porté sur les zones où les manques d'informations sont les plus importants et au sein desquelles les séquences stratigraphiques sont complexes (séquences alluvio-sédimentaires étendues dans le département du Haut-Rhin et dans une moindre mesure au Nord de la Moselle).

Les objectifs du catalogue des types de stations forestières sont :

- d'aborder avec le maximum de précision les différents aspects du milieu physique, en mettant l'accent sur les zones où les lacunes sont les plus importantes;
- de réaliser une synthèse pour l'ensemble des régions citées;
- d'établir des relations claires avec les unités définies dans les études déjà réalisées.

Enfin, l'expérience acquise dans la réalisation des typologies forestières doit permettre :

- un accroissement de la précision dans les investigations de terrain et lors de l'analyse des résultats (données édaphiques notamment),
- une amélioration de l'utilisation du catalogue en passant au second plan les termes et expressions scientifiques liés aux aspects de la systématique dans les différentes disciplines abordées.

La présente préétude, bien que classique dans son organisation, recherchera l'application des précédents objectifs à tous les niveaux.

Dans une première partie, l'information écologique recueillie permettra de cerner la variabilité des facteurs qui interviennent dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers. La deuxième sera consacrée à l'élaboration d'un plan d'échantillonnage stratifié, objectif principal de cette première phase de l'étude stationnelle.

I. CARACTERISTIQUES DE LA REGION ETUDIEE

A. DELIMITATION DE L'AIRE ETUDIEE.

La région forestière dite du Plateau Lorrain est constituée par les auréoles liasiques et triasiques de l'Est du Bassin Parisien qui atteint ici sa limite orientale (Cf **carte 1**, p.6). La succession d'affleurements géologiques de dureté différente (calcaires, marnes) confère au paysage une morphologie de côte (cuesta) et de vallon.

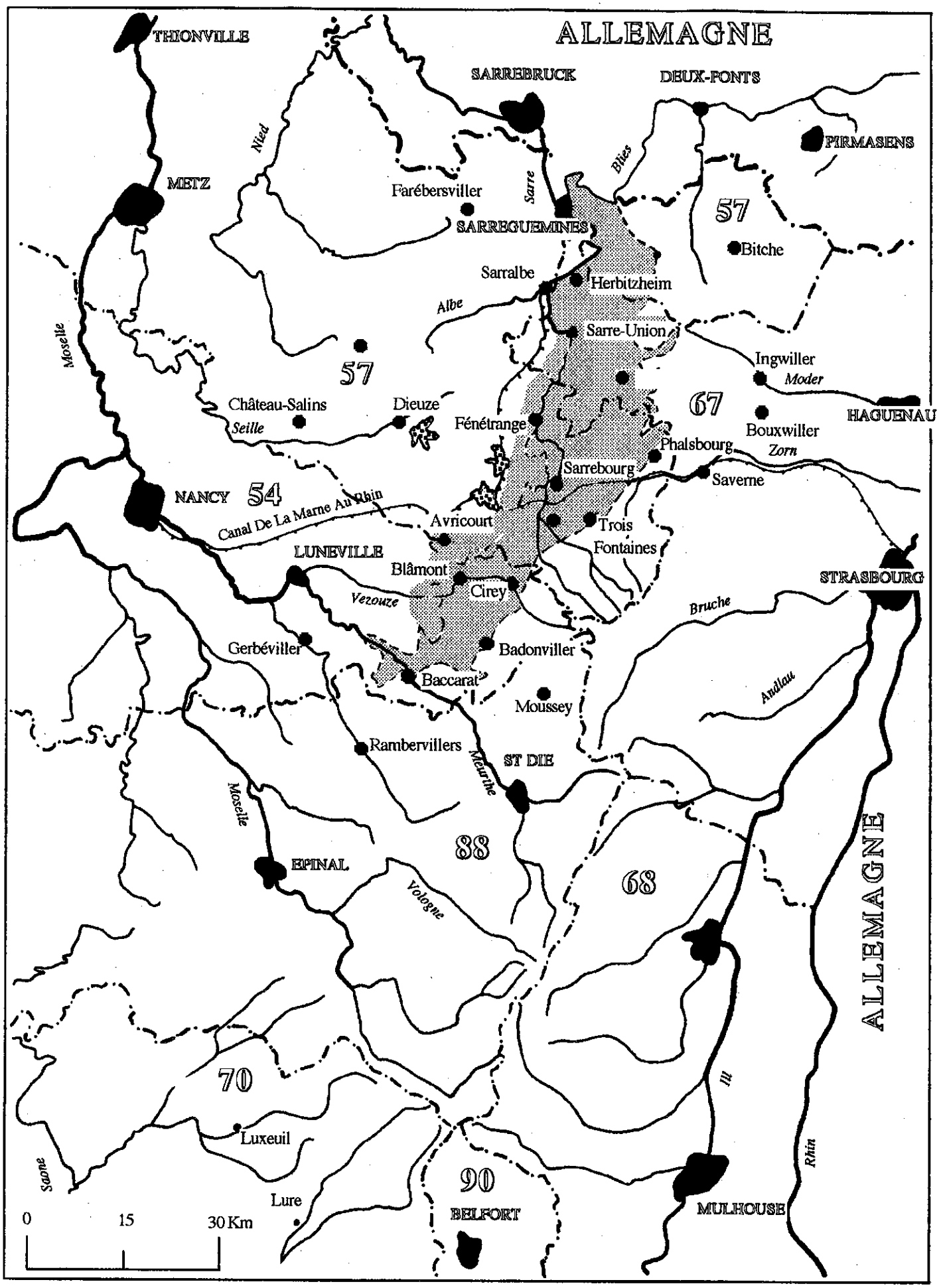
Les formations marno-calcaires du Muschelkalk s'intègrent dans la région naturelle dite de la Plaine sous-vosgienne délimitée à l'Est par les Basses Vosges ou Collines sous-vosgiennes et à l'Ouest par le Pays des Etangs (se reporter **carte 2**, p.8). Dans le département du Bas Rhin cette région est également appelée Alsace Bossue, terme qui reflète bien sa physionomie d'ensemble.

La zone concernée par la préétude s'étire selon un axe N.NE-S.SW depuis la frontière allemande au Nord à hauteur de Sarreguemines (confluence de la Blies et de la Sarre) jusqu'à Baccarat 100 km plus au Sud.

Les deux tiers de la superficie concernent le bassin versant de la Sarre et ses principaux affluents, en rive droite, l'Isch, l'Eichel et l'Achen et, en rive, gauche l'Albe.

Le tiers Sud de la zone appartient au bassin versant de la Meurthe s'écoulant selon un axe N.O-S.E avec pour principaux affluents la Vezouze en rive droite au Nord et la Mortagne en rive gauche au Sud.

Sur le plan administratif l'aire d'étude concerne quatre départements de la région Alsace-Lorraine : le Bas-Rhin, la Moselle, la Meurthe et Moselle et les Vosges (**carte 1**).



Carte 1 : Situations géographique et administrative de la région étudiée

B. DONNEES CLIMATOLOGIQUES.

La situation géographique de la Lorraine, à 300 km à l'Est de la mer, explique l'existence d'un climat marqué par une certaine "continentalité".

Soumis aux régimes des vents d'Ouest, les précipitations en Lorraine sont bien réparties tout au long de l'année. Les étés y sont généralement pluvieux et chauds avec des températures cependant plus faibles que pour les climats typiquement continentaux.

Les températures moyennes annuelles sont semblables à celles notées en Bretagne pour des altitudes identiques avec une saison hivernale nettement plus froide, affirmant le caractère continental du climat régional. La longueur des hivers, plus que leur rigueur, caractérise assez bien la Lorraine. La **carte 3** (p.9) indique la localisation des postes météorologiques pour lesquels nous disposons de données exploitables.

1. Températures.

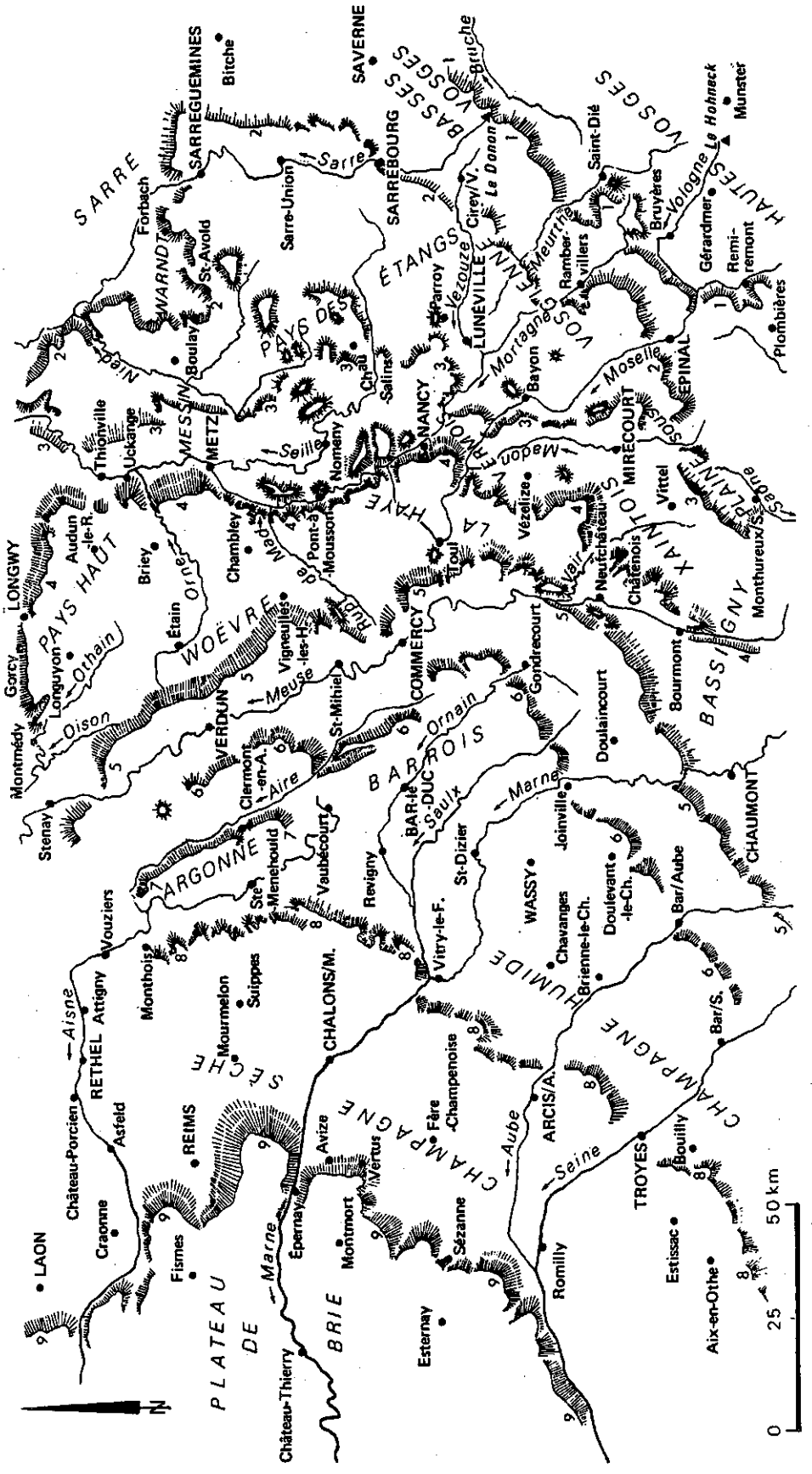
A proximité et sur la zone d'étude, les températures moyennes annuelles mesurées sont comprises entre 8,5°C à Mouterhouse au Nord-Est et 10°C à Lunéville au Sud-Est. Ces températures moyennes annuelles décroissent au sein de l'aire d'étude d'Ouest en Est et du Nord au Sud (**tableau I**).

La **carte 4** (p.10) présente les isothermes moyennes annuelles encadrant et couvrant la Plaine sous-vosgienne (d'après *les cartes de végétation : feuilles de Metz, Nancy et Strasbourg*).

Pour la zone d'étude, l'isotherme de Janvier est inférieure à 1°C et celle de Juillet comprise entre 17 et 18°C.

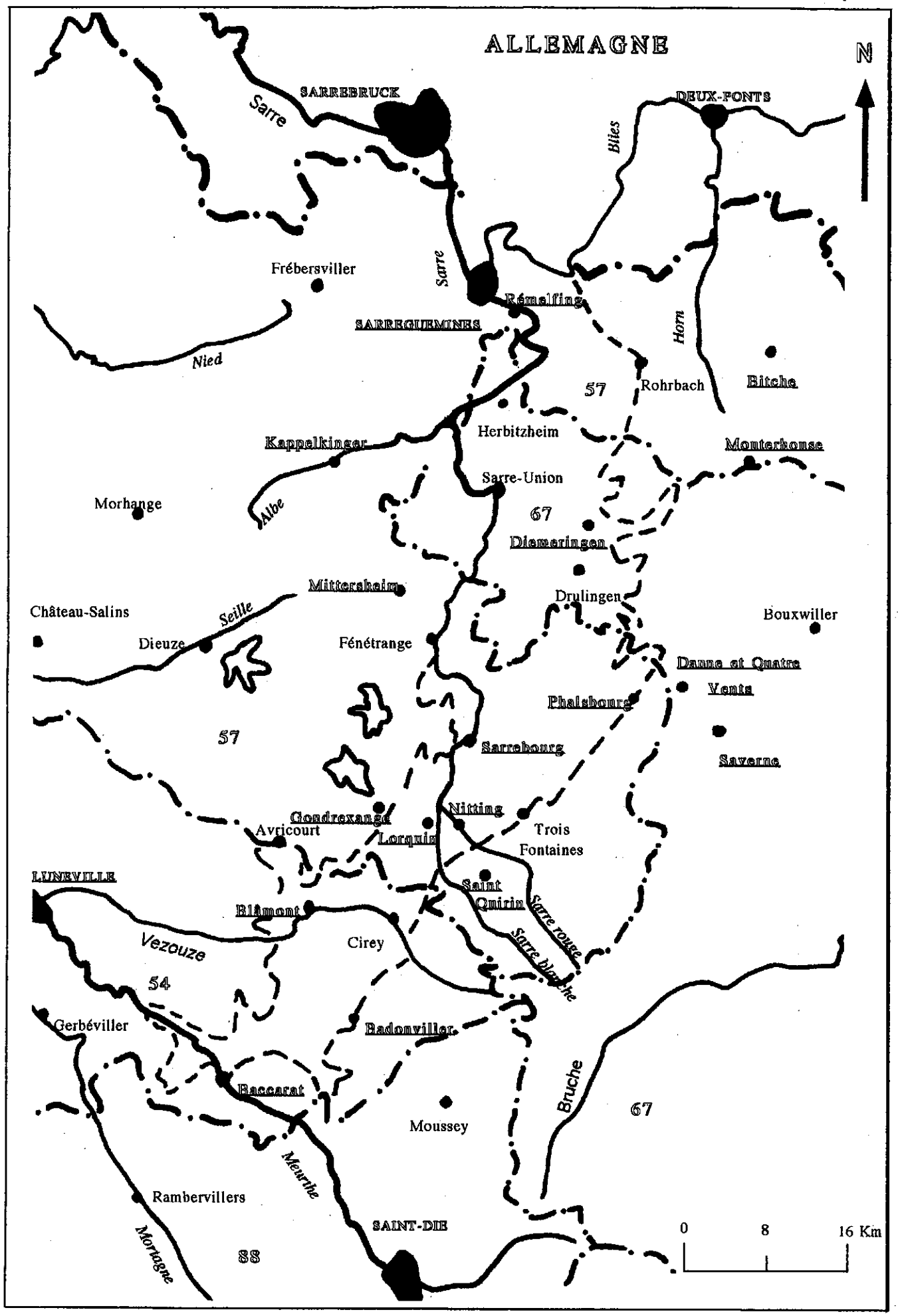
STATIONS	ALTITUDE EN M	MOYENNE ANNUELLE	MOYENNE ANN. MINIMUM	MOYENNE ANN. MAXIMUM
Sarreguemines (57)	206	9,6	-	-
Kappelkinger (57)	220	9,4	4,8	13,9
Gondrexange (57)	275	8,9	-	-
Badonviller (54)	310	8,7	-	-
Saverne (67)	210	9,7	4,9	14,6
Phalsbourg (57)	320	8,9	5,5	12,4
Danne et Quatre Vents (67)	355	9,1	5,7	12.5
Mouterhouse (57)	240	8,5	3,1	8,4
Bitche (57)	335	9,0	-	-

Tableau I : Caractéristiques des températures moyennes annuelles, moyennes annuelles minimales et maximales pour différentes stations de la Plaine sous-vosgienne.

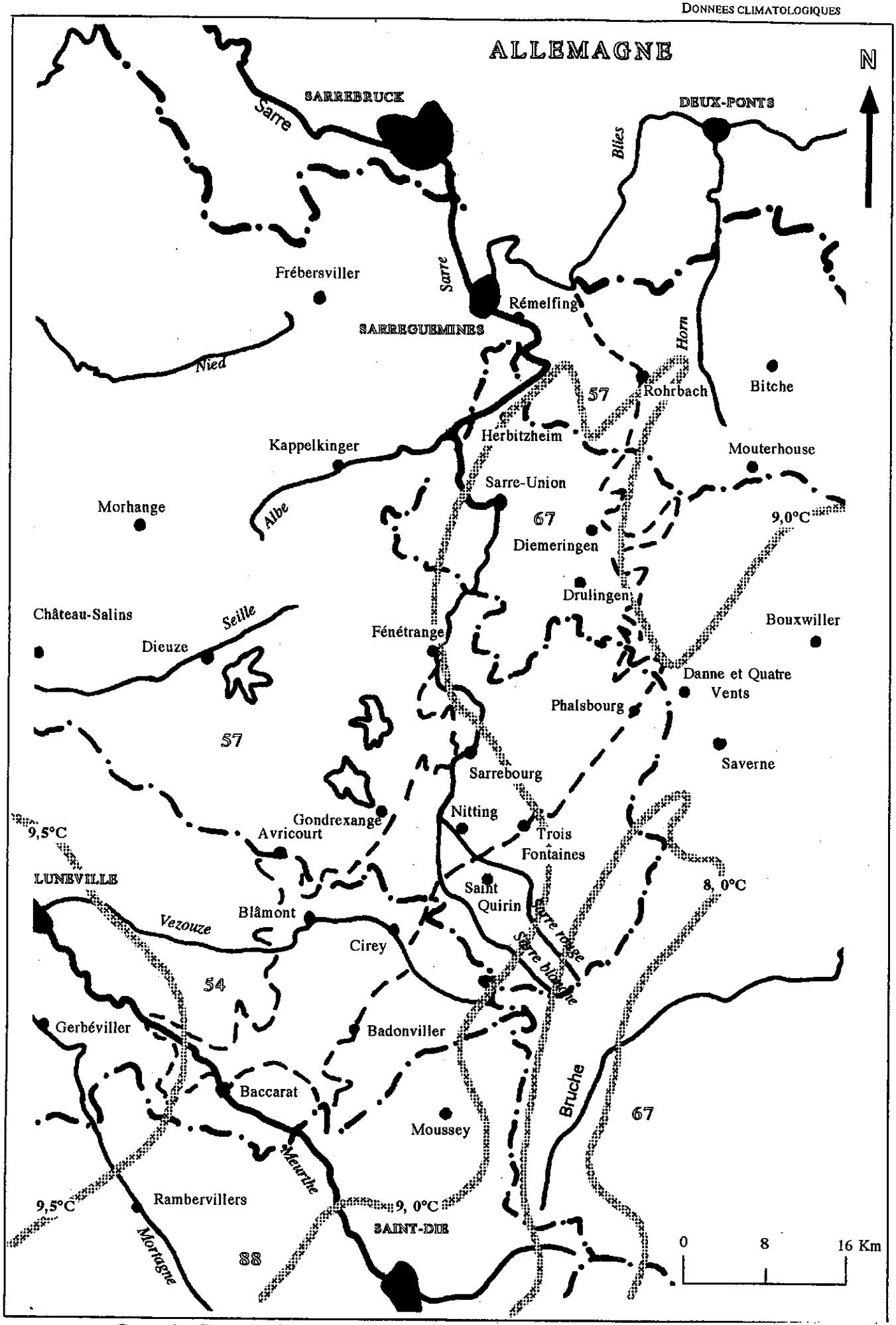


1 : Rebord oriental du Grès vosgien. - 2 : Côte du Muschelkalk ou de Lorraine. - 3 : Côte infraliasique. - 4 : Côte du Dogger ou de Moselle. - 5 : Côte de l'Oxfordien ou de Meuse. - 6 : Côte du Kimméridgien ou des Bars. - 7 : Côte de la Gaize ou de l'Argonne. - 8 : Côte du Coniacio-Turonien ou de Champagne. - 9 : Côte du Tertiaire inférieur ou de l'Ile-de-France.

Carte 2 : Morphologie, réseau hydrographique et régions naturelles de la Lorraine-Champagne (in "Guides géologiques régionaux. Lorraine, Champagne." Masson 1979)



Carte 3 : Localisation des postes météorologiques (lettres creuses et soulignées)



Carte 4 : Carte des isothermes, encadrant et couvrant la Plaine sous-vosgienne

Les mois froids dont les températures moyennes mensuelles sont inférieures à 7°C, sont au nombre de cinq (de Novembre à Mars), signe d'un climat relativement rigoureux et d'hivers longs empiétant sur les intersaisons printanières et automnales.

L'écart thermique entre le mois le plus froid (Janvier) et le mois le plus chaud (Juillet) montre une amplitude supérieure à 17°C confirmant la tendance continentale du climat.

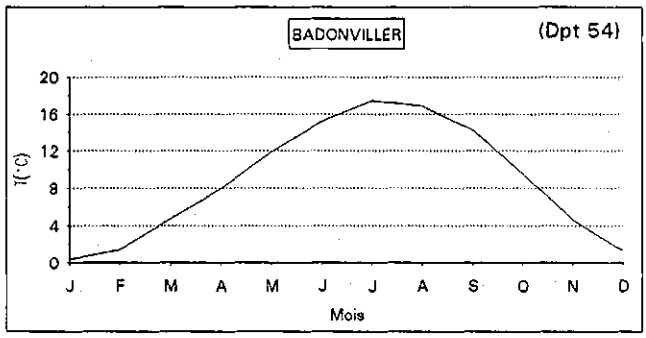
La **figure 1** (pages 12 et 13) propose pour quelques postes météorologiques de la région des diagrammes thermiques, visualisant les températures moyennes mensuelles et leur évolution dans le temps.

2. Gelées.

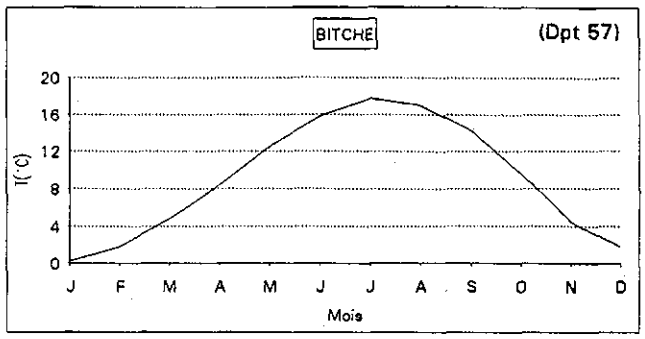
Les gelées printanières susceptibles d'occasionner des dégâts sont fréquentes en Avril et plus exceptionnelles en Mai. Le nombre moyen annuel de jours sans dégel est proche de 20, il concerne seulement les mois d'hiver (Novembre à Mars).

		Nombre moyen de jours de gel par mois												
STATIONS	Alt	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
Phalsbourg (57)	382	20,0	17,0	11,0	5,0	<0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	10,0	18,0	83,0
Kappelkinger (57)	220	18,2	18,7	13,1	6,2	1,3	0,0	0,0	0,0	0,1	2,8	10,5	16,3	87,2
Danne et 4 Vents (67)	355	18,9	18,6	9,4	4,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	9,0	16,6	78,2
Saverne (67)	210	20,0	20,0	12,0	6,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	12,0	16,0	93,0
Mouterhouse (57)	240	21,2	22,6	17,8	13,2	3,1	0,2	0,0	0,1	1,6	4,9	13,6	18,7	117,0

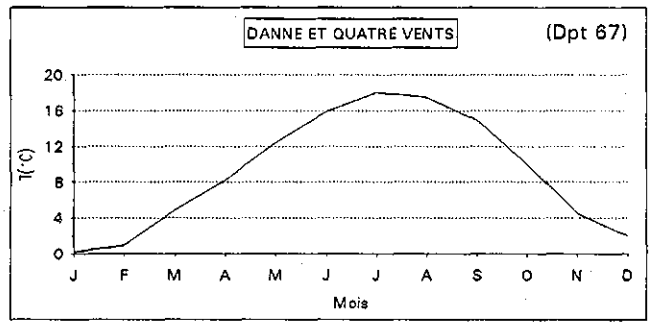
Tableau II : Nombre moyen de jours de gel pour quelques stations de la Plaine sous-vosgienne.



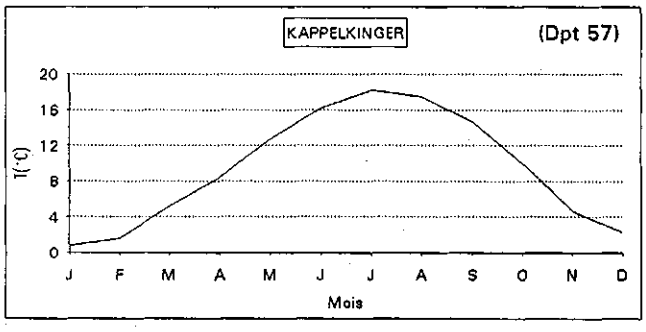
Altitude : 310m Température moyenne annuelle : 8.8°C



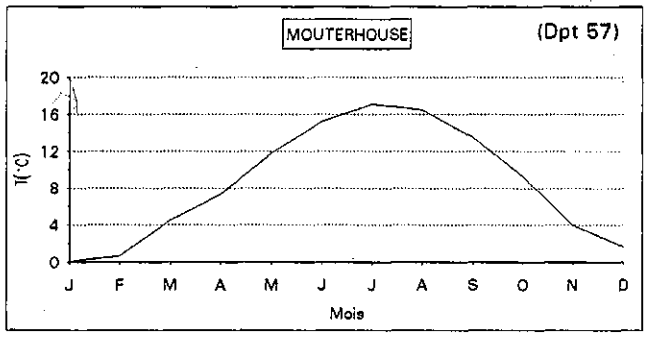
Altitude : 300m Température moyenne annuelle : 9.0°C



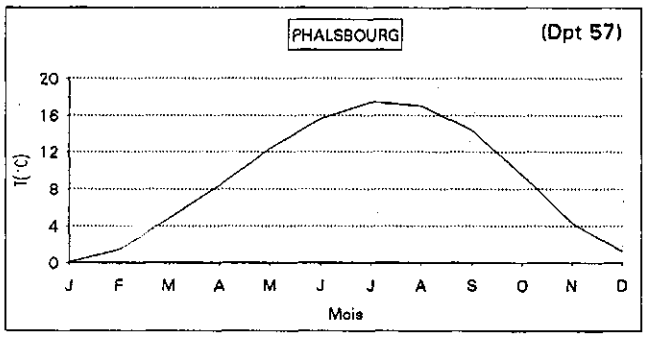
Altitude : 355m Température moyenne annuelle : 9.1°C



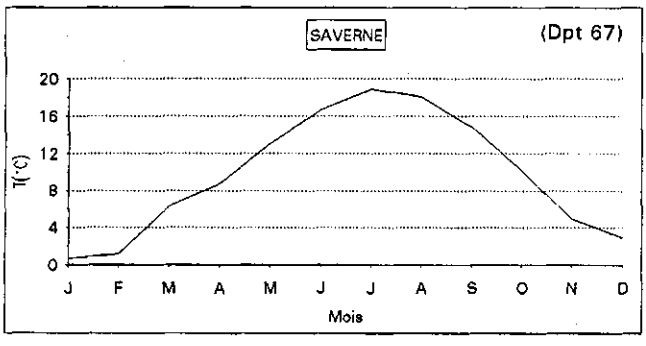
Altitude : 220m Température moyenne annuelle : 9.4°C



Altitude : 240m Température moyenne annuelle : 8.5°C



Altitude : 382m Température moyenne annuelle : 8.9°C



Altitude : 210m Température moyenne annuelle : 9.7°C

Figure 1 : Diagrammes thermiques

3. Précipitations.

Les précipitations moyennes annuelles sont comprises entre 800 et 1 100 mm. Tout comme les températures, elles augmentent du Nord au Sud et d'Ouest en Est. Cette distribution s'explique par la présence des collines sous-vosgiennes faisant obstacle à la circulation des masses d'air, qui se délestent de leur eau en franchissant les reliefs.

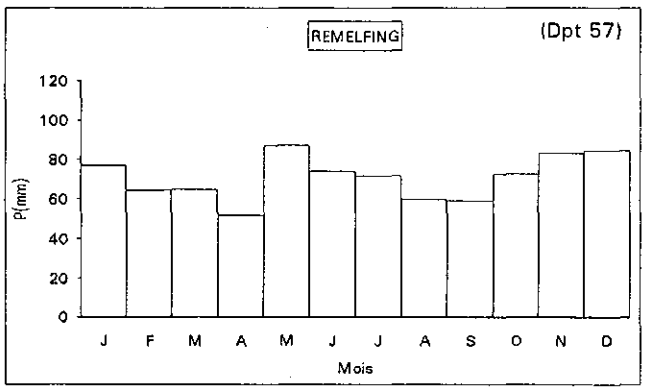
Les diagrammes ombriques et ombrothermiques montrent une distribution des pluies avec deux minima en Mars-Avril et en Octobre encadrant un maximum en Juillet ou Juin-Juillet (orages).

Les **figures 2.1** et **2.2** proposent des diagrammes ombriques visualisant l'importance des précipitations moyennes annuelles et leur répartition.

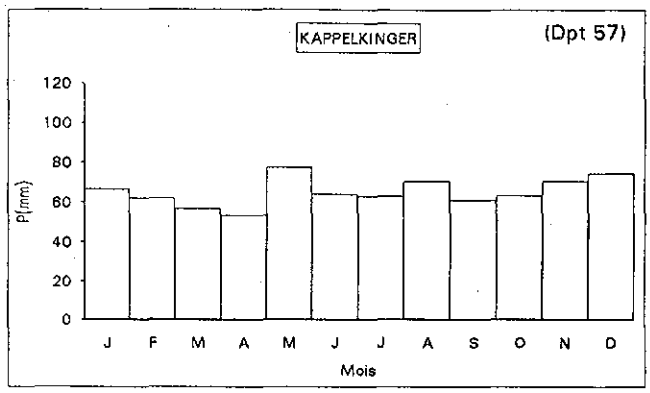
Le **tableau III** récapitule les précipitations moyennes annuelles et la fréquence des jours de précipitations supérieures ou égales à 0,1 mm et 10 mm.

STATIONS	Altitude en mètres	Précipitations moyennes annuelles en mm	Nombre de jour avec	
			P > 0,1 mm	P > 10 mm
Rémelfing (57)	210	852	183	24
Kappelkinger (57)	220	782	161	22
Mittersheim (57)	230	835	176	24
Gondrexange (57)	275	845	166	25
Sarrebourg (57)	254	881	176	26
Nitting (57)	275	929	177	28
Lorquin (57)	292	1185	-	-
Blâmont (54)	263	811	-	-
Lunéville (54)	225	792	-	-
Baccarat (54)	267	867	-	-
Badonville (54)r	310	1027	-	-
Saint-Quirin (54)	308	1112	177	35
Phalsbourg (57)	382	805	186	22
Danne et Quatre Vents (67)	355	806	-	-
Diemeringen (67)	230	815	-	-
Mouterhouse (57)	240	963	202	30

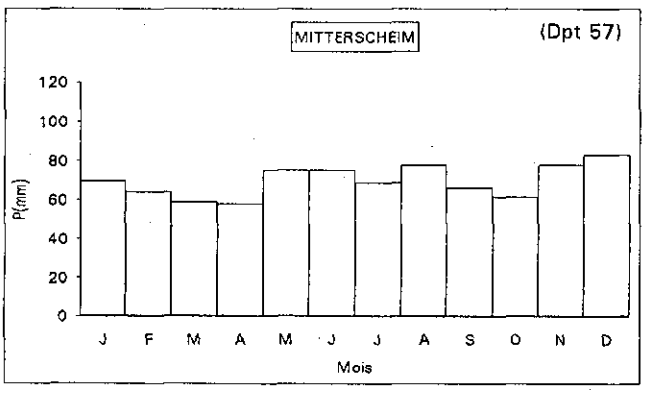
Tableau III : Précipitations moyennes annuelles



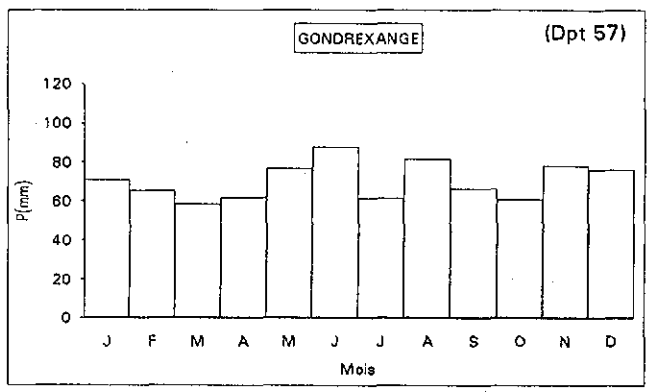
Altitude : 210m Précipitations moyennes annuelles : 852mm
(moyenne sur 16 ans)



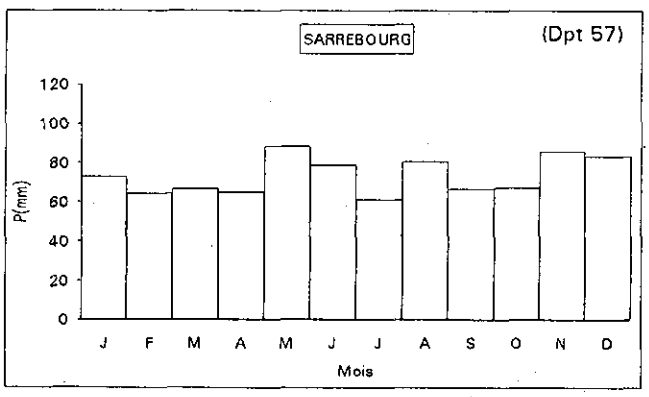
Altitude : 220m Précipitations moyennes annuelles : 782mm
(moyenne sur 19 ans)



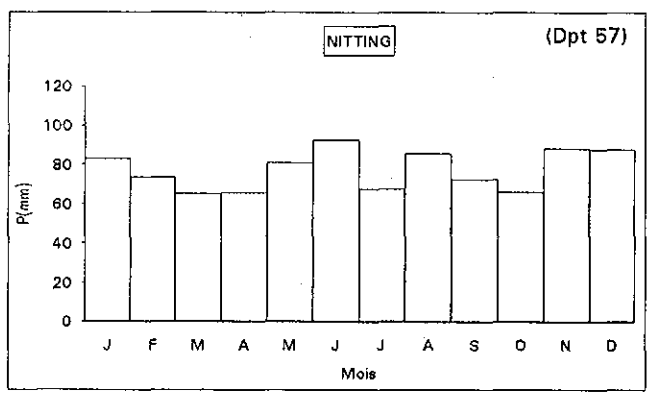
Altitude : 230m Précipitations moyennes annuelles : 835mm
(moyenne sur 37 ans)



Altitude : 275m Précipitations moyennes annuelles : 845mm
(moyenne sur 37 ans)

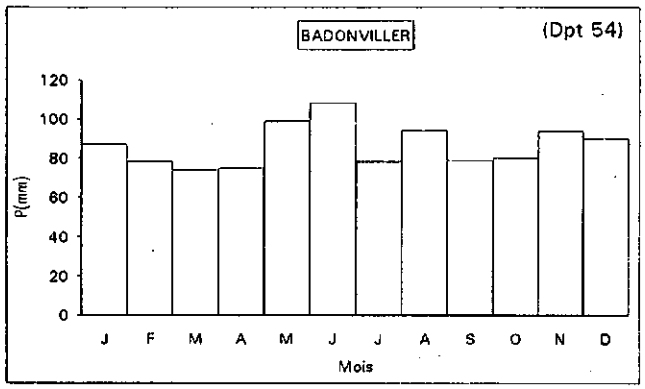


Altitude : 254m Précipitations moyennes annuelles : 881mm
(moyenne sur 24 ans)

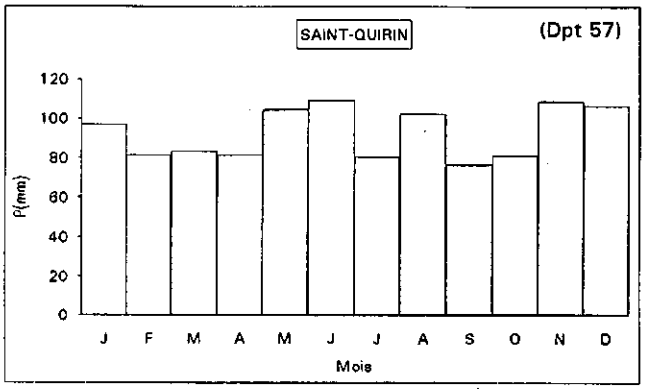


Altitude : 275m Précipitations moyennes annuelles : 929mm
(moyenne sur 37 ans)

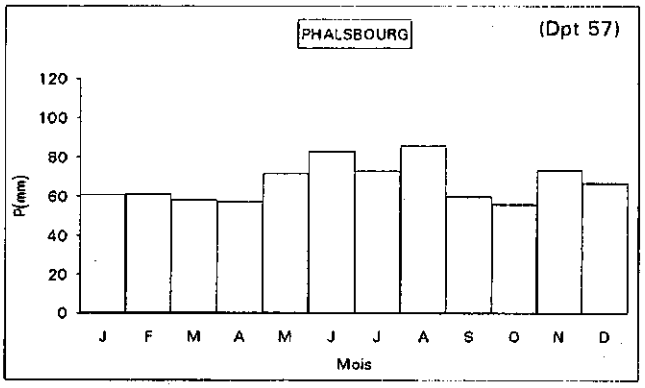
Figure 2.1 : Diagrammes ombriques



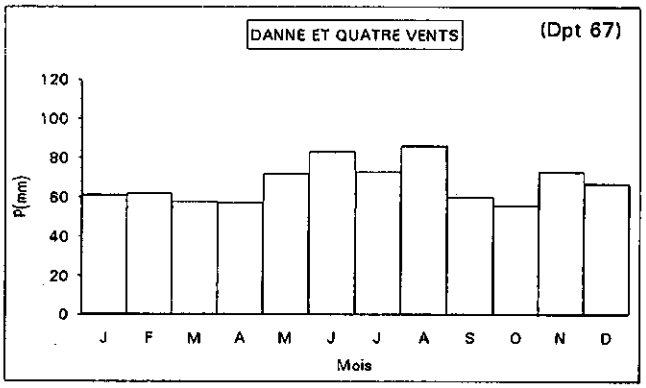
Altitude : 310m Précipitations moyennes annuelles : 1027mm
(moyenne sur 39 ans)



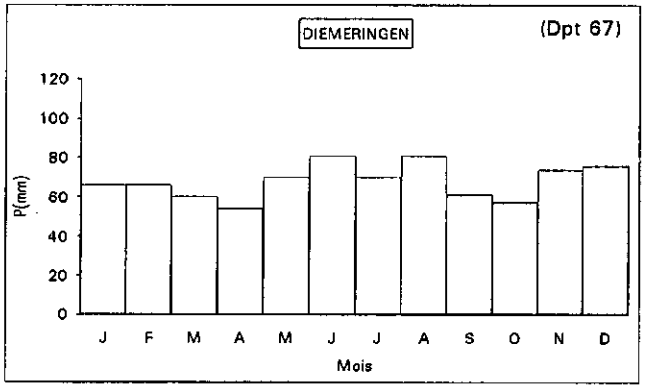
Altitude : 308m Précipitations moyennes annuelles : 1112mm
(moyenne sur 27 ans)



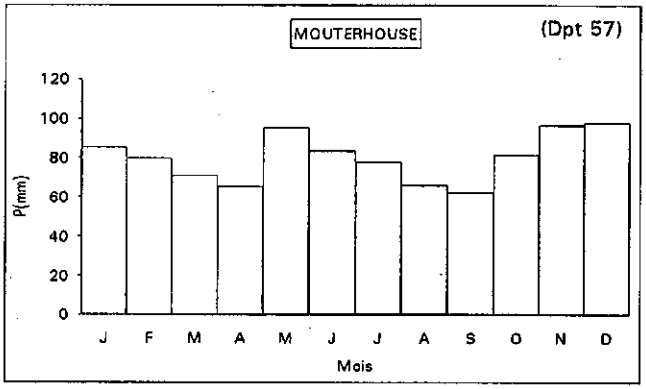
Altitude : 382m Précipitations moyennes annuelles : 805mm
(moyenne sur 30 ans)



Altitude : 355m Précipitations moyennes annuelles : 806mm
(moyenne sur 30 ans)



Altitude : 230m Précipitations moyennes annuelles : 815mm
(moyenne sur 30 ans)



Altitude : 240m Précipitations moyennes annuelles : 963mm
(moyenne sur 16 ans)

Figure 2.2 : Diagrammes ombriques

Avec des précipitations moyennes annuelles comprises entre 920 mm et 1 100 mm, les postes de Badonviller, Nitting, Saint-Quirin et Mouterhouse se différencient bien du reste de la zone étudiée. Les deux derniers appartiennent au système climatique des Vosges cristallines, ensemble auquel tendent à s'apparenter aussi les stations de Badonviller et Nitting en raison de la proximité des Vosges.

A Phalsbourg, on dénombre annuellement (en moyenne) :

- 62 jours de brouillard dont 52 entre Septembre et Mars,
- 25 d'orage dont 21 pour la période de Mai à Août,
- 11 de grêle et grésil à répartis uniformément sur toute l'année,
- 37 de précipitation neigeuse dont 35 avec couverture neigeuse pour la période de Novembre à Avril.

La **carte 5** (p. suivante) représente les isohyètes moyennes annuelles encadrant et couvrant la Plaine sous-vosgienne (d'après *les cartes de végétation, feuilles de Nancy, Metz et Strasbourg*).

4. Vents.

Les vents dominants intéressant la Plaine sous-vosgienne sont de flux Sud-Ouest 10 mois sur 12 à Phalsbourg et apportent avec eux les précipitations. Ils expliquent la bonne répartition des pluies tout au long de l'année. Les mois de Mars et Octobre les plus secs, sont soumis à des vents d'Est assurant à ces périodes un régime anticyclonique repoussant à l'Ouest les dépressions.

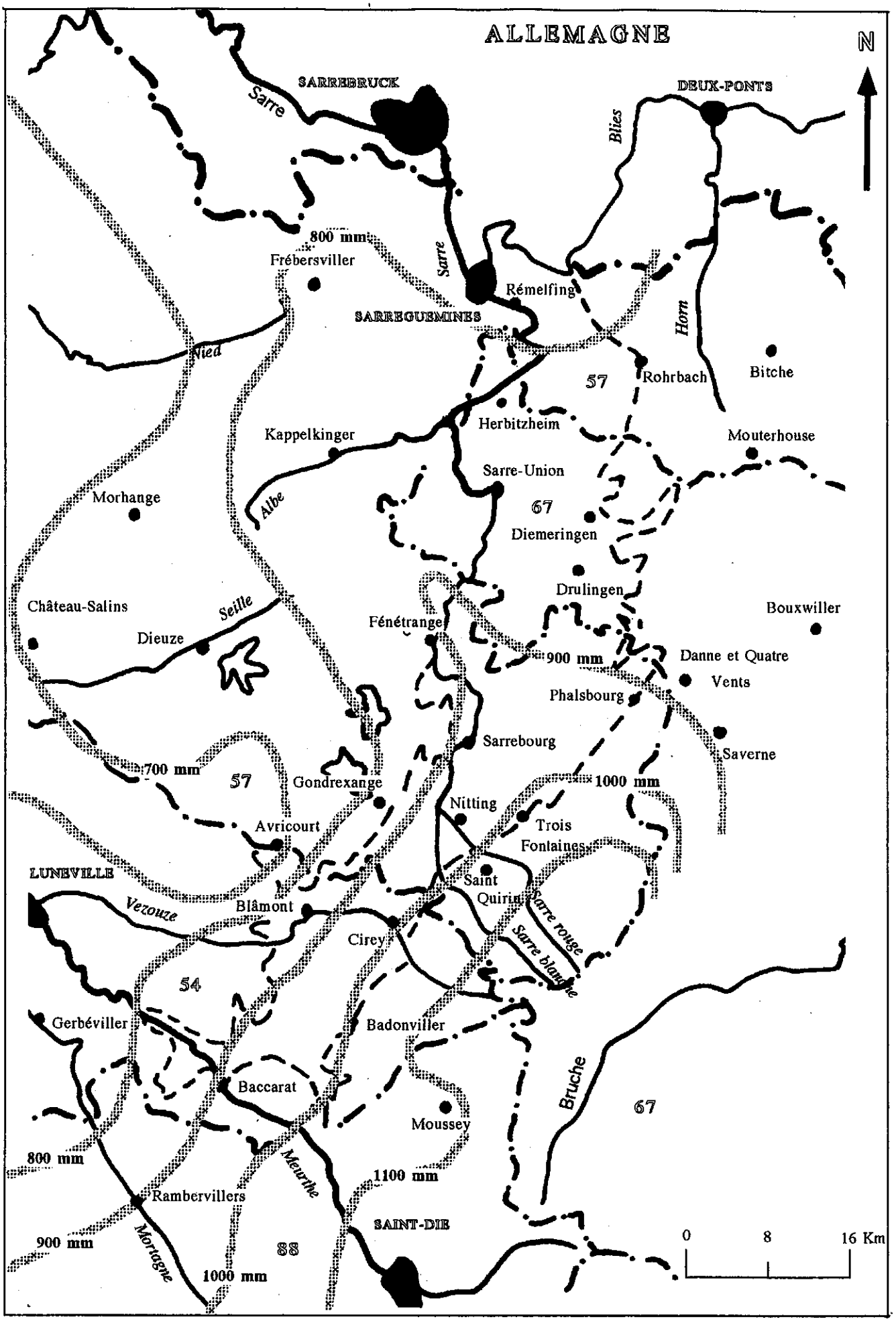
Les vents s'accompagnant de précipitations neigeuses et orageuses peuvent être violents et occasionner des dégâts importants (chablis) ayant des répercussions écologiques et économiques à moyen-long terme sur les forêts.

Les roses des vents concernant les postes de Metz et Phalsbourg constituent la **figure 3** (page.18). La représentation choisie, intègre la direction des vents, leur fréquence et leur intensité.

5. Insolation.

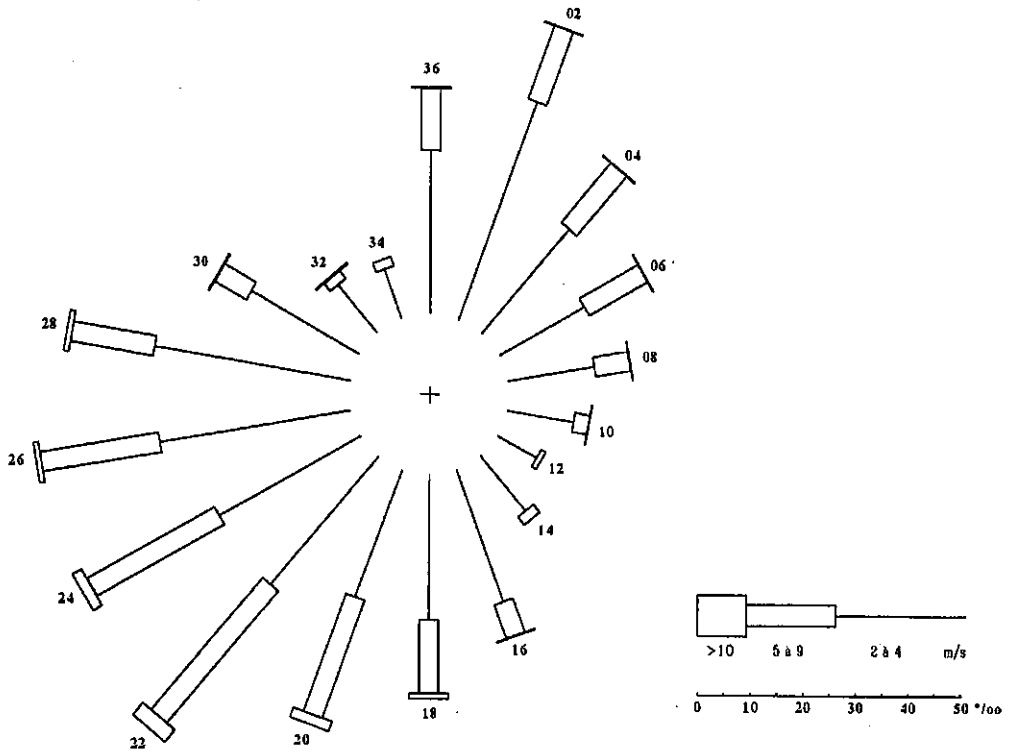
La durée d'insolation moyenne annuelle est relativement faible avec un cumul annuel inférieur à 1700 heures.

Avec plus de 200 heures mensuelles d'ensoleillement la période estivale (Mai à Septembre) contraste nettement avec les intersaisons printanière et automnale (ensoleillement mensuel compris entre 110 et 160 h) et se démarque évidemment de l'hiver pour lequel l'insolation mensuelle est nettement inférieure à 80 heures.



Carte 5 : Carte des isohyètes encadrant et couvrant la Plaine sous-vosgienne

ROSE DES VENTS A METZ (57)



ROSE DES VENTS A PHALSBOURG (57)

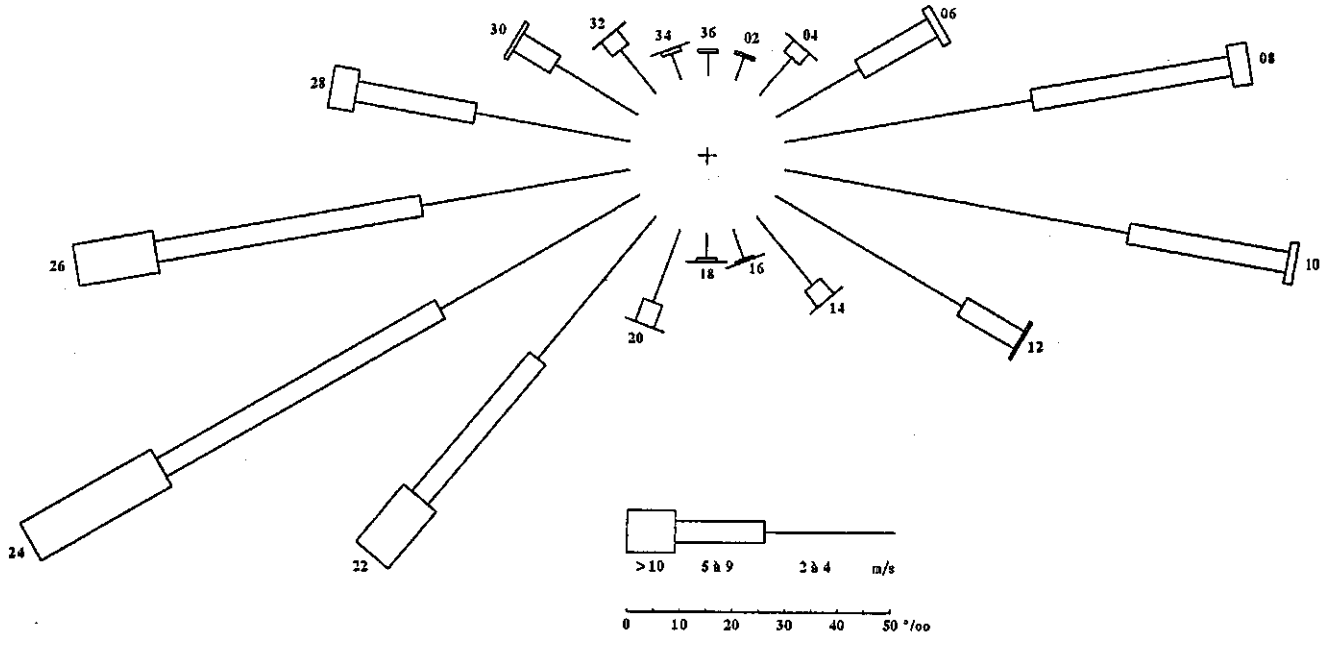
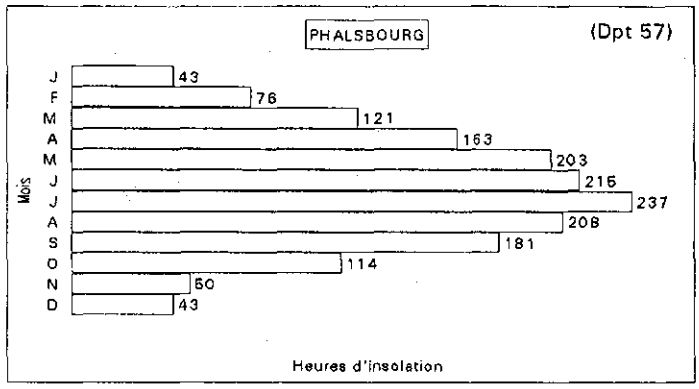


Figure 3 : Rose des vents pour les stations de Phalsbourg et Metz

Le **tableau IV** et la **figure 4** (diagrammes d'insolation) récapitulent ces données pour les postes de Phalsbourg, Metz et Nancy (période 1951 - 1980).

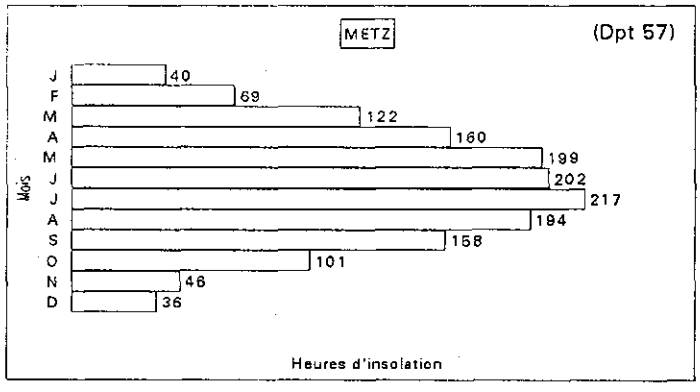
STATIONS	Moyenne des durées d'insolation en heure												Durée moyenne annuelle en heure
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Phalsbourg (57)	43	76	121	163	203	215	237	208	181	114	50	43	1662
Metz (57)	40	69	122	160	199	202	217	194	158	101	46	36	1549
Nancy (54)	46	78	126	165	204	211	236	210	165	110	56	43	1648

Tableau IV : Durée de l'insolation pour trois postes météorologiques de la région Lorraine.



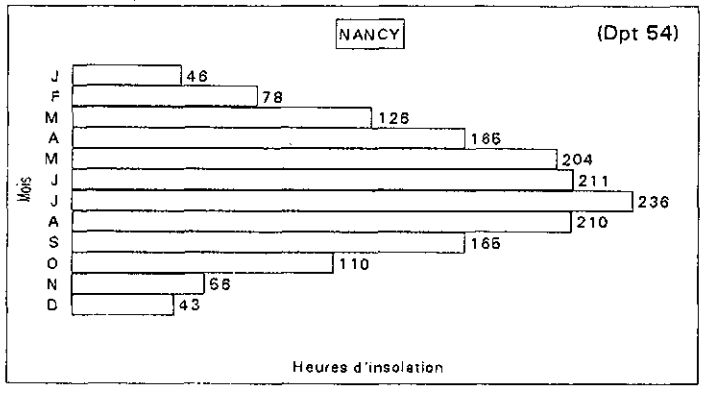
Altitude : 382m

Durée moyenne annuelle d'insolation : 1662 heures



Altitude : 190m

Durée moyenne annuelle d'insolation : 1549 heures



Altitude : 212m

Durée moyenne annuelle d'insolation : 1648 heures

Figure 4 : Diagrammes d'insolation

6. Relations températures - précipitations.

Les diagrammes ombrothermiques (figure 5) réalisés à partir des postes thermopluviométriques, permettent de visualiser l'amplitude des variations climatiques. Cette représentation graphique, superposant les températures moyennes mensuelles et les précipitations moyennes mensuelles, utilise une échelle des précipitations égale au double de celle des températures (P = 2 T). Plus la courbe des températures est proche du sommet des histogrammes, plus les risques potentiels de sécheresse sont élevés.

Pour la région de la Plaine sous-vosgienne, il n'existe pas à proprement parler de périodes de sécheresse régulières telles qu'on les rencontre en climat aride. Cependant, ponctuellement, l'eau peut être un facteur limitant susceptible d'influencer la distribution des espèces tant par son excès que par son déficit.

Le bilan de l'eau peut être approché de deux façons :

- détermination empirique de l'aridité à l'aide d'un indice,
- calcul du déficit hydrique à partir de l'E.T.P.

6.1. Indice d'aridité de De Martone (1923).

Cet indice annuel propose de comparer l'aridité des différentes stations météorologiques disposant de données thermo-pluviométriques quelles que soient leur localisation.

$$A = \frac{P}{T + 10}$$

où P = précipitations moyennes annuelles en mm
T = températures moyennes annuelles en °C [(tn + tx)/2]

Plus l'indice est faible, plus le climat est aride. L'interprétation de celui-ci est la suivante :

$0 < A < 5$ climat aride

$5 < A < 20$ climat semi-aride

$20 < A < 30$ climat semi humide

$30 < A < 55$ climat humide

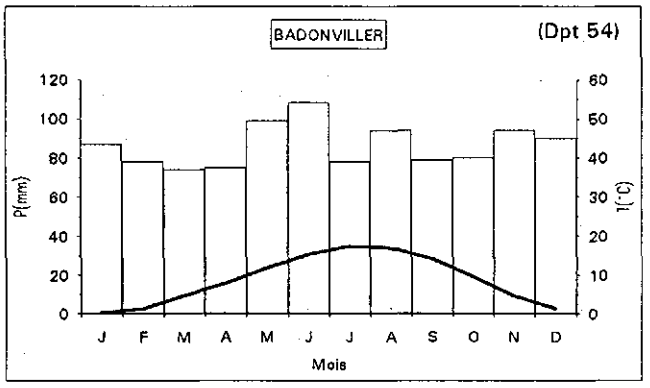
On admet habituellement qu'un indice inférieur à 50 est défavorable au développement de la Hêtraie-Sapinière.

Les élèves de De Martone ont proposé un indice mensuel d'aridité :

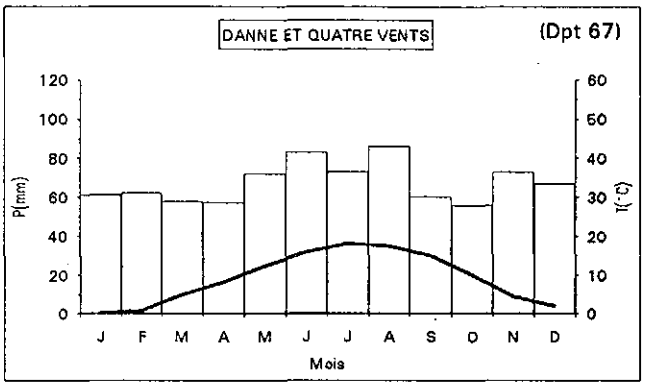
$$a = \frac{12*p}{t+10}$$

où p = précipitation moyenne du mois
t = température moyenne du mois
12 = facteur de correction permettant de comparer **a** à **A**

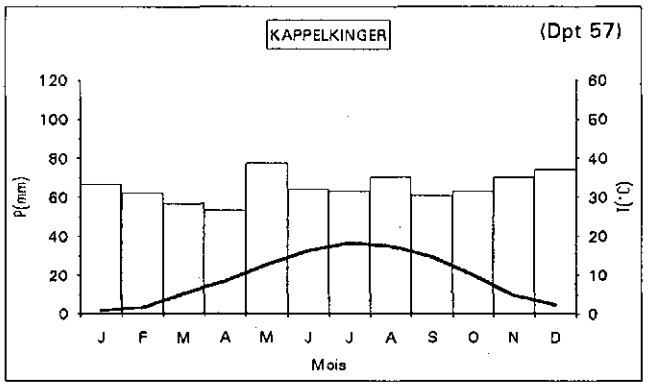
Le **tableau V** rend compte des indices d'aridité annuel et mensuel de Juillet pour différents postes météorologiques.



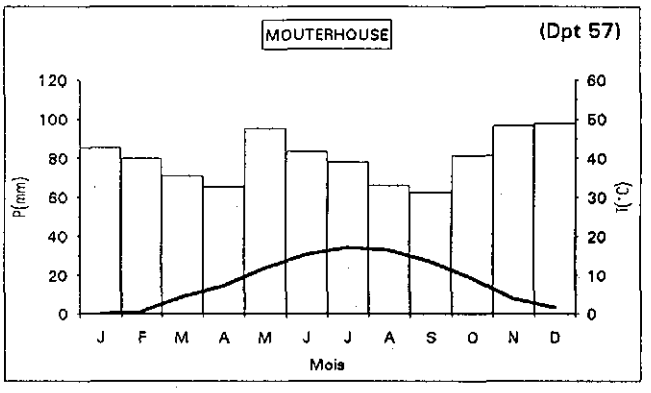
Altitude : 310m Précipitations moyennes annuelles : 1027mm
Température moyenne annuelle : 8.7°C



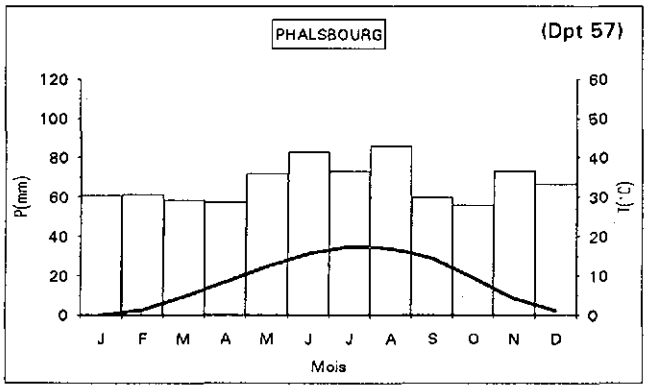
Altitude : 355m Précipitations moyennes annuelles : 806mm
Température moyenne annuelle : 9.1°C



Altitude : 220m Précipitations moyennes annuelles : 782mm
Température moyenne annuelle : 9.4°C



Altitude : 240m Précipitations moyennes annuelles : 963mm
Température moyenne annuelle : 8.5°C



Altitude : 382m Précipitations moyennes annuelles : 805mm
Température moyenne annuelle : 8.9°C

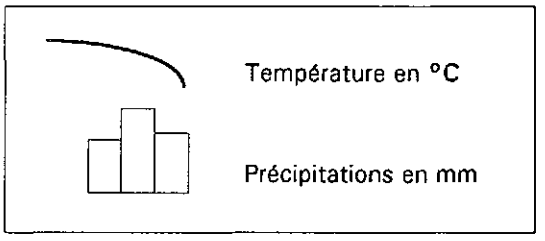


Figure 5 : Diagrammes ombrothermiques (P=2T)

		Indice d'aridité annuel				Indice d'aridité mensuel			
POSTES	Alt. en m	P (mm)	T (°C)	A	Type de climat	p (mm)	T (°C)	a	Type de climat
Kappelkinger (57)	220	782	9,4	40,3	humide	63,1	18,2	26,8	semi humide
Badonviller (57)	310	1037	8,7	55,1	humide	78,0	17,4	34,2	humide
Phalsbourg (57)	382	805	9,1	42,6	humide	73	18,1	32	humide
Danne et 4 Vents (67)	355	806	8,5	42,2	humide	73	17,1	31,2	humide
Mouterhouse (57)	240	963	8,7	52,0	humide	77,9	17,4	34,5	humide

Tableau V : Indices d'aridité annuel et mensuel de De Martone.

6.2. Bilan hydrique.

Le bilan hydrique théorique est obtenu en effectuant la différence entre les précipitations moyennes mensuelles et l'évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle (ETP). Cette vision du déficit hydrique est pessimiste puisqu'elle admet que la demande climatique par évaporation du sol et transpiration de la plante est toujours satisfaite. Au contraire, l'évapotranspiration réelle (ETR), plus faible que l'ETP rend compte de la capacité du sol et de la plante à répondre à cette demande climatique; l'évaporation et/ou la transpiration pouvant être des facteurs limitants (absence de remontée capillaire, fermeture des stomates...).

Le **tableau VI** récapitule les valeurs de l'ETP pour différents postes météorologiques.

		ETP moyenne mensuelle en mm												
STATIONS	Alt	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Kappelkinger (57)	220	6,4	14,3	38,1	70,4	97,6	114,8	127,0	105,0	63,7	28,4	8,5	3,1	677,3
Badonviller (57)	310	10,5	18,2	40,2	66,9	96,1	113,1	123,1	101,6	65,0	43,0	12,7	7,7	698,1
Danne et 4 Vents (67)	355	5,4	11,6	33,6	64,3	90,5	107,9	119,6	97,6	57,3	23,2	5,8	2,8	619,6
Mouterhouse (57)	240	9,2	17,0	41,3	71,8	108,3	113,7	125,4	104,5	64,7	31,4	11,8	6,2	705,3

Tableau VI : ETP moyenne mensuelle en mm

Le **tableau VII** (p.24) récapitule les valeurs de précipitations moyennes mensuelles utilisables pour la réalisation du bilan hydrique.

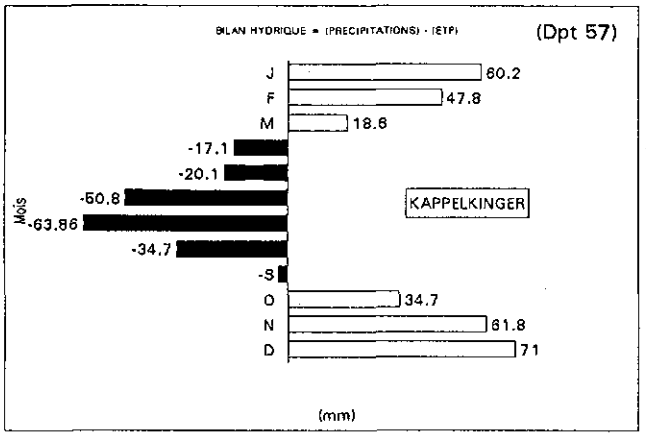
		Précipitations moyennes mensuelles en mm												
STATIONS	Alt	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Kappelkinger (57)	220	67,9	60,9	52,4	49,2	79,3	60,0	62,4	63,3	57,4	47,1	71,5	68,9	782
Badonviller (57)	310	87,0	78,0	74,0	75,0	99,0	108,0	78,0	94,0	70,0	80,0	94,0	90,0	1027
Danne et 4 Vents (54)	355	61,0	62,0	58,0	57,0	72,0	83,0	73,0	86,0	60,0	56,0	80,0	80,0	806
Mouterhouse (57)	240	85,5	79,7	71,1	65,4	95,2	83,6	77,9	65,9	62,4	81,5	96,7	97,9	963

Tableau VII : Précipitations moyennes mensuelles en mm

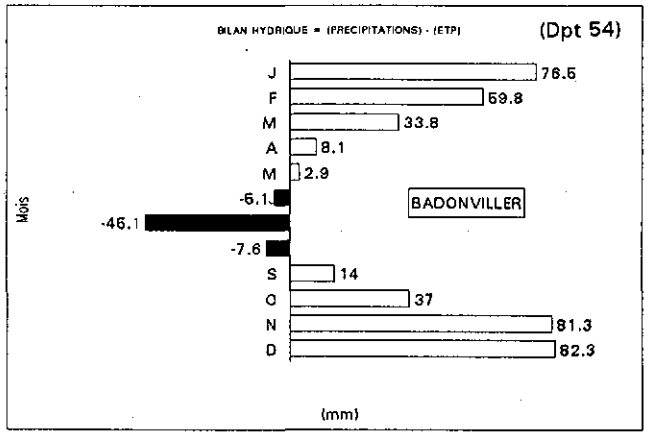
Pour ces quatre postes météorologiques, le Bilan (P-ETP), calculé à partir des tableaux précédents, est visualisé sur les graphiques de la **figure 6** (p.25). En ce qui concerne le déficit hydrique théorique calculé, on peut formuler trois constats :

- les stations de Kappelkinger et de Mouterhouse présentent respectivement un déficit estival cumulé de 186,5 mm et 138,5 mm couvrant la période d'Avril à Septembre pour un bilan annuel respectif de + 105 mm et + 258 mm;
- le poste de Danne et Quatre Vents accuse un déficit théorique de 109 mm sur la période d'Avril à Août pour un bilan global annuel de + 186 mm;
- la station de Badonviller présente un léger déficit de 58 mm, pour la période de Juin à Août, le bilan général annuel étant très largement positif avec un excédent de 329 mm.

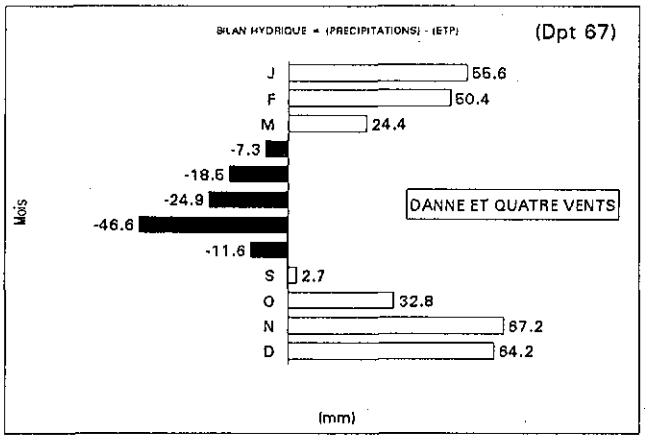
En conclusion d'après les données dont nous disposons, il semble que le gradient N-S et W-E, mis en évidence précédemment soit confirmé. Ainsi le déficit hydrique estival sera d'autant plus important que les stations considérées sont au Nord (Mouterhouse) et à l'Ouest (Kappelkinger) de la Plaine sous-vosgienne, à l'inverse il diminuera quand on se déplacera au Sud (Badonviller) et à l'Est (Danne et Quatre Vents) de la région d'étude.



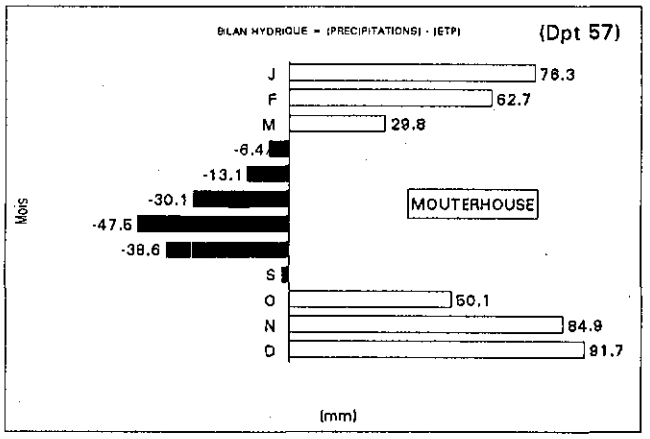
Altitude : 220m Précipitations moyennes annuelles : 782mm
Bilan estival : -186mm Bilan annuel : +105mm



Altitude : 310m Précipitations moyennes annuelles : 1027mm
Bilan estival : -58mm Bilan annuel : +329mm



Altitude : 355m Précipitations moyennes annuelles : 806mm
Bilan estival : -109mm Bilan annuel : +186mm



Altitude : 240m Précipitations moyennes annuelles : 963mm
Bilan estival : -138mm Bilan annuel : +258mm

Figure 6 : Diagrammes de bilan hydrique

C. GEOLOGIE - GEOMORPHOLOGIE.

1. Mise en place des formations géologiques.

Ce sont les auréoles sédimentaires du Trias qui constituent les assises géologiques de la Plaine sous-vosgienne. Ces formations par leur composition chimique, leur dureté et leur mode d'altération conditionnent de grands ensembles structuraux et écologiques qui se succèdent parallèlement d'Est en Ouest (In *J. Timbal, Carte de la végétation de la France au 1/200.000ème*).

Au Primaire, à l'orogénèse hercynienne et aux phénomènes tectoniques qui lui sont associés, succède une phase érosive au Permien, rabotant le relief initial et mettant en place des dépôts d'origine détritique (pénéplanation).
L'accumulation de dépôts plus ou moins argileux se poursuit au Trias inférieur. Ceux-ci constituent la série des grès vosgiens (Buntsandstein), dont le toit des grès à Volzia (grès à meule) représente la limite stratigraphique inférieure de la zone étudiée. Cette période est marquée par une forte subsidence ouvrant la cuvette Lorraine au Bassin Germanique. Le Trias moyen et supérieur est caractérisé par une série de transgressions et régressions marines de la mer germanique auxquelles correspondent de puissantes couches marneuses, calcaires et dolomitiques du Muschelkalk et de la Lettenkhole. Le toit de cette dernière série forme la limite stratigraphique supérieure de l'aire d'étude.
Avec les phénomènes marins alternent des épisodes lagunaires qui, sous climat chaud, ont engendré des poches d'évaporites dont les plus importantes sont actuellement exploitées (marnes du Keuper).

La fin du Secondaire est marquée, au Jurassique, par une suite de transgressions-régressions de la mer épicontinentale "anglaise" et par la mise en place de dépôts de marnes et de calcaires. Une légère reprise de la tectonique s'amorce, coïncidant avec un début d'effondrement du fossé rhénan plus à l'Est.

Au Tertiaire, les dépôts sédimentaires calcaires se poursuivent bien que plus faibles. La tectonique rhénane s'accentue et atteint son paroxysme avec la mise en place définitive du fossé rhénan.

Les glaciations du Quaternaire sont à l'origine du modelé et du réseau hydrographique actuel. Les couches tendres marneuses sont fortement érodées, alors que les couches dures calcaires plus résistantes sont à l'origine des cuestas (**figure 7** : coupe géologique Est/Ouest de la Lorraine et morphologie in Guides Géologique Régionaux; Lorraine-Alsace).
L'intense activité des cours d'eau, aux vallées plus profondes et entaillées qu'aujourd'hui, a occassionné le charriage des formations superficielles alluviales et colluviales. Les apports éoliens, assez importants, concernent préférentiellement les pentes exposées à l'Ouest (vent dominant). L'altération en place des plateaux a également conduit à la formation d'argiles pouvant être épaisses et sur lesquelles se sont fréquemment déposés des apports limoneux allochtones.

Le **tableau VIII** (p.26) Histoire géologique de la Lorraine *d'après la notice de la carte géologique 1/50.000 feuille de Bouxwiller* illustre ces épisodes.

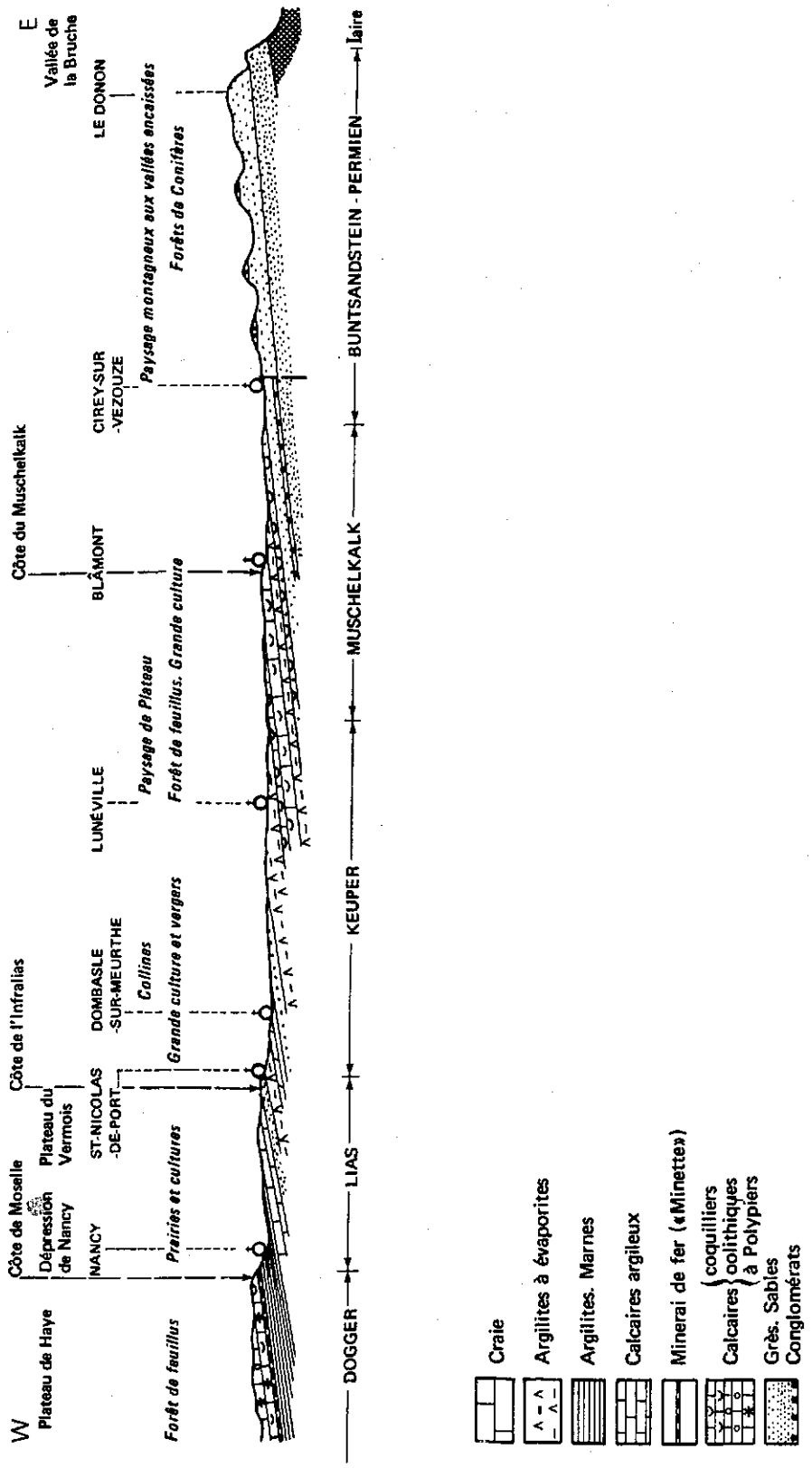


Figure 7 : Coupe géologique et morphologique Est/Ouest de la Lorraine

CHRONOLOGIE (les chiffres indiquent les âges en millions d'années)			ÉVÉNEMENT INTÉRESSANT LA RÉGION	PALÉOGÉOGRAPHIE	CLIMAT	DÉPÔTS
QUATERNAIRE	0,01 — Holocène		Glaciations dans les Vosges	Paléogéographie actuelle Vallées plus profondes que les vallées actuelles	Tempéré Froid sec intense Froid humide Tempéré	Colluvions et alluvions fines Formations périglaciaires de versant Alluvions grossières de fond de vallées
	Pléistocène récent	Würm 0,1 — Riss	Glaciations dans les Vosges	Mise en place du réseau hydrographique actuel	Très froid	Alluvions grossières
		0,3 — Mindel	Glaciations probables dans les Vosges	Entailles successives du réseau hydrographique	Alternance de périodes froides et tempérées	Alluvions des hauts niveaux Sables et galets
	Pléistocène ancien		Refroidissement important Altérations importantes		Refroidissement Tempéré chaud et très humide	Sables
TERTIAIRE	3 — Pliocène				Climat chaud à saisons alternées	Absence de dépôts
	Miocène		Pose dans le mouvement d'enfoncement du Fossé rhénan méridional			
	Oligocène		Jeu majeur de la tectonique rhénane dans le Fossé rhénan méridional	Zone de piedmont entre le rebord vosgien et le Fossé rhénan *s.s.*	Léger rafraîchissement	« Conglomérat côtier » (cônes de déjection)
	37 — Éocène	sup. moyen	Début de la sédimentation dans un Fossé rhénan embryonnaire	Cuvettes lacustres et palustres	Climat tropical chaud plus ou moins humide	Calcaire de Bouxwiller Lignite de Bouxwiller
	65 — CRÉTACÉ	sup.	Début de la tectonique rhénane en distension Ondulations épirogéniques Émersion Régression		Rafraîchissement *Climat chaud plus ou moins humide*	Premières émissions basaltiques dans le domaine rhénan
	140 — JURASSIQUE	Malm				Absence de dépôt
		Dogger		Mer épicontinentale, milieu agité et aéré		Calcaires et marnes (érodés) Calcaires oolithiques
		Lias		Mer épicontinentale, milieu plus ou moins confiné et réducteur		*Vases grises silteuses (« marnes ») et calcaires*
SECONDAIRE	200 —		Transgression marine			
	Keuper	Rhétien		Ensablement de la lagune, influences marines	Tendance plus humide	Dépôts silteux rouges Dépôts sableux (grès) Apport fluviatile sableux au Keuper moyen
		Keuper (sens restreint)		Milieu lagunaire sursalé	Périodes arides	Détritique fin, carbonates *Évaporites* (gypse et anhydrite)
		Lettenkohle	Régression	Progradation deltaïque, tendance lagunaire (vasière littorale)		Carbonates et *détritiques fins*
	TRIAS Muschelkalk	sup.	Transgression de la mer germanique	Plate-forme marine (milieu marin franc à forte énergie)		Sédimentation rythmée : carbonates et détritiques fins *Carbonates*
		moy.	Régression	Milieu lagunaire sursalé	Périodes arides	Détritiques très fins, carbonates et *évaporites* *Carbonates*
		inf.	Transgression de la mer germanique	Plate-forme littorale	Climat côtier plus humide	Détritiques fins
	Buntsandstein	sup.		Aire deltaïque		Sables et silts
		moy.	Tendance à la subsidence	Basse plaine alluviale à chenaux et flaques	Saisons contrastées (chaud) Périodes arides	Sables et galets (grès rouges et conglomérats)
		inf.				
PRIMAIRE	230 — PERMIEN indifférencié		Érosion de la chaîne hercynienne et dernières manifestations tectoniques du cycle hercynien	Fossés et petits bassins	Aride à subaride (chaud)	*Dépôts détritiques rouges* grossiers à fins
	300 — CARBONIFÈRE	sup. Stéphanien	*Orogenèse hercynienne* Tectonique cassante	Fossés et petits bassins	Climat tropical très chaud et très humide	Dépôts détritiques grossiers fins avec rares intercalation charbonneuses (molasse)
		inf.	Plissement sudète	Chaîne de montagne (Cordillère sudète)		
	350 — DÉVONIEN			Domaine marin probable (préorogénique)		

Tableau VIII : Histoire géologique de la Lorraine
(d'après notice de la Carte Géologique 1/50.000ème, feuille de Bouxwiller)

2. Types de substrats.

2.1. Muschelkalk.

Le Muschelkalk désigne étymologiquement les calcaires coquilliers, il comprend une série différenciée en trois termes :

- le Muschelkalk inférieur constitué de couches détritiques fines et dolomitiques déposées dans une immense vasière littorale,
- le Muschelkalk moyen à couches argileuses silteuses, carbonatées, riches en évaporites issues d'un milieu lagunaire sursalé,
- le Muschelkalk supérieur composé principalement par des calcaires coquilliers, déposés sur une plate-forme littorale en milieu franchement marin.

2.1.1. Muschelkalk inférieur (t3)

Les assises constitutives du Muschelkalk inférieur sont formées essentiellement de matériaux détritiques à la base et dolomiques au sommet. La puissance totale atteint 50 m environ.

On peut y distinguer trois horizons correspondant plus à des variations de faciès qu'à des limites stratigraphiques. Ils représentent un terme simplifié de la séquence dite de Volmunster, caractérisant la base de cet étage. De bas en haut la séquence observée se décompose comme suit :

- Grès coquillier (t2a) épais de 8 à 10 m, déposé sur les grès rouge à Volzia du Buntsandstein supérieur (t2b). Il est massif, argileux, micacé, tendre avec quelques bancs de grès dolomitiques durs. Intercalations argileuses fréquentes dans sa partie moyenne. Les niveaux dolomitiques sont fossilifères et contiennent des entroques. Dans les affleurements, des nodules très abondants, brun-noirâtres, à noyau gréseux sont fréquemment observés.

- Zone moyenne argileuse (t3b) d'une puissance de 15 à 30 mètres, dite couche à *Myacites*. Il s'agit d'un ensemble de marnes silteuses gris-bleuâtre ou gris-verdâtre à débit en plaquettes plus ou moins nettes. Les intercalations de grès dolomitique ou de dolomie gréseuse fossilifère (*Myacites*, térébratules...) sont minces et marquent le passage en continuité avec les assises basales du grès coquillier.

- Zone supérieure dolomitique puissante de 10 à 15 mètres dite couche à térébratules. Elle comporte au sommet un banc repère de dolomie grise et compacte avec intercalation de dolomie vacuolaire, jaunâtre riche en fossiles ayant donné le nom de Dolomie à *Myophoria orbicularis;* au dessous, une dizaine de mètres de dolomie grise finement

grenue avec intercalation de marnes dolomitiques. Certains bancs sont gréseux avec quelques intercalations de schistes noirs. La présence d'entroques assez abondantes est notée dans toute la série et notamment la base.

2.1.2. Muschelkalk moyen (t4).

Au Muschelkalk inférieur essentiellement gréseux et franchement marin, succède le Muschelkalk moyen argileux, silteux et évaporitique.

Le Muschelkalk moyen est un complexe d'assisses marneuses et dolomitiques dans lesquelles on peut distinguer trois subdivisions de bas en haut :

- Couches rouges ou marnes bariolées d'une puissance de 20 mètres environ. Ce sont des argiles bariolées silteuses (vertes, grises et rouges) à débit schisteux, finement micacées avec pseudomorphose de sel gemme, plaquettes gréseuses et passées gypseuses ou dolomitiques. Elles sont de moins en moins sableuses et gréseuses vers le sommet.
  Les niveaux inférieurs ont été activement exploités en carrière pour la fabrication de tuiles et de briques réfractaires.

- Couches grises, marnes plus ou moins dolomitiques de teinte grise à gris verdâtre, se délitant facilement lorsqu'elles sont altérées. Elles comprennent des lits de plaquettes et des bancs de dolomie, gypse (sulfate de calcium hydraté) et anhydrite (sulfate de calcium déshydraté). La partie supérieure renferme le niveau salifère sur une épaisseur pouvant aller de 1 mètre (vallée de la Meurthe et de la Vezouze) à 20 mètres (vallée de la Sarre à hauteur de Sarralbe). La partie supérieure de 35 à 45 mètres d'épaisseur ne renferme pas de sel gemme. Elle présente un moindre développement de gypse et d'anhydrite par rapport au niveau inférieur.

- Couches blanches puissantes de 5 m à 15 mètres. Calcaire dolomitique blanchâtre ou jaune crème, tendre, poreux, à passage caverneux, vacuolaire à imprégnation de gypse ou d'anhydrite en profondeur.

2.1.3. Muschelkalk supérieur (t5).

Essentiellement calcaire mais accessoirement dolomitique à la base et au sommet, cet ensemble plus dur a opposé en général une meilleure résistance aux agents érosifs. Il en résulte un modelé en cuesta très caractéristique. Cette formation affleurant largement est exploitée en carrières pour la fabrication de ciment (carrière et cimenterie d'Heming).

De bas en haut on distingue ordinairement deux subdivisions :

- Calcaire à entroques (t5a) d'une puissance maximum de 10 mètres. Il se présente en bancs épais, séparés par de minces joints marneux, compact gris ou beige. Il est souvent

grossièrement cristallisé. A divers niveaux les entroques (*Encrinus filiformis*) sont abondantes.

○ Calcaires à Cératites (t5b), correspondant à une alternance de bancs calcaires localement dolomitiques, gris-bleu, violacés ou roussâtres, durs, grenus ou finement lités de 10 à 40 centimètres d'épaisseur avec des bancs marneux tendres gris-verdâtre, pour une puissance totale de 35 à 40 mètres. La faune est abondante mais pauvre en espèces. Les Cératites assez fréquentes sont plus grosses au sommet qu'à la base, où elles sont plus nombreuses. Au sommet de la formation, on rencontre un calcaire plus clair au sein duquel les intercalations marneuses sont moindres. Il en résulte des bancs pouvant atteindre 1 mètre d'épaisseur. Ces calcaires dits à Térébratules sont très riches en fossiles (*Myophoria goldfussi, Coenothyris vulgaris, Lima striata, Nautilus bidorsatus*), en ossements et dents de poisson.

2.2. Lettenkhole (t6).

C'est une formation qui, selon l'usage allemand, est rattachée au Keuper . Elle correspond à un épisode original à caractère régressif entre la sédimentation carbonatée de la plate-forme marine du Muschelkalk supérieur et la sédimentation évaporitique du Keuper.

A la sédimentation héritée du Muschelkalk supérieur se surimposent des phénomènes de dolomitisation et s'associent des dépôts détritiques fins d'origine continentale. Localement des débris végétaux se rencontrent, voire des lentilles de lignine, d'où le nom de Lettenkhole signifiant Charbon des argiles.

Dans la vallée de la Sarre, la formation a une puissance d'une trentaine de mètres. De bas en haut on rencontre les trois couches suivantes :

○ Dolomie inférieure (t6a), gris fumé ou blanchâtre, caverneux, en petits bancs ou plaquettes et schistes noirâtres, gris verdâtre à débris végétaux. Puissance totale d'environ 7 m.

○ Argile ou marnes bariolées (t6b) gris verdâtre, vert foncé, rougeâtres et mauves vers le sommet. Dans la partie moyenne s'y intercalent des dolomies et des grès dolomitiques lenticulaires avec débris charbonneux. Puissance avoisinant 20 mètres.

○ Dolomie limite (t6c) en bancs jaunes ou gris, massifs, durs avec des lits ferrugineux et quartzeux (Lorraine Nord) ou passages coquilliers associés à des amas de gypse ou d'anhydrite (Lorraine Sud). L'altération conduit à une dolomie poreuse, vacuolaire et à des bancs très diaclasés.
La dolomie limite puissante de 3 mètres en moyenne constitue un excellent repère lithostratigraphique et délimite sans ambiguïté les formations des marnes irisées du Keuper lui succédant.

La **figure 8** (p. 33) illustre la succession des couches sédimentaires sous forme d'une coupe stratigraphique schématique.

2.3. Formations superficielles quaternaires.

Elles comprennent principalement des formations d'altération, de gélifraction, des alluvions et des colluvions masquant en grande partie le substrat sous-jacent.

La plupart des formations superficielles date du Quaternaire, leur dépôt et leur évolution ont été fortement conditionnés par les grandes variations climatiques durant cette ère :

- pendant les périodes froides, on assiste à une grande puissance de la désagrégation et des processus de transport et de dépôt. Gélifraction des affleurements rocheux, gélifluxion généralisée sur tous les versants couverts de formations meubles à granulométrie fine ou de roche calcaire conduisant à des alluvions grossières;
- pendant les périodes tempérées, finesse de l'alluvionnement et altération des substrats en place.

Les formations superficielles rencontrées sont les suivantes :

- ***Limons de Plateaux (LP)***

Les couvertures limoneuses se rencontrent indifféremment sur tous les types de substrats géologiques de l'aire d'étude.
Leur origine prête encore à controverse. Pour certains auteurs, ils résulteraient d'un processus pédogénétique double, d'altération de roche-mère (argile, marne, calcaire) et de lessivage. Pour d'autres, ils constitueraient des apports allochtones d'origine éolienne et concerneraient alors préférentiellement les reliefs faisant face au vent dominant, orientés a l'Ouest.

Leur épaisseur est variable, allant de quelques décimètres à plusieurs mètres. De granulométrie très fine et de couleur jaunâtre, ils peuvent contenir plus ou moins d'argile et de sable fin, dans des proportions ne dépassant toutefois jamais 50% du volume.

En ce qui concerne leur distribution géographique, ils sont essentiellement cartographiés au Nord de Sarrebourg.

- ***Graviers pliocènes***

Ce sont des graviers, galets et sables issus de l'altération de substrats vosgiens provoquée par un refroidissement important et général à la fin du Tertiaire.
Ces matériaux arrachés aux massifs montagneux ont été charriés puis déposés lors de la mise en place successive du réseau hydrographique.

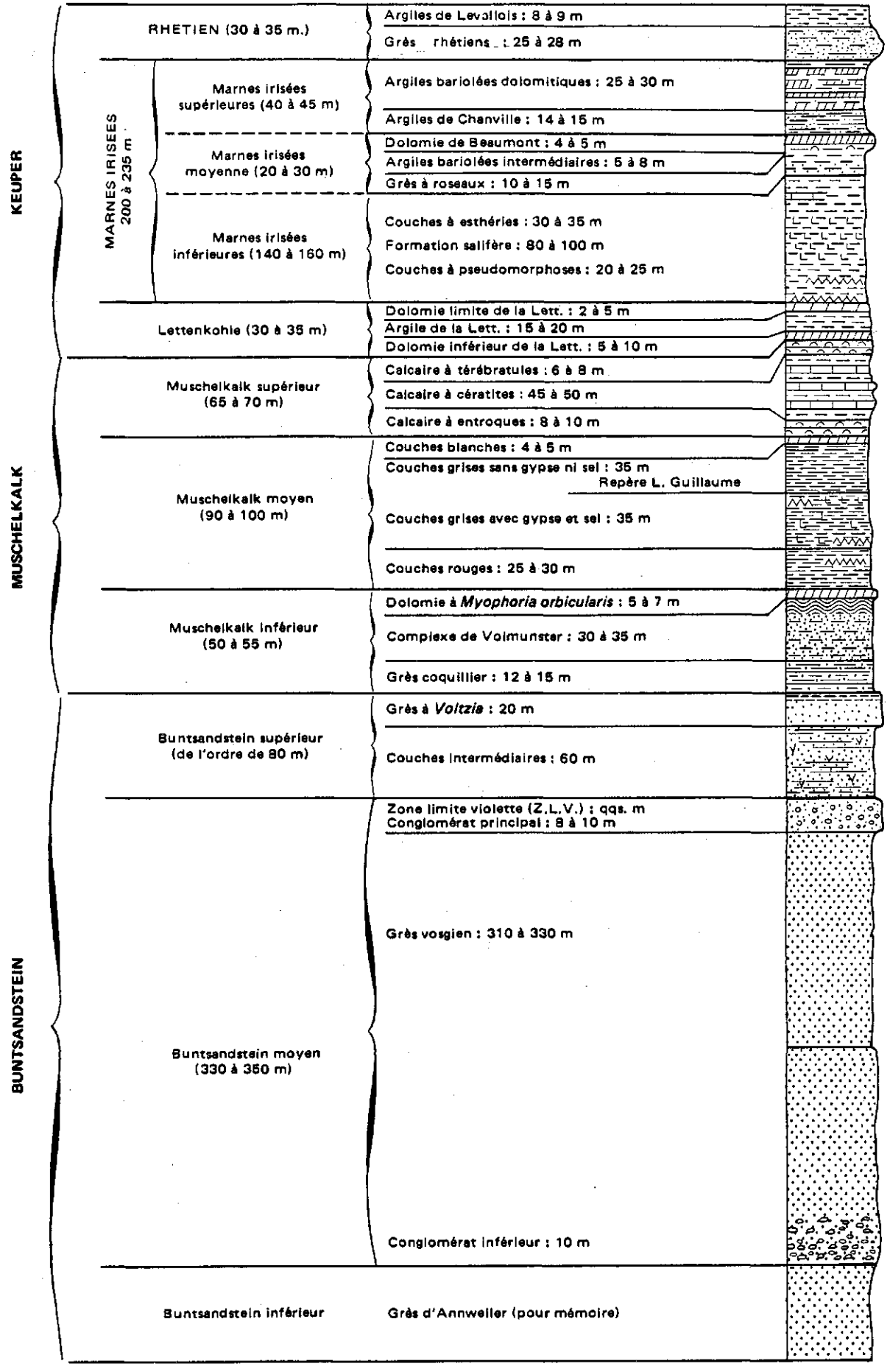


Figure 8 : coupe schématique des faciés lorrains dans l'axe du synclinal de Sarguemines (d'après C. Maïaux, in Mémoire BRGM n° 101. 1980.)

Ces dépôts très irréguliers ont une épaisseur allant de quelques décimètres à plusieurs mètres voire dizaines de mètres. De couleur générale ocre, ils sont composés d'éléments roulés de granulométrie très hétérogène. Ils sont inclus dans une matière sableuse (sable fin et/ou sable grossier) et parfois argileuse.

- *Formations superficielles d'altération*

*** Limons d'altération du grès coquillier (Δt3).**

Les assises sableuses et silteuses du grès coquillier donnent, lors d'une altération modérée, une formation superficielle limoneuse. Celle-ci, de granulomètrie très fine (2 à 80 microns), contient fréquemment dans sa partie inférieure des débris gréseux de petite taille.

*** Argiles d'altération du Muschelkalk supérieur enrichie en limon de surface (Δt5)**

Cette couverture d'altération provient pour une grande part de la fraction insoluble argileuse et silteuse des calcaires à Cératites, libérée lors des processus pédogénétiques de brunification et de lessivage. La prédominance en surface des limons peut être liée à des apports éoliens allochtones. La présence fréquente de concrétions ferro-manganiques tend à prouver que ces matériaux ont subi au Quaternaire une pédogénèse lessivante en ambiance hydromorphe temporaire.

Ces deux types de formations d'altération sont essentiellement cartographiées au S-W de Cirey sur Vezouze et à l' W de Badonviller.

- *Alluvions modernes ou récentes (Fz)*

Constituant les terrasses inférieures des vallées alluviales; d'une épaisseur de 3 à 5 mètres, elles sont composées de sable fin roux ou brunâtre, mélangé à des graviers et des galets en provenance des Vosges et des cailloutis calcaires du Muschelkalk. Les terrasses alluviales supérieures ont également fourni des matériaux ayant les mêmes origines. Au niveau de certains bras morts de la Sarre et dans les hautes vallées de la Sarre blanche et de la Sarre rouge, de la tourbe en intercalation peut y être rencontrée.

- *Alluvions anciennes (Fy)*

Elles constituent les terrasses supérieures bordant la vallée de la Sarre. Elles sont particulièrement développées entre Sarre-Union et Sarreguemines et au niveau de la confluence Blies-Sarre. En général les terrasses successives sont raccordées entre elles par une pente douce. Les alluvions sont constituées de sables, graviers, galets siliceux, cailloutis calcaires en provenance des Vosges gréseuses et du Muschelkalk supérieur. Elles sont fréquemment recouvertes par des limons argilo-sableux, roux, d'épaisseur variable ce qui les rend parfois difficilement identifiables. Leur épaisseur oscille entre 3 et 5 mètres.

3. Relief.

Les formations géologiques mises en place ont opposé aux agents érosifs du Tertiaire et du Quaternaire une plus ou moins grande résistance. Ainsi les matériaux les plus tendres ont été déblayés, ce qui a eu pour conséquence la mise en saillie des couches calcaires plus dures.

Ces phénomènes d'érosion, couplés à des remaniements tectoniques (failles) ou à des plissements par subsidence ou orogénèse, ont conduit aux modelés actuels.

Le massif des Vosges et le Plateau Lorrain ont eu une évolution géomorphologie solidaire. Cela explique la difficulté à délimiter topographiquement avec précision ces deux compartiments.

Bien que le passage entre ces deux entités soit graduel, les limites géologiques peuvent être approchées à l'aide :

- des vallées qui sont encaissées à l'Est de la zone d'étude après leur débouché des Vosges. Ce constat coïncide avec l'élévation de l'altitude vers l'Est où le pendage passe brusquement de 15 ou 20% à 35 ou 40%;
- de la faille de Phalsbourg à Badonviller soulignant la bordure orientale du massif et mettant en contact le Muschelkalk et le Buntsandstein. Les rejets sont rarement importants (30 à 40 mètres maximum), ce qui correspondrait plutôt à un plissement séparant deux compartiments diversement inclinés.

La région du Muschelkalk se présente sous la forme d'un plateau plus ou moins ondulé (Alsace bossue) en raison de l'érosion différentielle des substrats géologiques. Les calcaires du Muschelkalk constituent la cuesta la plus orientale du Bassin Parisien pour laquelle l'altitude atteint 350 mètres. L'altitude moyenne de la région est légèrement inférieure à 300 mètres. Au niveau de la vallée de la Sarre elle est de l'ordre de 200 mètres.

Hormis en bordure des Collines sous-vosgiennes et le long de la faille d'orientation N.NE-S.SO de Phalsbourg à Badonviller, l'aire d'étude présente un relief vallonné, parsemé de buttes calcaires bordant les vallées des nombreux ruisseaux et rivières.

Le réseau hydrographique est orienté S ⇨ N pour les 2/3 Nord de la zone (bassin versant de la Sarre) puis E ⇨ O dans le 1/3 Sud (bassin versant de la Meurthe). Il est organisé autour de quatre rivières principales, (Sarre, Meurthe, Vezouze et Mortagne) qui ont fortement remanié les formations en place, engendrant une physionomie assez uniforme (plateau ondulé, faible accidentation du relief, pentes douces, vallées tabulaires...).

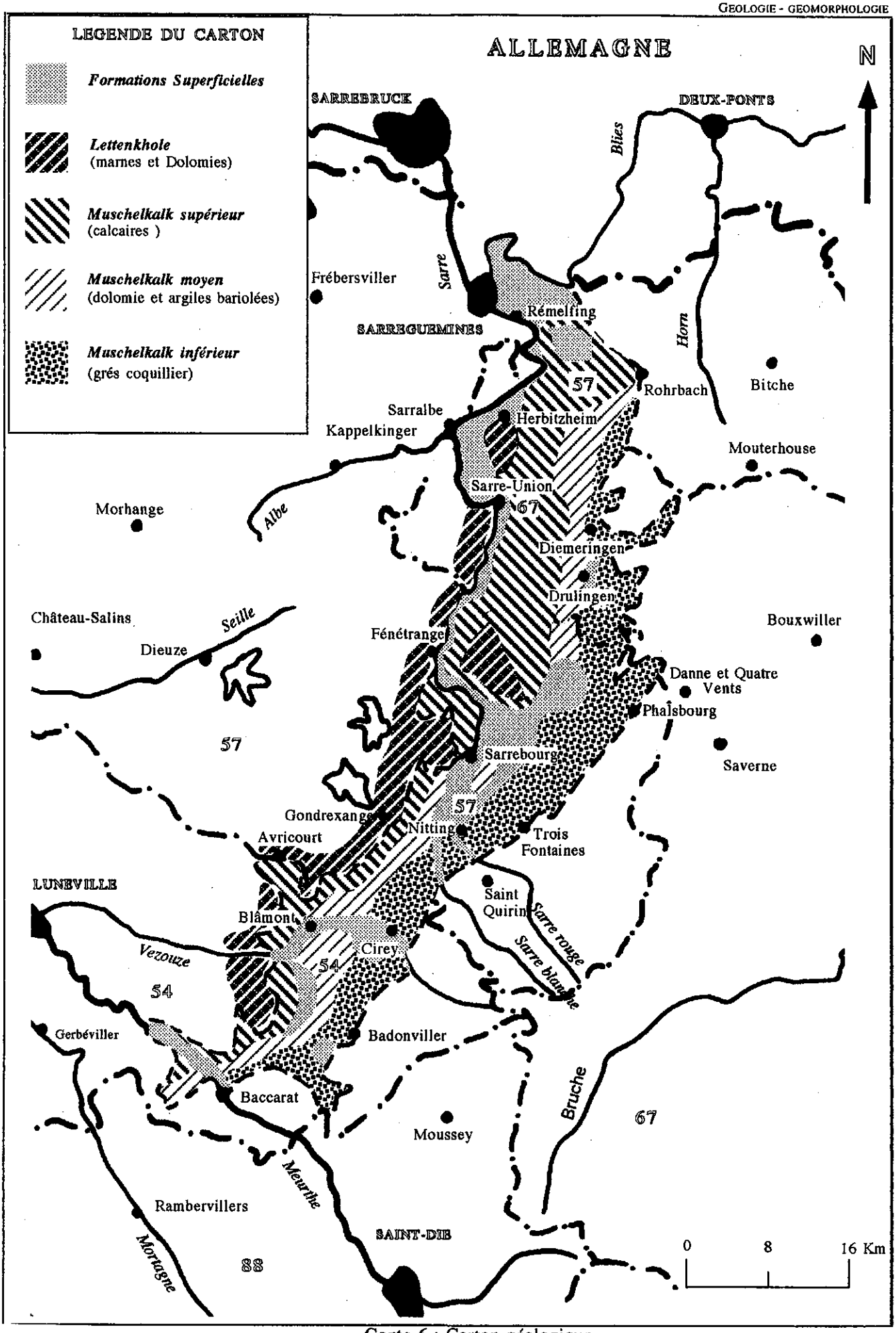
En l'absence d'unités physionomiques nettement tranchées, les limites géologiques telles que présentées sur les cartes au 1/50.000ème s'avèrent être les plus pertinentes pour le découpage de la région d'étude en sous-unités homogènes.

La synthèse de ces informations est retranscrite sur la **carte 6** qui illustre, sous la forme d'un carton géologique simplifié, la distribution et l'agencement des différentes formations géologiques dominantes.

Les formations superficielles sont assez abondantes au Nord, en bordure de la Sarre et de la Blies, puis dans la partie médiane de l'aire d'étude à hauteur de Sarrebourg. On les retrouve enfin au Sud, distribuées autour des vallées de la Vezouze et la Meurthe. Les substrats les plus touchés par ces recouvrements appartiennent au Muschelkalk moyen dans la partie centrale et au Muschelkalk supérieur dans la partie nord.

Le Muschelkalk inférieur est bien individualisé à l'Est de l'aire, entre Rohrbach-les-Bitche et Baccarat, où il est rarement masqué par des dépôts superficiels.

Les marnes et dolomies de la Lettenkhole se cantonnent généralement à l'Ouest de la Sarre, selon une bande orientée N-NE / S-SW, allant de Sarre-Union jusqu'au Sud de Blâmont.



Carte 6 : Carton géologique.

D. FORMATIONS SUPERFICIELLES ET SOLS.

1. Historique

Pendant de longues périodes, les substrats géologiques affleurants ont été soumis à l'action de climats différents des conditions actuelles. Une altération de la partie superficielle des roches s'est produite. Le matériau résultant de cette altération est désigné par le terme de **formation superficielle** par les géologues et géomorphologues. Il constitue pour les pédologues le matériau d'origine des sols (appelé encore **matériau parental**).

Le phénomène d'altération a été dominant pendant toute la période fini-tertiaire et jusqu'au début du Quaternaire. Lors des phases climatiques moins contrastées, sous l'action des communautés biologiques et de certains facteurs de milieu (notamment climatique), la formation de sols a été constatée (pédogénèse ancienne). Plusieurs pédogénèses ont pu se succéder au cours du temps du fait de la modification des conditions climatiques qui ont stoppé l'évolution des sols anciens ou remaniés dans certains cas une bonne partie des formations en place. C'est à partir de la dernière période glaciaire qu'a débuté une phase de pédogenèse d'où sont issus les sols actuels.

Les épisodes glaciaires ont également apporté des modifications du modelé en donnant naissance à des matériaux péri-glaciaires déplacés sur les pentes et le long des cours d'eau. Pour la région étudiée, on peut résumer dans un schéma simple (**Figure 9**) l'origine des formations couvrant les substrats géologiques.

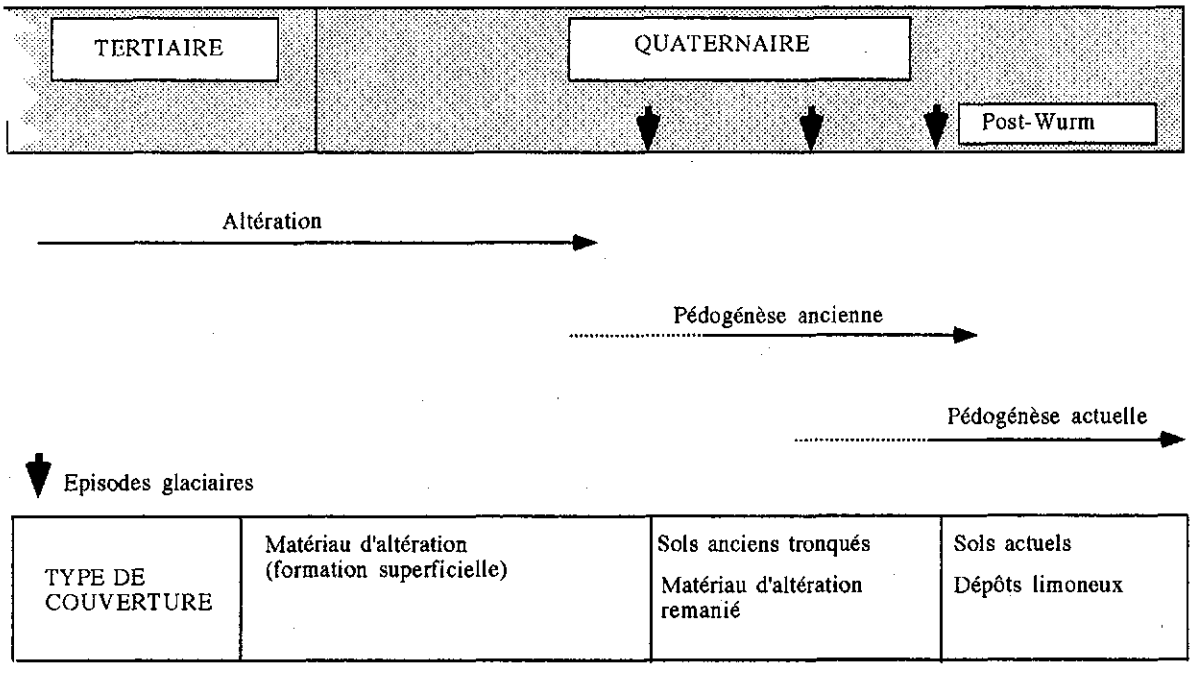


Figure 9 : Principales étapes de la mise en place des formations superficielles et des sols.
(reconstitué d'après DUCHAUFOUR, op. cit.)

2. Formations superficielles (source principale DUCHAUFOUR,1986).

2.1. Mise en place des formations superficielles et distribution.

2.2.1 Modalités de l'altération

Les produits d'altération des substrats géologiques ne sont pas connus de façon précise pour tous les substrats. Aussi un bref récapitulatif sera-t-il dressé pour passer en revue les roches d'origine et les grands types de matériau en place qu'elles sont susceptibles de donner.

On distingue les matériaux :

- issus d'une altération en place,
- transportés à longue distance par le vent,
- déplacés après altération sur de courtes distances.

2.2.2 Matériau issu d'une altération en place

Les conditions locales modifient la nature de certaines caractéristiques des matériaux d'altération. L'épaisseur est variable : elle augmente dans la partie centrale des surfaces tabulaires, diminue à l'approche des rebords ou versants.

Le taux de carbonatation varie en fonction de la roche-mère et de l'épaisseur du matériau. Lorsque la roche (calcaire ou marne) est susceptible de libérer du calcaire actif et donc d'en alimenter le matériau d'altération, ce dernier sera fortement carbonaté. En outre, l'épaisseur du matériau d'altération dépend de la pureté des calcaires et de leur nature.
En revanche, l'augmentation de l'épaisseur de la couverture sera plus favorable à la décarbonatation.

2.2.3.Matériau d'apport exogène éolien

Signalés sur toute l'aire d'étude, les dépôts éoliens quaternaires couvrent le substrat géologique en place. Ceux-ci ont subit l'influence de plusieurs épisodes climatiques pendant lesquels se sont succédés des remaniements par cryoturbation avec interruption de la pédogénèse. Néanmoins les paléosols installés peuvent être considérés comme matériau parental du sol actuel.
Les notices géologiques régionales utilisent deux appellations pour ces formations qui correspondent à des matériaux de granulométrie différentes : limons, loess et Lehm.
Les paléosols profonds, lorsqu'ils existent, sont en général peu perméables.

2.2.4.Matériaux déplacés

□ Matériaux déplacés sur les versants, à courte distance : Colluvions.

On distingue classiquement sur une séquence topographique deux phénomènes intervenant sur le profil de la pente : avec un premier tiers supérieur, marqué par une ablation forte

(érosion) d'éléments du substrat et, deux tiers inférieurs, où s'accumulent les éléments issus de la partie supérieure pour former un colluvium d'épaisseur croissante (voir **figure 10** page 42). Ces matériaux sont animés d'un mouvement de reptation sur le versant, qui a été particulièrement actif lors des épisodes glaciaires (solifluxion, gélifluxion).

La nature des colluvions est fonction des affleurements occupant la pente qui leur donne naissance. Un dosage progressif s'établit entre éléments grossiers issus des roches plus dures et matrice argileuse provenant des roches plus tendres.

L'épaisseur varie avec la pente d'un minimum en haut de séquence (contact avec roche-mère très direct) à un maximum dans le secteur à pente concave.

Le matériau peut être carbonaté ou décarbonaté selon la stabilité du milieu. En milieu stable, à plus faible pente, le phénomène de décarbonatation agit rapidement dans la partie supérieure. En revanche, la matrice argilo-calcaire des zones les plus instables subit une recarbonatation par les éléments grossiers en mouvement qui s'altèrent.

Dans le cas de l'existence d'une séquence avec plusieurs affleurements (pente les plus accusées), les différentes couches géologiques se trouvent masquées plus ou moins largement par des matériaux issus du niveau qui leur est supérieur. Dans les séquences sur faible pente, ces chevauchements sont atténués; le matériau parental du sol davantage concordant avec l'étagement géologique.

Dans le domaine d'affleurement du Muschelkalk, les formations de solifluxion sont généralement bien développées. En particulier, les versants modelés dans les faciès argilo-silteux du Muschelkalk moyen sont le siège de processus de solifluxion. Au cours du mouvement de ces matériaux, ce sont trouvés englobés des éléments divers : débris lithiques, sables et galets.

☐ Matériaux déplacés sur de longues distances : alluvions fluviatiles.

A l'origine des sols de la région étudiée, on note aussi l'existence de matériaux fluviatiles déposés par les rivières à certaines périodes où leur compétence permettait des transports solides importants. Ceux-ci sont déposés en larges tâches dans les vallées élargies de la Moselle et de la Sarre. Ce sont des alluvions anciennes (formations de terrasses).

La période actuelle est restée favorable à la poursuite de dépôts plus jeunes occupant le lit de la plupart des cours d'eau : ce sont des alluvions récentes.

2.2. Substrats d'origine et types de formations rencontrés.

☐ Sur Grès coquillier

Les grès sont des roches mixtes contenant une part équivalente de silicates et de carbonates. Le matériau d'altération qui en est issu diffère assez peu de la nature de la roche d'origine. Par

contraste avec les formations issues des calcaires, les matériaux d'altération des grès possèdent une granulométrie qui se rapproche de celle de la roche-mère.

Dans la notice de la carte géologique de Cirey/Vezouze, les auteurs décrivent parmi les formations superficielles des limons d'altération du grès coquillier (Muschelkalk inférieur). Lors d'une altération modérée, ces assises donnent en effet une formation superficielle limoneuse souvent difficile à distinguer des limons loessiques. Elle est constituée d'une fraction limoneuse très fine et contient souvent des débris lithiques de grès, généralement de petite taille. L'épaisseur peut atteindre 3 mètres.

□ Sur Marnes et calcaires marneux

Les calcaires durs (et pauvres en impuretés silicatées) s'altèrent par corrosion et dissolution superficielles. Les impuretés silicatées subsistent seules et forment des pellicules. Souvent remaniées par les eaux de ruissellement, elles s'accumulent dans les fentes de la roche ou les dépressions. Ces formations sont plus développées à l'intérieur des plateaux et moins épaisses ou absentes sur les marges. Les calcaires marneux tendres subissent un gonflement par hydratation des argiles (qui ameublit la roche), libérant un matériau argilo-calcaire fin, encore riche en calcaire actif.

Les formations d'altération du Muschelkalk moyen (marnes) sont en général peu épaisses (1 mètre au plus) et souvent recouvertes par des couches solifluées et colluvionnées, fait lié à la position topographique basse de leurs zones d'affleurement.

Les calcaires du Muschelkalk supérieur sont recouverts par une formation limono-argileuse d'épaisseur très variable. On note une prédominance fréquente de la fraction limoneuse dans sa partie supérieure, qui peut être éventuellement liée à des apports loessiques.

□ Sur Limons éoliens.

Pour les dépôts éoliens, déjà présentés en détail au chapitre géologie, nous retiendrons les variations de texture et surtout l'épaisseur des dépôts dont l'influence sur la pédogenèse est importante.

Il est nécessaire de distinguer les loess récents (du Würm) des limons anciens (souvent anciens sols) et des formations limoneuses disposées sur matériaux filtrants sableux.

2.3. Variabilité des formations superficielles et facteurs.

2.3.1. Formations superficielles et géomorphologie.

En résumé des éléments généraux présentés en début de chapitre, la **figure 10** illustre la distribution des formations superficielles en fonction de la topographie.

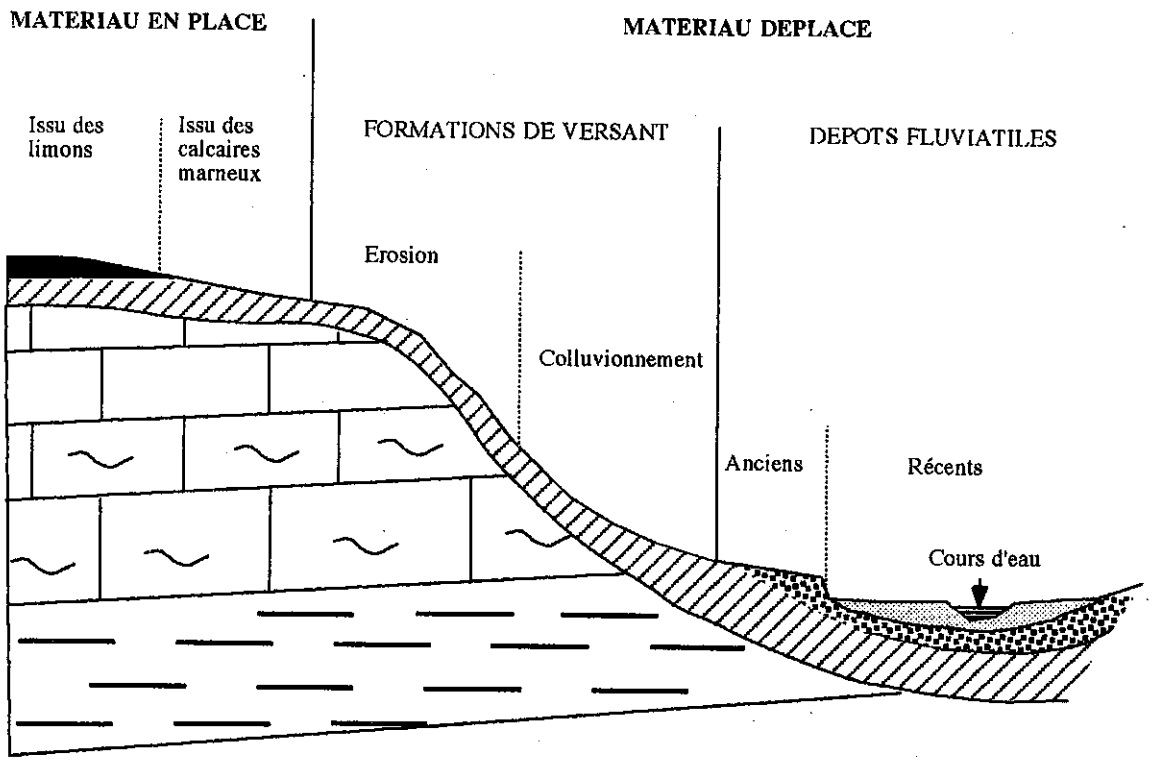


Figure n°10 : Distribution des formations superficielles en fonction de la topographie

2.3.2. Essai de synthèse des facteurs de variabilité

Après analyse du contexte géologique et morphologique, il est possible de dresser un tableau de synthèse (**tableau VIII**) qui récapitule les principales caractéristiques du milieu à l'origine de la variabilité des formations superficielles.

TYPES DE FORMATION	FACTEURS A L'ORIGINE DE LA VARIABILITE
Altération des calcaires marneux et des grès coquilliers	Roche-mère (granulométrie) Situation topographique Pente
Colluvions	Série stratigraphique Situation topographique Pente
Limons éoliens	Epaisseur Texture Ambiance du dépôt
Alluvions	Minéralogie Texture Présence d'une nappe éventuelle

Tableau VIII : Principaux facteurs de variabilité des formations superficielles

Tous les facteurs énumérés doivent être pris en compte sur le terrain en quantifiant chacune des variables qui permettent de les décrire : roche-mère (carbonatation, présence de dolomie, éléments grossiers), degré de pente, ...

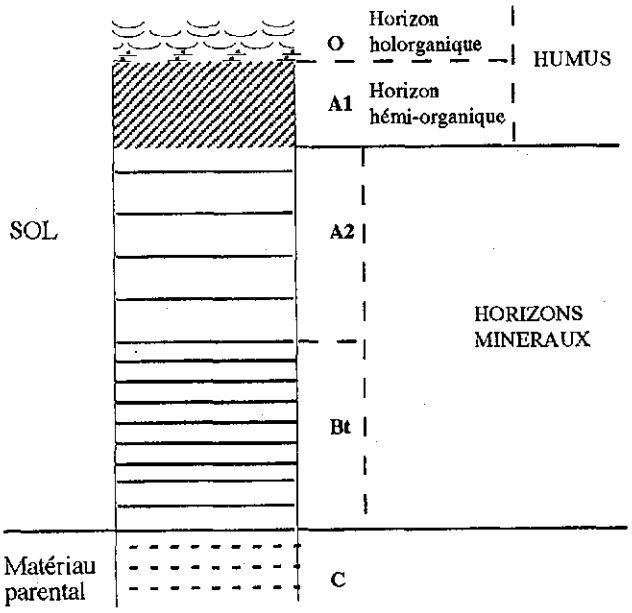
3. Sols (sources principales : Duchaufour, 1986 et Référentiel Pédologique, 1991).

3.1. Modalités générales : humification, pédogénèse, notion d'horizon.

Les formations superficielles ont subi deux types d'évolution à l'origine des sols :

- sous l'action des communautés biologiques animales et végétales intervient une phase biologique d'humification; qui occupe les horizons supérieurs du sol (organique et organo-minéral) et conduit à la minéralisation de la matière organique;
- le matériau minéral subit parallèlement une forte évolution sous l'influence de la partie supérieure du sol et aussi en fonction des conditions de milieu.

En règle générale, le développement normal de ces processus conduit à une différenciation du sol en plusieurs horizons distincts (**figure 11**).



Horizon holorganique : matière organique seule; différentes étapes de la décomposition de la litière.

Horizon hémi-organique : matière organique complexée avec éléments minéraux.

Horizon minéral : matière minérale seule, matière organique négligeable.

REMARQUE :

Dans la littérature le terme de "limon" est utilisé dans deux sens distincts :
- pour désigner une des trois fractions minérales qui définissent la granulométrie des horizons (particules comprises entre 50 et 2 m);
- pour dénommer une formation superficielle d'origine éolienne ou d'altération, masquant divers niveaux géologiques (ex. limons de plateaux recouvrant les grès coquillers). Celle-ci a joué le rôle de matériau parental à l'origine de plusieurs types de sols (lessivés notament).

Figure 11 : Exemple de sol évolué, le sol lessivé

Les processus d'humification et d'évolution des matières minérales sont interdépendants et liés aux conditions locales de leur développement. Que ce soit pour l'humification ou l'altération, deux grands groupes de facteurs interviennent :

- les facteurs bioclimatiques généraux,
- les facteurs stationnels.

3.2. Evolution de la matière organique.

Les connaissances actuelles (Référentiel pédologique, version 1992) permettent d'établir des liens fonctionnels entre les états successifs pris par la matière organique. Le **tableau IX** (p. suivante) présente les différentes couches de matière organique rencontrées à la partie supérieure du sol.

L'identification de l'humus ne peut s'effectuer qu'en diagnostiquant les deux horizons O et A. L'examen des caractères communs aux différents groupes d'humus semblables a amèné les spécialistes à définir un ensemble de types morphologiques d'humus pour la région. Ils sont présentés plus loin dans le **tableau X** (p.44).

3.2.1. Ecologie de l'humification

Le développement d'un humus donné dépend :

- de la nature de la matière organique fraîche,
- du macroclimat régional,
- du matériau parental,
- des conditions d'humidité,
- de l'action de l'homme.

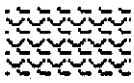
Influence de la nature de la matière organique fraîche.

On distingue classiquement deux grands types de litières ayant pour origine les essences feuillues et résineuses. Les organes foliaires des essences résineuses possèdent une composition chimique qui est responsable d'une résistance à la décomposition et qui peut même conduire à un blocage de la minéralisation.

Ce constat démontre l'utilité de comparer les humus développés sous peuplement feuillu ou résineux dans de mêmes conditions stationnelles.

Macroclimat régional.

A l'échelle de travail utilisée, il n'est pas envisageable de distinguer des nuances macroclimatiques mais il est nécessaire de remarquer que les conditions décrites au chapitre I sont favorables au développement de mull sur l'ensemble de la région.

HORIZON	SOUS-HORIZON		NATURE ET CARACTERISTIQUES
OL Accumulation de débris végétaux non ou peu évolués.	**OLn**		- "Litière fraîche", - Restes de végétaux n'ayant pas subi de transformations visibles à l'oeil nu (feuilles ou aiguilles entières).
	OLv		- Débris végétaux modifiés depuis le début de leur chute, partiellement ou totalement décolorés, peu fragmentés, - Activité des champignons dominante.
	OLt		- Débris végétaux non nettement transformés (identiques à OLn), mais fortement fragmentés, - Activité des vers de terre dominante, - Sous-horizon reposant toujours directement sur A.
OF Résidus végétaux plus ou moins fragmentés, reconnaissables à l'oeil nu, en mélange avec des proportions plus ou moins grandes de matière organique fine.	**OFr**		- Horizon supérieur de OF avec faibles proportion de matière organique fine (moins de 30 % en volume) et paquets résiduels de feuilles plus ou moins agglomérées.
	OFm		- Horizon comportant en quantités équivalentes des restes foliaires fragmentés et des amas de matière organique fine (30 à 70% en volume).
OH horizon contenant plus de 70% de matière organique fine.	non différencié ici		- de teinte rougeâtre à noire, à structure massive, coprogène ou particulaire; assez cohérent.
A Horizons contenant en mélange de la matière organique et de la matière minérale (horizon "organo-minéral" ou "hémi-organique", formés à la base des horizons holorganiques lorsqu'ils existent.	- Horizons A biomacrostructurés à forte activité biologique (vers de terre), à structure grumeleuse. - Horizons A d'insolubilisation à faible activité de vers de terre, relayée par une forte activité de champignons, à structure microgrumeleuse. - Horizons A de juxtaposition à faible activité biologique, sans activité notable de vers de terre; la limite avec l'orizon OH est graduelle.		

Adapté d'après le Référentiel Pédologique : typologie des formes d'humus, A. BRETHES, J.J. BRUN, B. JABIOL, J.F. PONGE, F. TOUTAIN, 6ème version, 1992.

Tableau IX : Composition de l'horizon holorganique
(Légende des figurés en annexe 3)

Seul le matériau parental et les conditions stationnelles viennent nuancer l'évolution en stoppant ou en favorisant l'humification.

**Climat local lié à l'exposition.*

Les conditions mésoclimatiques procurées par les expositions chaudes, lumineuses sont favorables à une minéralisation active à une diminution plus rapide de la couche OL.

En revanche, les expositions fraîches de l'ubac freinent la minéralisation de la matière organique qui peut subsister sur une forte épaisseur.

**Action du matériau parental.*

La composition de la fraction minérale oriente l'humification de façon déterminante :

- lorsque la teneur en fer libre et en argile dépasse un certain seuil, les conditions sont favorables au développement d'un mull mésotrophe sur une grande variété de sols;
- lorsque le matériau d'origine possède une composition particulière l'humification suit des voies divergentes de la précédente :
  - ○ sur les sables pauvres en argile et en fer (grès), il y a formation d'humus de type moder ou mor;
  - ○ sur les matériaux contenant du calcaire actif, l'humification, bloquée à un stade précoce, produit un mull carbonaté.

**Conditions d'humidité.*

L'excès d'eau provoque une saturation des pores à l'origine de conditions asphyxiques qui ralentissent l'humification. On passe alors d'un humus aéré à un humus qui fonctionne en anaérobiose.

**Action de l'homme.*

Il s'agit dans le cas étudié d'évaluer l'effet de l'action indirecte qui résulte des modifications du couvert végétal. Les observations classiques montrent que les grandes ouvertures dans les peuplements provoquent une réaction à l'afflux de lumière parvenant à la surface du sol qui :

- favorise la reprise de la minéralisation de la litière,
- provoque une augmentation du taux d'Azote (donc d'abaissement du C/N).

3.2.2. Les différents types d'humus rencontrés.

Le **tableau X** présente les différents types d'humus aérés et non aérés (d'après le Référentiel Pédologique Français).

HORIZON A1		SUCCESSION DES HORIZONS	HUMUS	NATURE ET CARACTERISTIQUES
- Horizon biomacrostructuré à forte activité biologique (vers de terre), à structure grumeleuse.	MULL	(OLn)/A1*	**Mull carbonaté**	- OLn discontinu, de 0.5 cm à 2 cm d'épaisseur, - A1 carbonaté (effervescence à l'acide), forte activité biologique.
			Mull calcique	- OLn discontinu, de 0.5 à 2 cm d'épaisseur, - A1 décarbonaté (effervescence nulle), forte activité biologique.
			Mull eutrophe	- OLn absent une grande partie de l'année, - A1 très aéré à très forte activité biologique.
		OLn+(OLv)/A1*	**Mull mésotrophe**	- OLn continu peu épais (e<2cm) - OLv discontinu avec action faible des pourritures blanches. - A1 à activité biologique moyenne.
		OLn+OLv+ (OF)/A1 OLn+OLt+A1	**Mull oligotrophe**	- OLn continu peu épais, - OLv discontinu à continu, - OF peu épais (e<1cm), - action plus nette des pourritures blanches, - A1 à activité biologique faible.
- Horizon d'insolubilisation à faible activité de vers de terre, relayée par une forte activité de champignons, à structure microgrumeleuse.	MULL-MODER	OL+(OF)/A1 OL+OF+A1	**Mull-moder**	- OL continu assez épais (e>2cm), - OF épais de 1 à 2cm, - OH discontinu, - Activité des champignons dominante.
- Horizon de juxtaposition à faible activité biologique, sans activité notable de vers de terre; la limite avec l'orizon OH est graduelle.	MODER	OL+OF+OH+A1	**Moder**	- OL continu épais, - OF continu épais (e>2cm), - OH continu peu épais (e<1cm), - A1 peu épais à faible activité biologique.
			Dysmoder	- OL et OF continus épais, - OH continu épais (e>1cm), - A1 peu épais à très faible activité biologique.

/ indique une discontinuité structurale entre les horizons, + indique une continuité.
Les parenthèses signalent un horizon discontinu.
* Couche OLt facultative au dessus de A

D'après Référentiel Pédologique, 3ème proposition, avril 1990.

Tableau X : Différents types d'humus aérés

3.3. Pédogenèse.

Le milieu combiné au facteur temps est à l'origine des processus pédogénétiques se déroulant parallèlement et en relation avec l'humification. On reconnait deux grands types :

- processus liés à l'humification,
- processus liés aux conditions physico-chimiques de la station.

3.3.1. Processus liés à l'humification(*) .

En conditions stabilisées, favorisant les échanges verticaux entre les différents horizons du sol, des transferts de matière s'opèrent de manière plus ou moins intense. Lorsque ce phénomène intervient sur un laps de temps assez long, la redistribution devient dominante et le profil se différencie. Sous A_1, apparaissent plusieurs types d'horizons éluviaux, appauvris en éléments, notés A_2 et enrichis, noté B.

Lorsque l'humification oriente la pédogenèse vers l'altération des matériaux, se forme sous A, un horizon d'altération, structural noté B.

Ces processus se passent sur une échelle de temps longue. Il est nécessaire de les séparer des cycles d'échanges courts saisonniers affectant les profils (échanges latéraux, verticaux en solution).

Différents types de processus d'entraînement caractérisent les sols. Sous les mulls carbonatés et les mulls peu acides se produit un entraînement des sels solubles (lixiviation). Cette lixiviation entraîne une décarbonatation progressive en milieu calcaire puis une décalcification en milieu non calcaire.

Sur matériau limoneux apparaît le phénomène de lessivage, entraînement mécanique par les eaux de gravité, des particules fines vers les horizons profonds.

Enfin, sous les humus acides peut débuter un processus de podzolisation où les complexes formés entre matière organique et ions métalliques migrent en profondeur.

**** Brunification : différenciation de sols bruns.***

Sous forêt feuillue, en climat tempéré, sur matériaux bien drainés non calcaires, le processus d'altération dominant provoque l'apparition sous l'humus d'un horizon d'altération B. La séquence verticale d'horizon $O/A_1/B$ est caractéristique des sols bruns (ou brunifiés).

**** Carbonatation.***

Sur matériau calcaire, la présence de calcaire actif bloque l'humification, ralentit l'altération, s'oppose au lessivage.
Il n'y a pas d'apparition d'horizon B.

(*) On se reportera à la p.52 pour trouver une illustration des différents processus d'après les sols qui en sont issus.

** Lessivage.*

Il se superpose au processus de brunification sur certains matériaux sédimentaires et meubles contenant une certaine quantité d'argile : limons éoliens, alluvions, marnes. On définit un indice d'entraînement avec le gradient Argile A/Argile B.

3.3.2. Processus liés aux conditions physico-chimiques de la station.

Il s'agit surtout de l'influence de l'eau dans la zone étudiée. L'hydromorphie est un processus de réduction ou de ségrégation locale du Fer libre ayant pour origine une saturation temporaire ou permanente par de l'eau réductrice. Il peut s'agir soit d'une nappe temporaire, perchée, soit d'une nappe permanente profonde.

**Hydromorphie temporaire de surface (pseudogley).*

L'engorgement des horizons de surface provoque l'apparition de marques d'oxydo-réduction se surimposant aux caractéristiques des horizons en place. Les horizons profonds, peu perméables, sont modifiés par l'engorgement qui occasionne une redistribution partielle, du fer.

** Hydromorphie permanente de nappe (gley).*

La présence quasi permanente de l'eau et le régime de la nappe sont à l'origine d'une redistribution complète du fer aboutissant à la formation de deux horizons propres aux sols de types Gley : horizon Gr, réduit profond; Go, oxydé superficiel.

3.3.3. Facteurs de la pédogénèse.

Dans l'enveloppe macroclimatique régionale que constitue la bordure Est du Plateau Lorrain, plusieurs types de facteurs sont déterminants dans l'évolution des sols. Il s'agit :
- des facteurs stationnels,
- des activités humaines.

3.3.3.1. Conditions stationnelles.

Lorsque certains seuils écologiques sont dépassés, les caractères stationnels provoquent une évolution divergente de la pédogenèse. Ils concernent le matériau d'origine, la topographie et l'économie de l'eau.

La diversité des matériaux parentaux des sols oblige à prévoir une évolution de plusieurs paramètres :

- la dureté et la composition granulométrique et minéralogique de la roche influencent considérablement la rapidité de l'altération; la pédogenèse est lente sur les roches dures, ou alors sur roches tendres, peu perméables et sujettes à

l'érosion (pélosol sur matériau argileux); elle progresse rapidement sur les matériaux perméables.

- le lessivage de l'argile, se superposant à la brunification, dépend en grande partie du matériau : il est marqué sur roches sédimentaires meubles, suffisamment perméables (limons loessiques, calcaires marneux),
- la richesse en calcaire actif, les conditions particulières de matériau ou de station empêche le processus normal de décarbonatation,
- la richesse en argiles gonflantes : la brunification fortement ralentie, est souvent relayée par d'autres processus : appauvrissement (entraînement latéral des argiles de surface).

Le relief, même modéré, exerce une action importante sur la pédogénèse. Il existe un lien génétique entre les sols successifs d'une pente donnée. Les principaux processus qui interviennent le long d'une pente peuvent se classer par ordre d'intensité décroissante :

- érosion globale, provoquant un rajeunissement des profils (selon le même schéma que pour les formations superficielles);
- entraînement latéral des particules fines et des composés solubles;
- phénomènes d'oxydo-réduction par formations de nappes (voir ci-après).

L'économie de l'eau est le résultat de l'interaction entre les propriétés du matériau (plus ou moins perméable) et celle de la topographie. Dans une même ambiance géologique, le drainage sera très actif dans la partie supérieure de la pente. L'eau ainsi évacuée s'accumulera dans la partie inférieure du versant et procurera une alimentation toujours bonne pour la végétation.

Lorsque la pente diminue, le drainage peut s'avérer insuffisant sur tout ou partie du versant. Sur matériau peu perméable, une hydromorphie subsistera sur l'ensemble de la séquence.

3.3.3.2. Action de l'homme.

Les conséquences de l'action de l'homme à retenir sur l'évolution des sols forestiers sont ici indirectes. Elles sont de deux types :

- acidification des sols (podzolisation secondaire), due à l'introduction d'espèces donnant une litière acidifiante (Pins, Epicéa). La modification des processus d'humification entraîne une podzolisation dite secondaire car elle n'existerait pas dans les conditions naturelles;
- modification du régime hydrique des sols intervenant lorsque le rôle de drain naturel

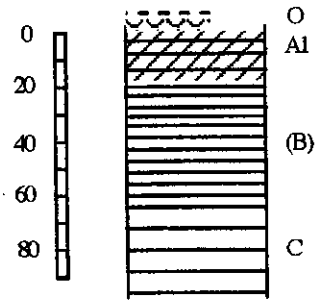
joué par la végétation forestière est perturbé. Dans les trouées réalisées par l'homme, l'évapotranspiration locale diminue et des nappes perchées temporaires se constituent.

3.4. Principaux types de sols de la bordure Est du Plateau Lorrain

A la lueur des données rassemblées dans les chapitres précédents et d'après un premier inventaire réalisé par BRETHES, les principaux types de sol susceptibles d'être rencontrés sont présentés dans la **figure 12**. Classés d'après les substrats géologiques sur lesquels ils sont distribués, ils illustrent aussi les différentes voies de la pédogenèse régionale.

* *Sols sur marnes*

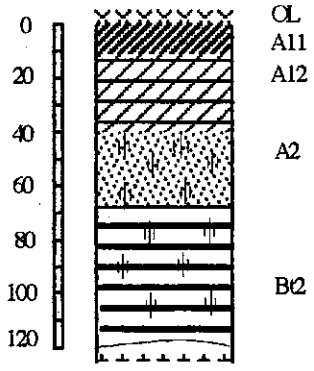
- développés dans les faciès très argileux (40% d'argile),
- profil de type A_1, A/C, C : Pélosol,
- A_1 à structure polyédrique, texture peu contrastée sur le profil,
- riches sur le plan nutritif,
- régime hydrique contrasté,
- humus de type mull eutrophe,
- variations autour du type :
  * différenciation plus poussée pour les pélosols brunifiés,
  * accentuation de l'engorgement dans les pélosols pseudogleys.



PELOSOL

* *Sols sur limons*

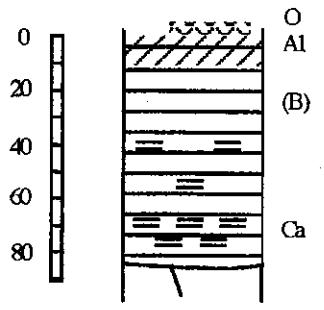
- développés dans placages limoneux,
- profil de type A1, A2, Bt, C : sols lessivés
- forte différenciation texturale sur le profil :
  (Quantité d'Argile en Bt > > Qté d'A en A1 et A2),
- pauvres sur le plan nutritif,
- drainage nul en profondeur (horizon peu poreux),
- variations autour du type :
  * lessivage faible (A1 + A2 de 20 à 40 cm),
  * lessivage accentué (A1 + A2 > 70 cm)
    s'accompagnant d'une acidification élevée et d'une marmorisation importante en profondeur (pseudogley marqué),
- humus de type mull oligotrophe à moder.



BRUN LESSIVE

* *Sols sur calcaires et calcaires marneux*

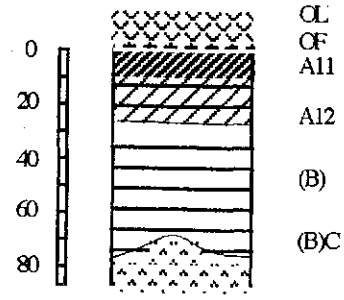
- développés dans une matrice possèdant des proportions variables d'argile d'altération et de fragments de roche calcaire,
- profil de type A1, (B), C : brun calcique
- structure à tendance polyédrique en profondeur, très influencée par l'activité des vers de terre en surface; texture à dominante d'argile et de limons,
- assez riches sur le plan nutritif avec proportion variable de carbonate de calcium (carbonatation),
- régime hydrique assez variable,
- humus de type mull calcique à carbonaté.
- variations autour du type :
  * sols peu différenciés carbonatés sur fortes pentes ou calcaires durs (rendzines, rares)
  * sols différenciés carbonatés (bruns carbonatés).



BRUN CALCIQUE

* *Sols sur grès*

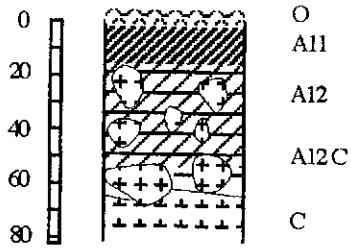
- développés dans une arène sablo-argileuse plus ou moins caillouteuse,
- profil de type O, A1, (B), C : sol brun acide,
- pauvres sur le plan nutritif,
- régime hydrique variable,
- humus de type mull oligotrophe à moder,
- variations autour du type :
  * hydromorphie en profondeur (voir sols hydromorphes),
  * acidification avec passage vers les sols bruns ocreux voire ocre-podzoliques.



BRUN ACIDE

* *Sols sur matériaux jeunes (colluvions et alluvions)*

- développés dans des matériaux parentaux à dominante de sables et de limons,
- profil de type O, A1, (B), (B)/C,
- structure mal exprimée,
- richesse élevée à moyenne sur le plan nutritif,
- régime hydrique variable en fonction de la topographie,
- humus de type mull eutrophe à oligotrophe,
- variations autour du type :
  * sols jeunes peu différenciés sur matériaux très influencés par les eaux ou la pente,
  * sols hydromorphes sur pente faible ou nulle (voir § suivant).

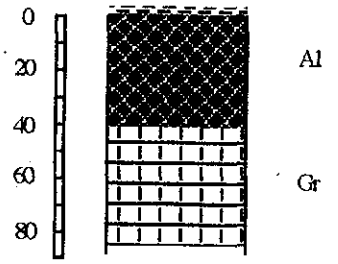


PEU EVOLUE D'APPORT COLLUVIAL

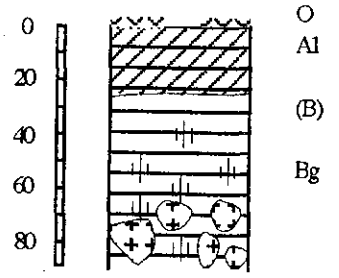
* *Sols hydromorphes*

- hydromorphie de nappe perchée résultant d'un engorgement temporaire du sol, dû à une faible porosité, avec redistribution du fer (différences de coloration de l'horizon d'hydromorphie ou pseudogley); profondeur d'apparition de cet horizon variable en fonction de la qualité du drainage local; humus de type aéré ou non aéré lorsque cet horizon se rapproche de la surface;

- hydromorphie de nappe permanente avec oscillations : présence d'horizons de type gley (oxydé ou réduit), à saturation durable par une eau plus ou moins oxygénée; dynamique du fer reflétée par une coloration de l'horizon à dominante de gris; profondeur d'apparition faible à moyenne; humus de type non aéré dominants (hydromull, hydromoder, hydromor, anmoor).



GLEY REDUIT A ANMOOR



BRUN ACIDE A PSEUDOGLEY

3.5. Sols et fertilité

D'après les paramètres édaphiques qui ont été cités, on peut donner en première approche un aperçu des conditions de milieu régnant sur les différents types de support.

Echelle d'humidité :

NIVEAU HYDRIQUE	Humide	Assez humide	Très frais	Frais	Sec	Très sec
TYPE DE SOL	SOL A GLEY	SOL A PSEUDOGLEY	SOL SAIN OU A PSEUDOGLEY PROFOND		SOL SUPERFICIEL	

Echelle d'acidité :

ACIDITE	Très acide	Acide	Peu acide	Neutre	Calcique
TYPE DE SOL	LESSIVE ACIDE PODZOLISE	LESSIVE BRUN OCREUX	BRUN MESO A EUTROPHE BRUN ACIDE		BRUN CALCIQUE A CARBONATE

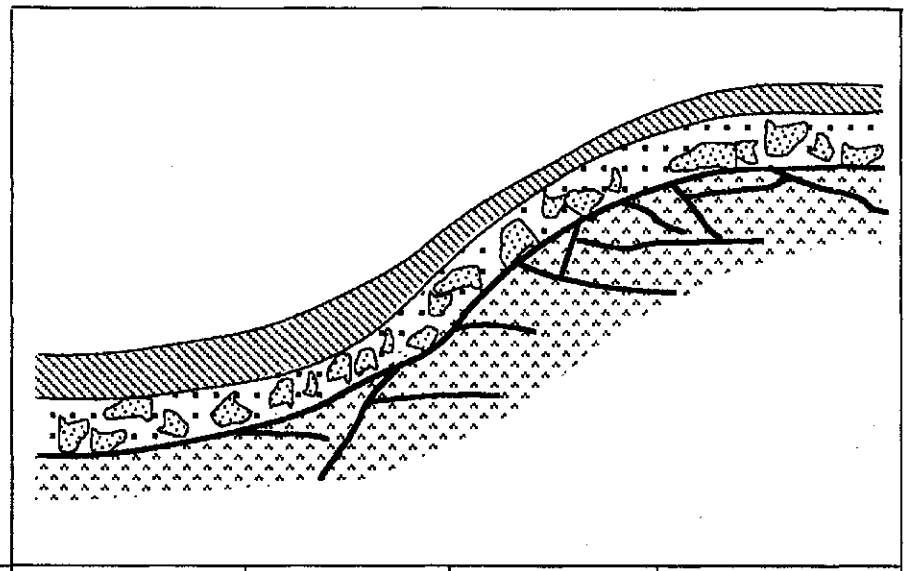
Les conditions extrêmes caractérisent les limites de chacun des gradients et se révèlent des obstacles à la production ligneuse :

- excès d'eau : les conditions asphyxiques règnant à certaines périodes de l'année diminuent l'activité du système racinaire;
- xéricité : le déficit temporaire en eau du sol occasionne des stress;
- acidité : la fertilité faible des sols abaisse la production.

Les conditions moyennes correspondent aux nombreuses combinaisons des facteurs stationnels qui offrent de multiples nuances dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers.

Certaines autres caractéristiques des sols constituent aussi des contraintes importantes pour la sylviculture, en tant qu'obstacles mécaniques : sur les roches peu altérables, en raison de la faible épaisseur de la couche meuble (sols superficiels) ou de la présence d'un horizon durci en profondeur, les difficultés d'enracinement qui empêchent l'installation de certaines essences (Hêtre par exemple).

Sur un même matériau d'origine, la forme du versant et la pente influencent non seulement la réserve en eau du sol mais aussi la richesse chimique (**Figure 13**).



SITUATION	Bas de versant	Mi-versant	Haut de versant	Sommet
EAU	Collecte	Transit	Départ	-------
DRAINAGE DOMINANT	vertical	latéral	latéral	vertical
TRANSPORT EN SOLUTION	Réception des éléments	Equilibre entre départ et réception	Départ d'éléments	-------

Figure 13 : Influence de la pente sur le régime hydrique et les transferts d'éléments en solution

E. FLORE ET VEGETATION FORESTIERE.

1. Généralités.

L'étude de la flore et de la végétation de la région permet de dresser plusieurs constats quant :

- aux origines des espèces et des cortèges qu'elles forment,
- à la distribution de ces cortèges en fonction des variations des facteurs écologiques et de l'influence de l'homme,
- à la dynamique qui anime le tapis végétal dans chacun des secteurs écologiques.

2. Flore.

2.1. Caractères historiques et phytogéographiques.

L'étude de ces caractères repose sur la chorologie des espèces. La flore actuelle de la bordure Est du plateau Lorrain résulte de la réunion de plusieurs cortèges floristiques. Un cortège floristique rassemble des espèces dont l'aire de répartition possède un "centre de gravité" semblable et qui sont issues de migrations identiques.

Ainsi le tapis végétal de la bordure Est du plateau Lorrain est composé actuellement par trois catégories :

- un cortège médioeuropéen très dominant,
- un ensemble d'éléments atlantiques et subatlantiques très peu abondants,
- un cortège montagnard et submontagnard se manifestant dans divers milieux.

Les éléments de la flore subméditerranéenne signalés à l'Est du plateau sont quasi absents de la zone d'étude.

Avant de passer en revue le contenu de ces cortèges d'espèces, on peut reproduire ici les conclusions tirées de ces constatations floristiques et chorologiques par les phytogéographes.

La région étudiée fait partie du domaine floristique médioeuropéen. Dans la flore de la Belgique de J.E. de LANGHE et al. (3è ed, 1983), elle est incluse dans le district lorrain, délimité à l'Ouest par le district champenois et au Nord par le district ardennais (voir **figure 14**). TIMBAL (1983) établit trois divisions phytogéographiques dont celle "des plaines et collines de Lorraine (Plateau Lorrain) à flore collinéenne moins variée, mais où on peut trouver un certain nombre d'espèces médioeuropéennes et montagnardes". La zone reposant sur l'étage du Muschelkalk appartient à cette unité.

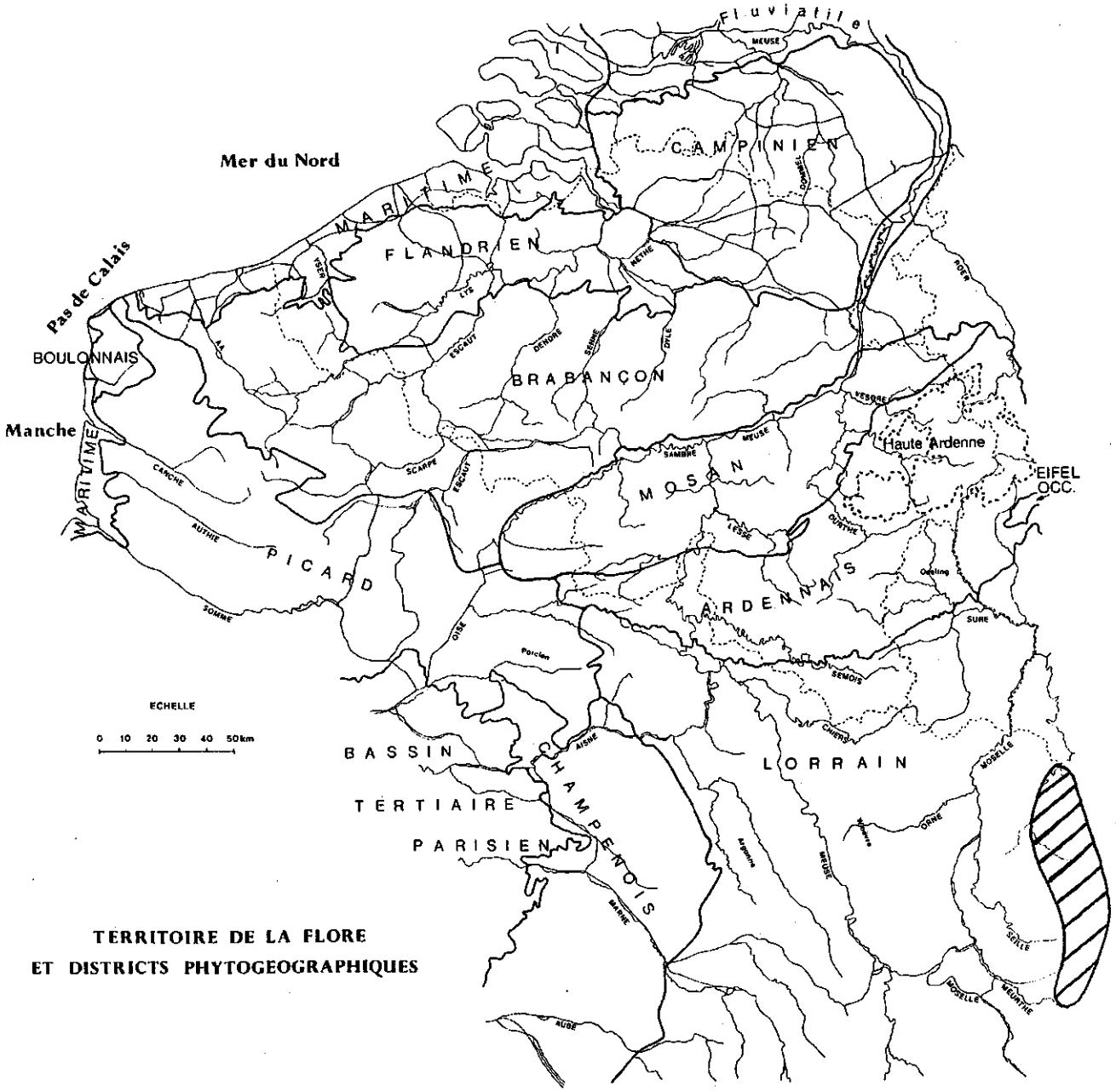


Figure 14 : Situation de la région étudiée et districts phytogéographiques du Nord-Est de la France

LES CORTEGES FLORISTIQUES.

☐ Espèces continentales ou médioeuropéennes :

Les espèces médioeuropéennes sont des taxons originaires d'Asie, ayant migré vers l'Ouest. Elles constituent le fond de la végétation et se rencontrent dans tous les types de milieu, ce qui est la preuve de l'importance de ce groupe d'espèces et de la "relative continentalité de la région".

D'une façon générale, l'étude de la répartition de ces espèces montre un net appauvrissement d'Est en Ouest. Les premières limites absolues de certaines ne sont constatées qu'à l'Ouest de l'auréole du Muschelkalk (Côtes de Moselle).

Luzala albida	*Carex pilosa*	*Carex alba*	*Phyteuma nigrum*
Festuca sylvatica	*Pulmonaria officinalis obscura*	*Carex montana*	*Carex brizoides*
Pulmonaria mollis	*Melittis melissophyllum*	*Elymus europaeus*	*Hepatica triloba*
Rhamnus cathartica	*Poa chaixii*	*Ulmus laevis*	*Stachys alpina*
Viola mirabilis	*Galium sylvaticum*	*Prunus padus*	*Stachys germanica*
Thlaspi montanum	*Carex polyrhiza*	*Asarum europaeum*	

☐ Cortège atlantique :

D'origine sud et ouest-européenne, ces espèces ont pu subsister grâce à certains traits du climat régional (pluviométrie élevée, amplitude thermique limitée). On distingue deux groupes d'espèces :
- un élément atlantique très peu représenté en Lorraine et absent de la bordure Est du Plateau,
- un élément subatlantique, s'accommodant mieux de la forte teinte continentale du climat, plus fréquent.

Ilex aquifolium
Aspidium aculeatum (très rare)
Cardamine impatiens (très rare).

☐ Cortège montagnard

Ce cortège rassemble des espèces ayant des affinités pour les reliefs. Il est important à considérer dans les plaines, les collines et plateaux.

Ces éléments floristiques prospectent des milieux assez divers. Beaucoup, surtout parmi les plus rares, sont considérés comme relictuels des périodes glaciaires. Ils se sont maintenus dans deux localisations préférentielles :
- les vallons et versants en exposition froide,
- les zones marécageuses.

Acer pseudoplatanus	*Luzula maxima*	*Polygonum bistorta*
Acer platanoides	*Elymus europaeus*	*Geum rivale*
Tilia platyphyllos	*Rubus saxatilis*	*Festuca sylvatica*
Ulmus glabra	*Rubus idaeus*	*Dryopteris linneana*
Sorbus aucuparia	*Carex alba*	*Leucojum vernum*
Sambucus racemosa	*Senecio fuchsii*	*Daphne mezereum*
Cardamine heptaphylla		

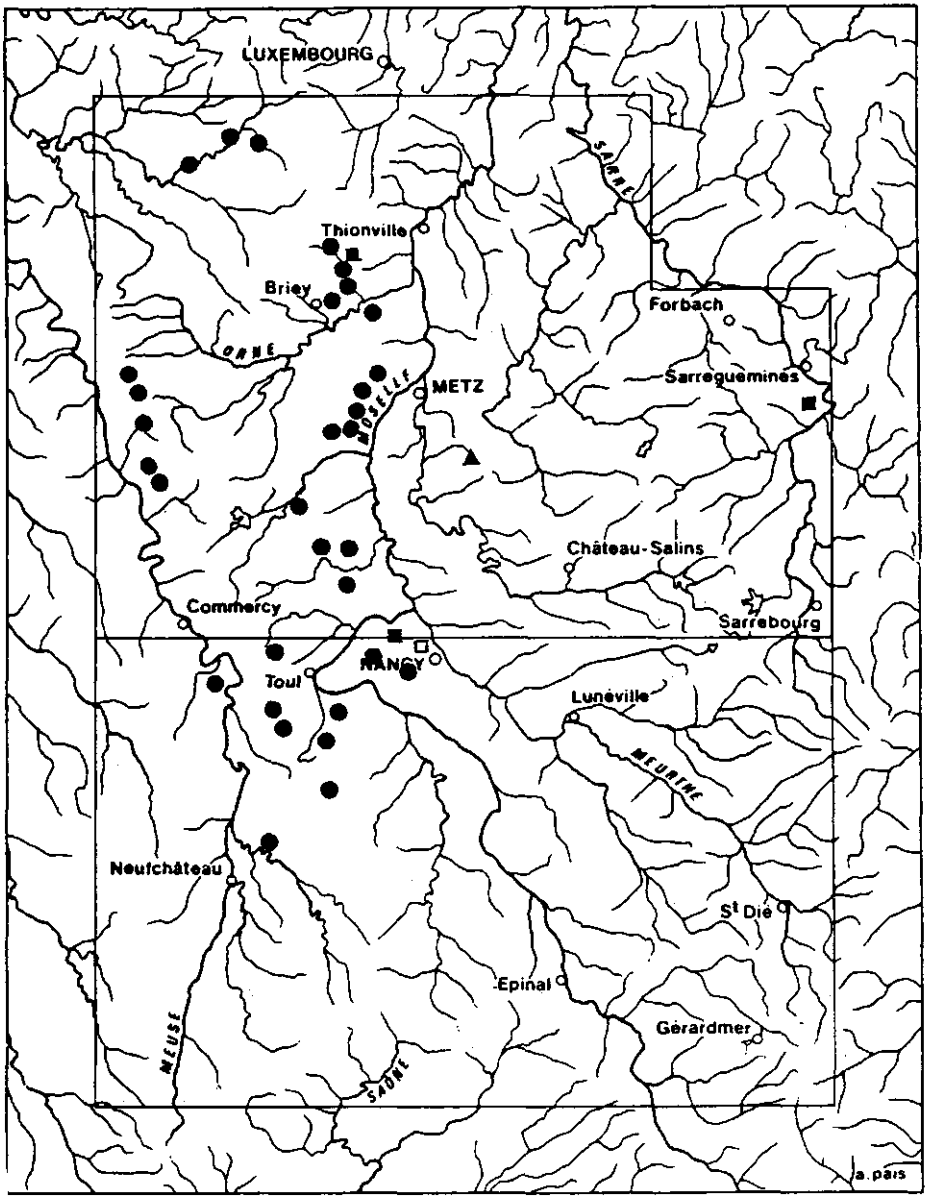
La **figure 15-1** et **15-2** illustre la répartition d'espèces représentatives de chacun des cortèges.
Les listes données ici (d'après TIMBAL, op. cit.) possèdent au stade de la préétude écologique un caractère prospectif. Elles montrent que l'éloignement de la mer impose au climat lorrain une forte nuance continentale. C'est pourquoi la flore se rattache au domaine médioeuropéen.

Elles permettent aussi de :

- déterminer une végétation climax qui sera à base de Hêtre dominant,
- de prendre en considération la présence ou l'absence des espèces des cortèges recensés en fonction d'un axe Est-Ouest,
- d'interpréter l'abondance de certains taxons lorsqu'ils apparaîtront à leur optimum dans des conditions de milieux plus localisées en fonction de la nature du relief et de la situation topographique.

Ce dernier aspect fait appel à la connaissance des caractères stationnels et, dans une moindre part, à l'influence de l'homme.

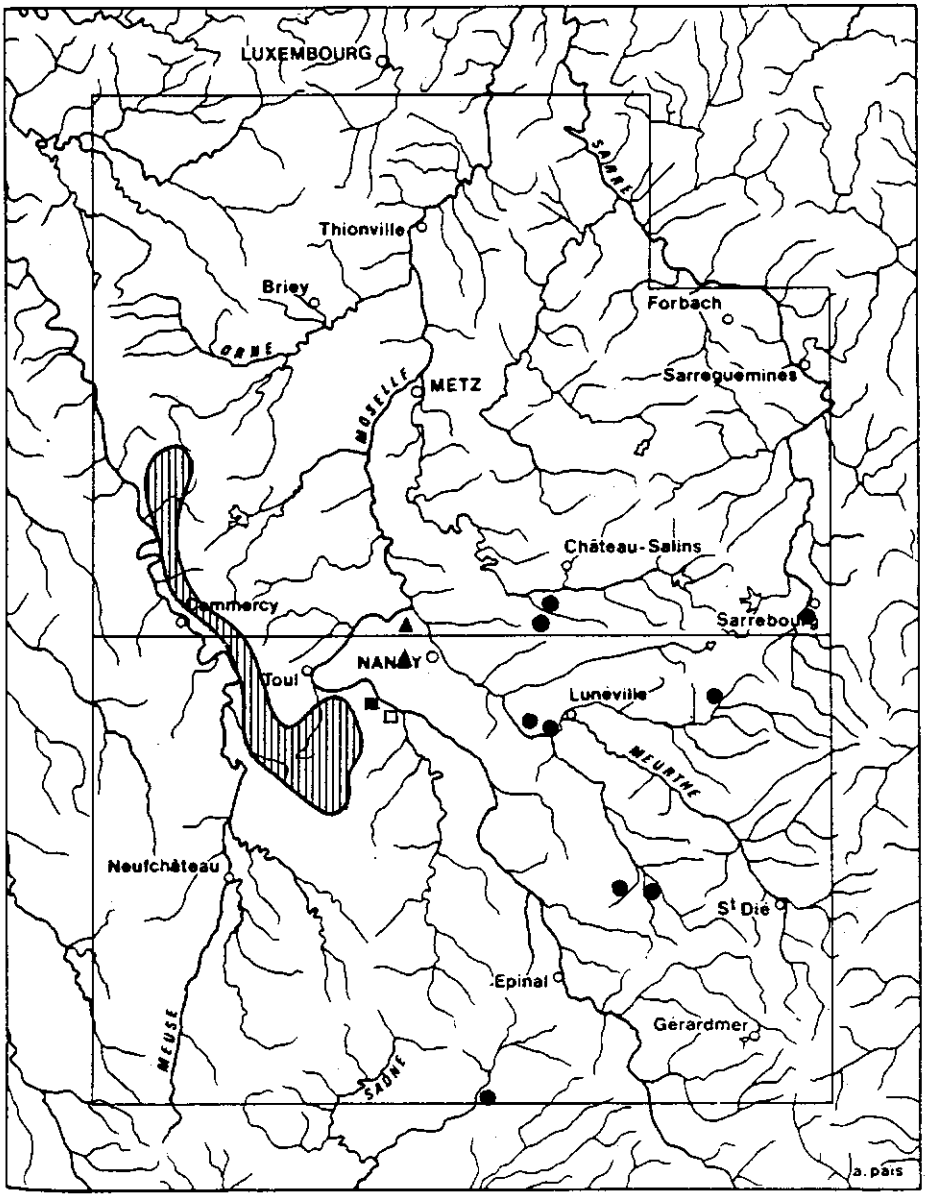
PLANCHE 19. – **Répartitions d'espèces montagnardes**



● *Aconitum vulparia* (d'après G.H. Parent)
▲ *Polygonatum verticillatum* (collinéen)
■ □ *Festuca silvatica* (collinéen)

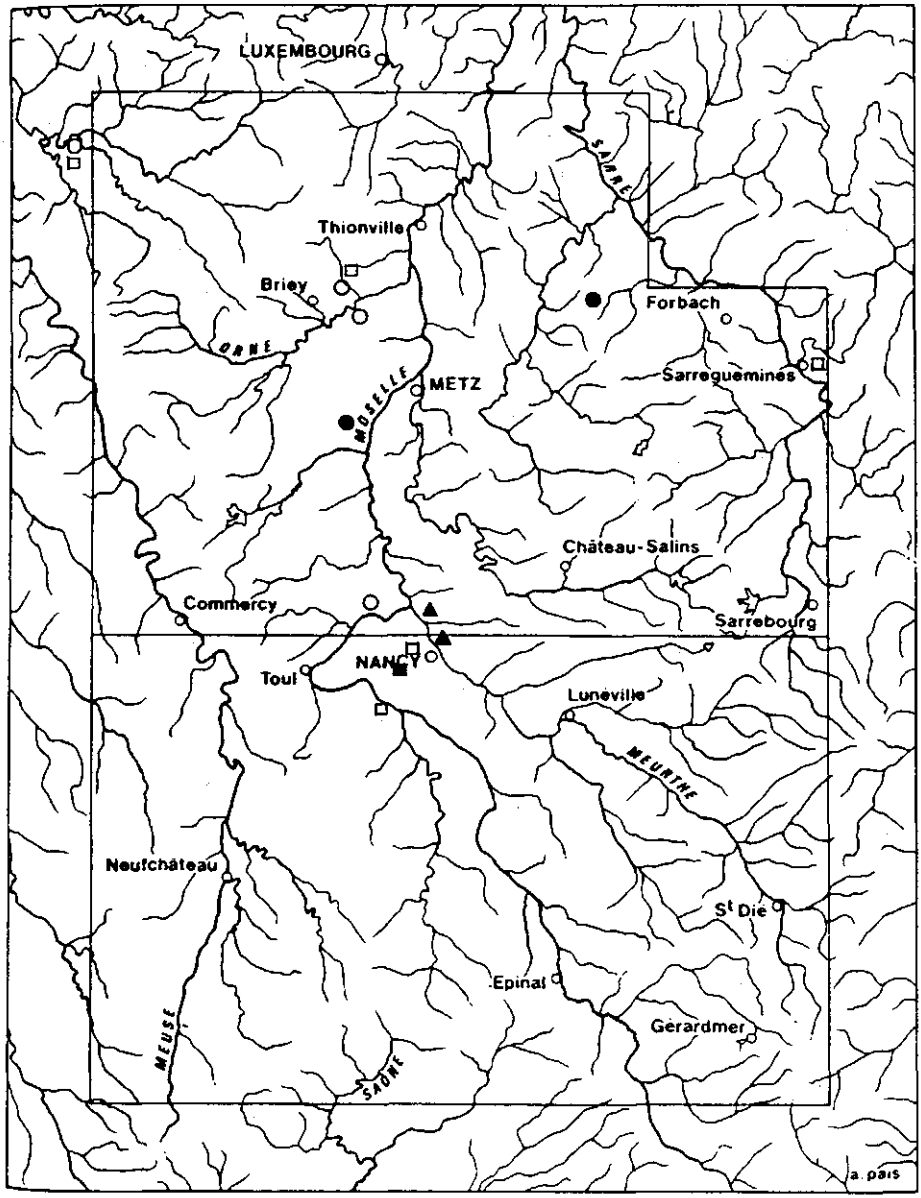
Figure 15-1 :

PLANCHE 22. – **Répartitions d'espèces montagnardes**



● ▨ *Leucojum vernum* (d'après G.H. Parent et observations personnelles)
▲ *Asplenium viride* (collinéen)
■ □ *Impatiens noli-tangere (collinéen)*

PLANCHE 11. – **Répartitions d'espèces subatlantiques**

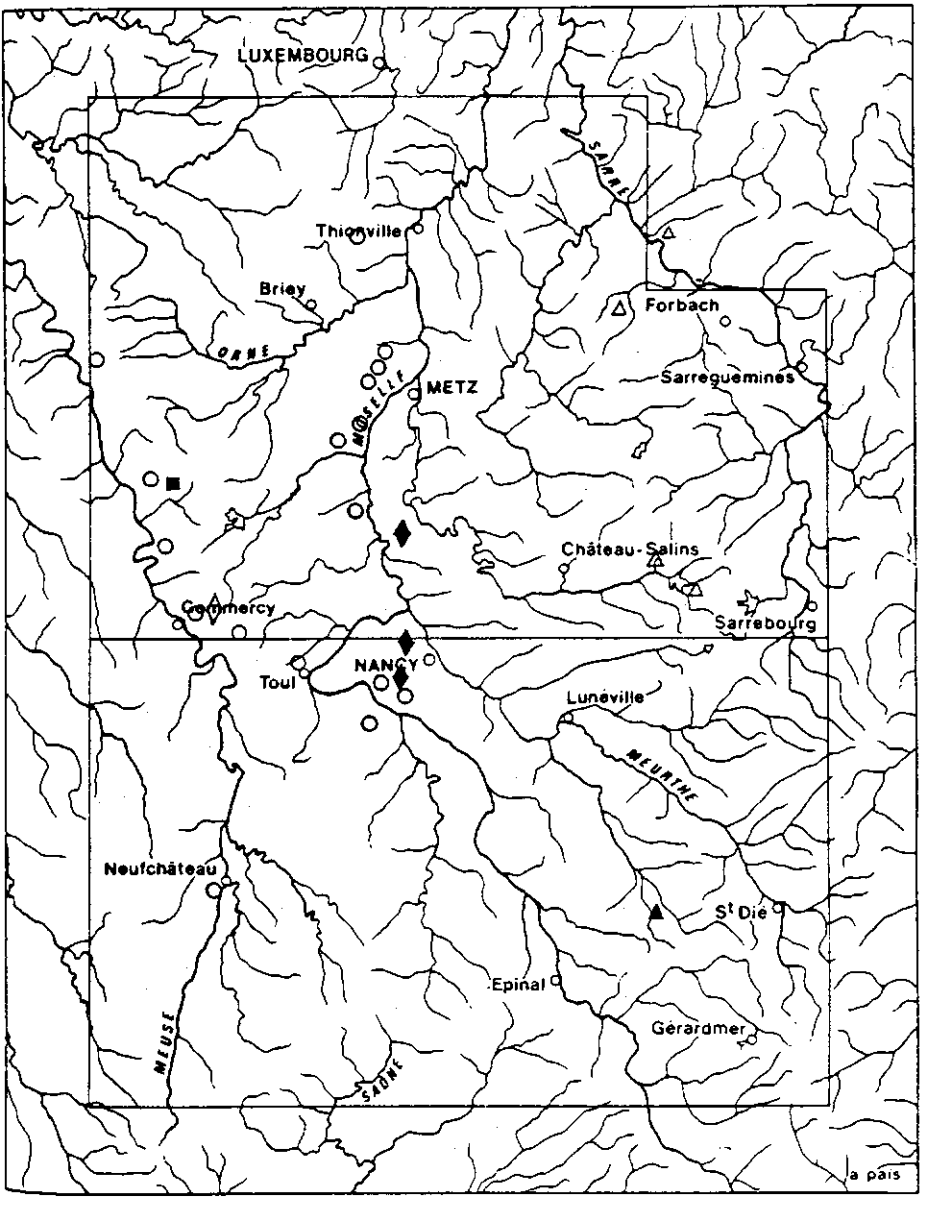


● ○ *Aspidium aculeatum angulare* (en dehors des Vosges)
▲ *Primula vulgaris*
■ □ *Cardamine impatiens*

Les signes pleins correspondent à des observations personnelles ou à des observations récentes de botanistes sérieux.
Les signes vides correspondent à des données de la littérature, souvent anciennes.

Figure 15-2 :

PLANCHE 15. – **Répartition d'espèces médio-européennes**



○ *Anemone sylvestris*
■ *Coronilla coronata*
▲ △ *Genista germanica*
♦ ◇ *Carex pilosa*

2.2. Caractères écologiques.

2.2.1. Facteurs écologiques abiotiques.

A l'intérieur du domaine défini, il est possible d'établir un premier diagnostic écologique des espèces en présence. Rappelons que dans la méthode utilisée la présence ou l'absence des espèces jouent le rôle d'indicateurs des conditions de milieux. Auparavant, il est nécessaire de connaître le comportement de chacun des éléments de la flore vis à vis des facteurs écologiques prépondérants.

Les études écologiques rappelées en fin de ce document permettent de donner un premier aperçu de la répartition des plantes. Sur la base des inventaires menés notamment par TIMBAL (op. cit.), BRETHES (1976) plusieurs influences se dessinent nettement dans le territoire étudié. D'autres ne sont pas suffisamment affirmées pour pouvoir être prises en compte et ne viendront que nuancer la structuration écologique.

Globalement le niveau hydrique des stations offre un premier gradient net; puis, dans un deuxième temps le niveau trophique des sols.

On peut aussi noter l'expression limitée des influences montagnardes. Bien qu'un contingent d'espèces montagnardes ait été relevé, le domaine offert par l'auréole de l'étage Muschelkalk appartient entièrement à l'étage collinéen. Il n'apparaît pas d'influence altitudinale justifiant l'isolement d'un étage montagnard.

L'information apportée par les espèces du contingent montagnard est interprétable au niveau des nuances apportées par les variations du mésoclimat (exposition et situation géographique contrastant avec le macroclimat régional).

Plusieurs groupes d'espèces, déjà recensés, sont rappelés ci-après;

☐ ***Gradient d'humidité des sols (terminologie d'après RAMEAU, 1990)***

Espèces xérophiles : présentes sur les sols superficiels, dans des conditions pédoclimatiques sèches.

Espèces mésophiles : installées dans des conditions pédoclimatiques moins extrêmes que les précédentes.

Espèces *hygroclines* : indiquant des conditions fraîches à très fraîches.

Espèces *mésohygrophiles* : ayant leur optimum sur les sols temporairement engorgés.

Espèces *hygrophiles* : croissant sur les sols engorgés toute l'année.

☐ ***Gradient trophique des sols.***

Espèces *très acidiphiles* : abondantes sur les sols les plus acides, à humus de type dysmoder ou mor.

Espèces *acidiphiles de moder* : abondantes sur les sols acides à humus de type moder.

Espèces *acidiphiles à large amplitude* : caractéristiques des sols désaturés (mull oligotrophe à dysmoder).

Espèces *acidiclines de mull oligotrophe* : dont la fréquence la plus élevée se situe sur mull oligotrophe.

Espèces *acidiclines de mull mésotrophe* : présentant leur optimum sur les sols légèrement désaturés.

Espèces *neutronitroclines* : affectionnant des sols saturés et assez riches en azote.

Espèces *neutronitrophiles* : croissant sur des sols saturés en base et très riches en azote.

Espèces *neutroclines à large amplitude* : dont l'abondance est maximale à pH proche de la neutralité, du mull carbonaté au mull-moder.

Espèces *neutroclines à amplitude moyenne* : dont l'abondance est maximale à pH proche de la neutralité, à amplitude plus réduite, du mull calcique au mull mésotrophe.

Espèces *neutroclines à calcicoles* : prospérant sur les sols riches en cations échangeables, avec optimum sur les sols bruns calciques.

Espèces *calcaricoles* : recherchant les sols riches en calcaire actif.

Espèces *à très large amplitude* : présentes du mull carbonaté au dysmoder (valeur indicatrice limitée).

La prise en compte des données édaphiques conduit à définir de façon précise pour la région le comportement des espèces et les groupes indicateurs(*) qu'elles forment.
Ces groupes opérationnels dans l'aire de validité du catalogue sont utilisables pour diagnostiquer les communautés végétales décrites; chacune correspondant à une combinaison originale de groupes d'espèces indicatrices.

2.2.2. Facteurs biotiques.

On recense ici deux types d'influences dues :

- d'une part, à la pression de la faune sur le milieu,
- d'autre part, aux effets directs ou indirects de l'activité humaine.

L'activité de la faune se traduit d'abord par des prélèvements sélectifs au niveau du tapis herbacé qui retentissent sur l'abondance de certaines espèces. Elle se pose surtout en terme de dégâts lorsqu'elle concerne les semis et la régénération des essences valorisables. Dans ce dernier cas, la connaissance des zones à pression importante est vitale dans les choix d'aménagement.

Les effets de l'activité humaine peuvent être d'abord directs avec disparition d'espèces. Cet aspect reste difficile à apprécier dans l'étude envisagée. En revanche, l'inventaire des milieux les plus marginaux doit être abordé dans l'échantillonnage afin de reconnaître leurs potentialités et d'offrir une alternative aux options d'aménagement qui tendent à les modifier de façon irréversible :

- drainage et aménagement des zones humides,
- introduction d'essences dans les secteurs difficiles à valoriser.

(*) Un groupe indicateur rassemble des espèces qui ont un comportement identique dans des conditions similaires.

Enfin, un des rôles les plus importants joué par l'homme réside dans la modification apportée dans le développement naturel du tapis végétal par les pratiques sylviculturales. Sans avancer dans le détail des connaissances acquises en matière de dynamique de la végétation, qui seront développées plus loin, l'expérience montre que les communautés offrent des réponses très variées aux différents types de traitement. Ceux-ci provoquent soit l'apparition ou la surabondance d'espèces favorisées par la lumière (espèces héliophiles), soit la disparition de celles-ci dans les milieux qui se ferment (développement d'espèces d'ombre ou sciaphiles).

L'évolution du tapis est liée à plusieurs paramètres qui décrivent l'état du peuplement (couvert arborescent, composition dendrologique dominante, âge des peuplements).
Dans un certain nombre d'études phytoécologiques, il apparaît que les évolutions de la richesse floristique des stations (nombre d'espèces) doivent être prises en compte dans la structuration des types de stations, à côté de la structuration écologique habituelle (SIMONNOT, 1991). Ce type d'interprétation fait appel à la dynamique de la végétation.
Une structuration dynamique s'établit ainsi entre deux extrêmes quelles que soient les conditions stationnelles avec :

- d'un côté, de forêts fermées avec un sous-bois composées d'espèces peu nombreuses et peu recouvrantes,
- de l'autre, des forêts plus ouvertes ou dégradées avec des strates arbustives et herbacées riches en espèces et recouvrantes.

Par ailleurs, la connaissance des espèces répondant le mieux à l'afflux de lumière apporte des notions de contraintes pour la réussite des aménagements. Celles-ci appartiennent pour le plus grand nombre aux groupes floristiques dits "à large amplitude".

2.2.3. Dynamique de la végétation.

Les principaux éléments de connaissance sur le comportement dynamique des espèces ligneuses ont été mis en évidence par RAMEAU (1987).
En se référant à la classification des essences proposée, on peut dresser une liste des essences spontanées, d'après leur biologie.

L'auteur propose un schéma général d'évolution des groupements forestiers. Trois stades d'évolution conduisent la végétation à une forêt climacique. Dans cette étude, seul le stade forestier est décrit. Les landes et pré-bois ne font pas l'objet d'un échantillonnage.

ESSENCES	CATEGORIE	PRINCIPALES CARACTERISTIQUES
Salix pl. *Betula alba* *Betula pubescens* *Alnus glutinosa*	PIONNIERES	- recherchent la pleine lumière dès les premiers stades, - bonne résistance aux stress hydriques, - bois tendre et léger, croissance rapide, peu longévives, potentiel d'invasion très élevé vers les milieux ouverts (anémochorie).
Sorbus torminalis *Sorbus aria* *Sorbus aucuparia* *Fraxinus excelsior* *Acer sp.* *Prunus avium* *Carpinus betulus* *Ulmus montana* *Tilia cordata* *Quercus robur* *Quercus petraea*	POST-PIONNIERES	- croissance moins rapide, - bois semi-durs ou durs, - essences longévives, - espèces héliophiles ou semi-héliophiles , tolérant un éclairage tamisé dans les plus jeunes stades, - beaucoup ont un comportement de nomades et peuvent s'installer dans un milieu ouvert.
Fagus sylvatica (Sapin)	DRYADES	- espèces d'ombre (à l'état juvénile), - essences longévives, - croissance lente.

(d'après RAMEAU, 1987)

Le stade forestier est marqué par différentes phases évolutives qui, ordonnées, constituent un modèle sylvigénétique. Celui-ci débute par l'apparition d'une phase pionnière qui suit le stade préforestier, puis d'une phase intermédiaire transitoire qui elle-même précède la phase optimale. La maturation des groupements progresse par l'apparition successive des essences selon leur comportement vis à vis de la lumière et leur aptitude à résister à la concurrence des autres espèces pour les ressources (eau et profondeur utile du sol). Les conditions imposées par le couvert vont influencer le développement du sous-bois tout au long de l'évolution sylvigénétique (maturation parallèle du cortège floristique).

Trois essences frugales (Saules, Bouleaux et Aulne), à durée de vie courte et fort pouvoir colonisateur, composent les groupements des phases pionnières. Des espèces plus nombreuses, opportunistes, plus longévives peuvent participer à cette phase pionnière sur sol riche et dominent dans les phases intermédiaires. Celles-ci sont aptes à supporter davantage la compétition avec l'essence d'ombre régionale (Hêtre) caractérisant la phase optimale et représentant le degré de maturation le plus élevé des groupements. Ce schéma d'évolution linéaire est valable dans le cas d'une végétation non modifiée par l'homme. Il doit le plus souvent être corrigé en fonction des nombreuses perturbations qui ont affecté le développement des forêts :

- des phénomènes naturels accidentels (cas assez rares),

- l'intervention de l'homme qui maîtrise un cycle sylvicultural et "fixe" la composition de certains peuplements (sylvofaciès) ou bien qui, par ses prélèvements plus ou moins sévères, dégrade ceux-ci.

Dans le massif forestier étudié, on recense des groupements issus de phénomènes évolutifs non controlés (phases dynamiques) et d'autres qui sont des produits de l'activité de l'homme (sylvofaciès). Afin d'être exact, il faut signaler que certains traitements culturaux sont à l'origine de peuplements dont la composition est très proche, voire équivalente de celles des phases.

On est en mesure d'identifier objectivement des phases dynamiques lorsque l'on observe des successions dynamiques linéaires (cas d'évolution progressive dans des terrains non encore boisés par ex.) ou cycliques après vieillissement ou perturbation de massifs déjà structurés (évolution régressive). Dans le cas de forêts cultivées comme dans notre région, un certain nombre de groupements correspondent de façon certaine à une végétation ayant répondu aux modifications du milieu engendrées par le traitement.

3. Végétation forestière.

3.1. Généralités.

A partir de la connaissance du comportement de chacune des espèces recensées l'objectif à atteindre consiste à reconnaître tous les groupements forestiers qui composent la végétation forestière. Différentes classifications des forêts de la région ont été proposées. Elles font appel à plusieurs méthodes qu'il est nécessaire de passer en revue pour exploiter les connaissances qu'elles apportent au sujet du fonctionnement des écosystèmes forestiers :

- méthode de typologie avec analyse simultanée des conditions de milieu (notamment édaphiques) et de la végétation,
- méthode phytoécologique dont le raisonnement repose sur les seuls caractères floristiques avec incorporation à posteriori des conditions de milieu,
- analyse des séries de végétation proposant le découpage du tapis végétal (et la cartographie) en unités dynamiques.

La première servira de base pour la realisation de l'étude en cours.

3.2. Séries de végétation (d'après TIMBAL, 1978)

Plusieurs séries de végétation ont été identifiées. Une série de végétation est un ensemble de groupements végétaux qui se succèdent dans le temps dans un milieu écologiquement homogène. Chaque série porte pour nom celui de l'essence qui domine lorsque le groupement est à son degré d'évolution maximum. Le caractère ubiquiste des essences dominantes a contraint les auteurs à établir des distinctions d'après la nature du sous-bois. Elles traduisent des conditions d'humidité et d'acidité différentes pour une même série.

Cette forme de connaissance est utilisable dans le cadre de cette préétude avec la restriction que ces études ont été réalisées à une échelle plus petite que celle exigée par la typologie forestière. Cette méthode fournit un premier recensement des diverses combinaisons dendrologiques dominantes. Elle définit grossièrement les gradients écologiques prépondérants dans la zone d'étude. La liste des séries reconnues montre l'appartenance de l'auréole du Muschelkalk à l'étage collinéen.

***Série du Chêne pédonculé (*Quercus robur L.*)**

Groupements de cette série strictement localisés sur les sols argileux et argilo-limoneux, plus ou moins hydromorphes du Muschelkalk marneux, du Keuper et du Lias.

- ☐ Chênaie pédonculée - charmaie de plaine.
- ☐ Chênaie pédonculée - érablaie des fonds de vallons des plateaux calcaires.

***Série du Chêne sessile (*Quercus petraea (Maltus.)* Liebl.).**

Ont été identifiées dans cette série toutes les forêts où l'absence du Hêtre ne peut être imputée à l'action de l'homme (TIMBAL).

***Série mixte de Chêne sessile et du Chêne pédonculé avec Charme.**

"On y trouve en mélange parfois intime, le Chêne sessile, le Chêne pédonculé et leurs hybrides(*) ". Ces forêts sont distribués sur des sols lessivés hydromorphes. Cette série est bien développée sur le Plateau lorrain partout ou le substratum géologique est argileux ou marneux (Keuper et Muschelkalk essentiellement); même recouvert de limons.

***Série du Hêtre avec Chêne sessile.**

Malgré l'abondance du Hêtre dans la région et son caractère d'essence climacique, dans l'étage collinéen, il ne forme jamais des peuplements purs. Les proportions des deux essences, accompagnées parfois du Chêne pédonculé, sont très variable.

(*) Cette notion a régressé avec les résultats des dernières recherches scientifiques qui ont montré que le taux d'hybridation entre les deux espèces restait assez faible.

Deux sous-séries sont individualisées :

☐ Sous série mésoneutrophile du Hêtre avec Chêne sessile et Charme. Forêts développées sur substrat limoneux et limono-argileux profond, décarbonaté, de plateau ou de plaine : limons sur calcaire marneux , plus rarement limons sur alluvions anciennes ou même argiles de décarbonatation. Des stations de pente sur pélosol ou pélosol brunifié sont rencontrées.

☐ Sous série acidophile du Hêtre avec Chêne sessile.

Cette série se développe sur :

- placages de limons à sols lessivés,
- alluvions anciennes de la Moselle,
- grès Rhétien du Plateau lorrain.

***Annexes avec séries collinéennes.**

Les auteurs ont rassemblé ici plusieurs faciès où des essences jouant un rôle secondaire dans les séries précédentes, deviennent dominantes dans les peuplements. Ceci constitue un premier recensement des arbres qui sont susceptibles de former des faciès. Charme, Frêne, Bouleaux, (*Betula verrucosa et B. pubescens*), Tremble, Tilleuls (*Tilia platyphyllos et T. cordata*), Erable sycomore.

***Séries de l'Aulne**

Climax des fonds de vallées mouilleux, on distingue plusieurs types d'aulnaies :

- aulnaie acidophile à Sphaignes
- aulnaie oligotrophe de ruisseau à *Carex*,
- aulnaie mésotrophe à *Glyceria fluitans* ou à *Peucedanum palustre*,
- aulnaie eutrophe à grandes herbes.

***Aulnaies - frênaies**

Dans les milieux de transition entre Chênaie pédonculée et aulnaie la végétation est aussi fonction de la richesse des substrats :

- Aulnaie-Frênaie à *Prunus padus*,
- Aulnaie-Frênaie à *Carex remota*.

3.3. Classification phytosociologique

La méthode phytosociologique propose une classification de la végétation d'après des critères floristiques. Elle repose sur le postulat que la végétation reflète fidèlement les conditions de milieu. L'étude du tapis végétal par cette méthode montre l'existence de combinaisons originales d'espèces. La répétitivité des combinaisons observées dans des conditions de milieux semblables permet de définir des unités de végétation qui sont rangées dans un système taxonomique. Cette classification a pour unité de base l'Association végétale. Une autre unité repère intéressant de rang supérieur est l'Alliance puisqu'elle correspond à l'échelle des cartes de végétation.

Ces unités taxonomiques sont définies statistiquement et portent le nom d'une espèce dominante dans la physionomie et d'une espèce caractéristique du tapis herbacé. Elles donnent une image figée des forêts actuelles.

Unités recensées d'après la classification proposée par RAMEAU (1989, op. cit.).

Classe des *Alnetea glutinosae

□ Ordre des *Alnetalia glutinosae*

Groupement des dépressions marécageuses des grandes vallées, des petits cours d'eau ou des suintements, couvrant les sols gorgés d'eau, plus ou moins tourbeux, restant inondés une grande partie de l'année.

○ Alliance de l'*Alnion glutinosae*

Aulnaies, aulnaies-boulaies.

Classe des *Querco-Fagetea

□ Ordre des *Quercetalia robori-petraeae*.

Forêts collinéennes sur les sols pauvres en bases à Hêtre, Chêne, Chêne sessile, Chêne pédonculé.

○ Alliance du *Quercion robori-petraeae*

Hêtraie, hêtraie-charmaie sessiliflore, chênaie sessiliflore.

□ Ordre des *Fagetalia sylvaticae*

Forêts mélangées de Frêne, d'Aulne, de Chêne et de Charme, de Hêtre, d'érables et de tilleuls.

○ Alliance de l'*Alno-Padion*

Forêts du bords des eaux vives ou lentes à Frêne, Aulne glutineux et Cerisier à grappe.

○ Alliance du *Carpinion betuli*

Forêts collinéennes à Hêtres, Chênes, Charme dominant (la majeure partie de la surface). Deux sous-alliances traduisent des variations du niveau trophique :

- une sous-alliance à flore mésoneutrophile à mésoacidiphile, le *Lonicero-Carpinenion*,
- une sous-alliance à flore calcicole à neutrophile, le *Daphno-Carpinenion*.

Un certain nombre d'associations ont déjà été définies. Mais il convient d'examiner les tableaux de relevés obtenus après prospection sur le terrain pour vérifier la présence des unités de rang inférieur (associations).

En conclusion, on remarque que l'inventaire des unités taxonomiques de rang élevé confirme à nouveau l'existence des gradients écologiques déjà mis en évidence :

- végétation caractéristique de l'étage collinéen,
- gradient d'humidité,
- gradient d'acidité.

3.4. Données I.F.N.

☐ ***Région Alsace, département du Bas-Rhin (inventaire 1979)***

Dans ce département, la région forestière du plateau lorrain se juxtapose assez exactement à l'entité naturelle qui fait l'objet de l'étude en cours. Les données de l'inventaire sont donc directement utilisables.

La forêt occupe 7 370 ha; le taux de boisement est de 24 %.

La végétation forestière se caractérise par la prédominance des peuplements feuillus, puisqu'ils occupent 5 820 ha, soit presque 79 % du total des formations boisées, contre 1 290 ha de peuplements résineux (17,5 %) et 260 ha de peuplements mixtes (3,5 %). Dans les peuplements feuillus, la structure "futaie" vient largement en tête.

☐ ***Région lorraine***

* Département de la Moselle :

Les auréoles du Muschelkalk sont incluses dans la région du Plateau Lorrain pour les données I.F.N. 80-82. Les données ne sont pas directement exploitables.

* Département de la Meurthe et Moselle (inventaire 1990) :

Les données anciennes de l'inventaire de Meurthe et Moselle ne fournissent pas de données propres à la région naturelle des auréoles du Muschelkalk qui sont englobées dans la région forestière du Plateau Lorrain s.l.

Cependant, LEJEAN (1992) a rassemblé quelques résultats de l'inventaire 1990 qui a isolé du Plateau Lorrain la sous-région "Auréoles du Muschelkalk".

"Le taux de boisement est de 12,3 %, le plus faible de tout le département. Le type de peuplement rencontré est le taillis sous-futaie enrichi (mélange futaie et taillis de l'I.F.N.)."

4. Types de station

Les données stationnelles sont élaborées à l'aide de la méthode préconisée par la commission de typologie forestière qui utilise à la fois les caractères floristiques et les données de milieu pour la définition des unités : les types de station.

La station forestière est définie comme une étendue de terrain de superficie variable, homogène dans ses conditions écologiques. Elle justifie une sylviculture précise avec laquelle on peut espérer une productivité comprise entre des limites connues, pour une essence donnée.

Le type de station est l'unité abstraite définie statistiquement à partir d'ensembles de stations semblables.

L'analyse de la composition en espèces des stations visitées est conduite de manière :

- à définir des unités floristiques types,
- puis à confronter la distribution de ces unités avec les caractères stationnels afin d'établir la relation entre unités floristiques et chacun des degrés qui composent les gradients écologiques reconnus.

II. PLAN D'ECHANTILLONNAGE

A. GENERALITES

La construction du plan d'échantillonnage, étape fondamentale de la typologie forestière, constitue l'objectif à atteindre à la suite de la préétude. L'exploitation de cette information s'effectue selon plusieurs voies. En premier lieu, la hiérarchisation des facteurs écologiques établit l'ordre de prise en compte de chacun des paramètres stationnels (stratification). Cette étape aboutit au découpage de la région étudiée en secteurs à l'intérieur desquels les variations pour un même caractère stationnel sont faibles.

L'échantillonnage stratifié est conçu dans le but de prendre en compte, avec le maximum d'exhaustivité, la variabilité des conditions de milieu. Il permet une prise des données répartie de façon équivalente pour chacun des facteurs écologiques. Il donne la possibilité de ne pas suréchantillonner les milieux développés sur de grandes surfaces et de recueillir une masse de données suffisante pour la description des unités plus localisées.

Après stratification, intervient la recherche des données de terrain pertinentes. Pour traiter chacune des variables étudiées, la disposition des relevés dans chaque strate permet d'inventorier tous les types de situation.

Dans l'enveloppe climatique globale relativement homogène que représente la bordure Est du Plateau Lorrain, le rôle prépondérant de la nature du substratum géologique sur les autres facteurs impose l'isolement de petites régions possédant un sous-sol homogène ou des séquences d'affleurements semblables.

B - SOUS-UNITES DE L'AIRE D'ETUDE

1. Secteurs écologiques.

La nature des différentes roches rencontrées exerce une influence déterminante sur la géomorphologie et les sols. Peuvent être ainsi délimitées 3 sous-régions caractérisées par les séquences d'affleurements qui y existent (voir **carte 7** page suivante) :

Zone I : Buntsandstein, Muschelkalk inférieur et moyen,
Zone II : Lettenkhole, Muschelkalk supérieur et moyen,
Zone III : Système de terrasses des vallées alluviales.

Notons que dans chacune de ces régions, des dépôts limoneux existent sur les différents étages.

☐ Zone I.

La zone I, occupant la bordure Est de l'aire d'étude, est caractérisée par l'apparition assez constante des étages du Buntsandstein et du Muschelkalk inférieur et moyen. Cette séquence apparait à la faveur des versants des petites vallées qui entaillent toute la zone.

Les grès à Voltzia du Buntsandstein constituent le substrat des zones basses de la topographie.

☐ Zone II.

Cette zone correspond à la région d'affleurement des étages de la Lettenkhole et du Muschelkalk supérieur et moyen. Elle représente toute la bordure Ouest de l'aire d'étude.

La géomorphologie moins contrastée explique la présence d'affleurements étendus sur des séquences en pente faible.

On remarquera également que la zone du Muschelkalk moyen marneux, constituant la partie médiane, très peu forestière a été rattachée à cette unité.

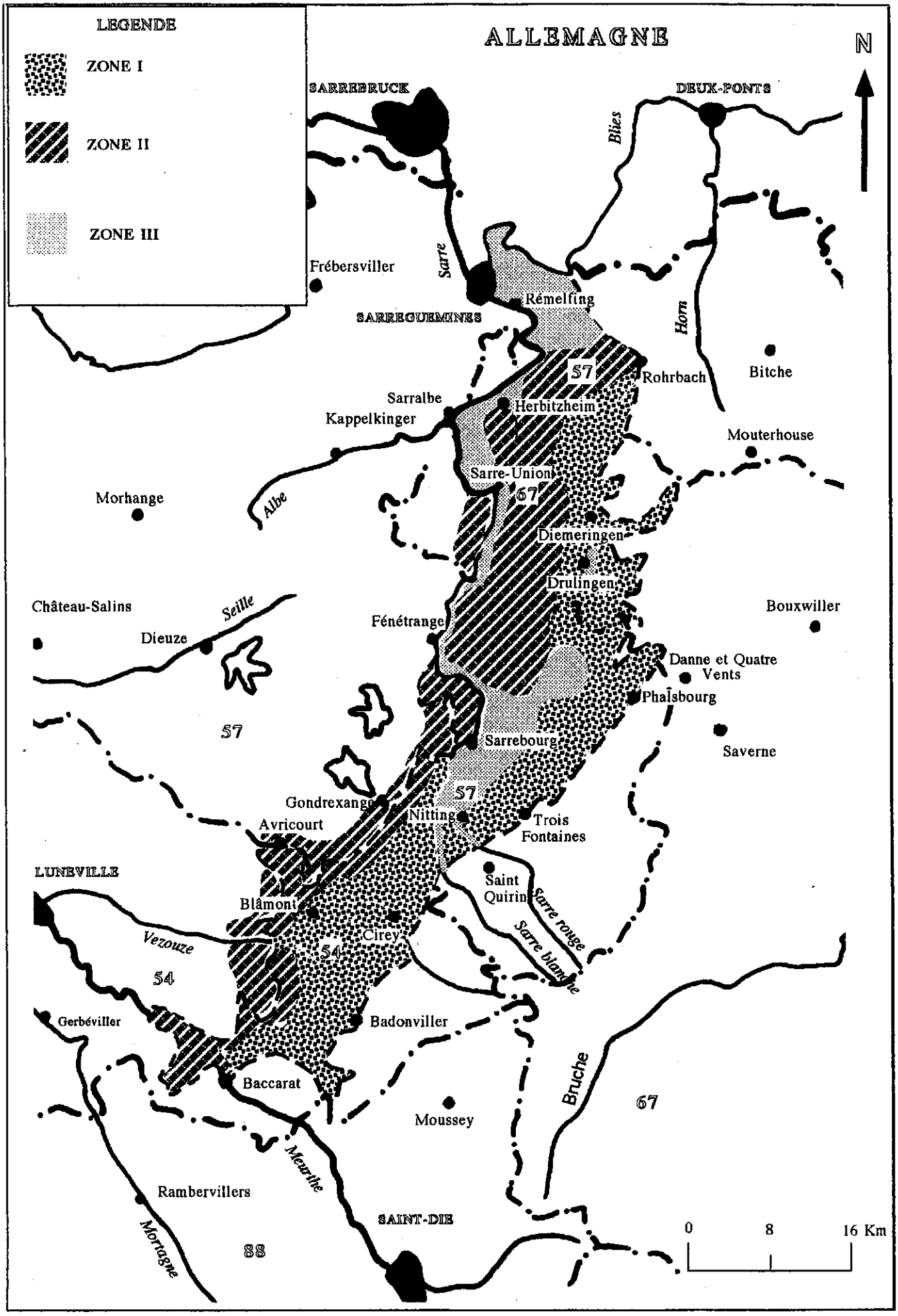
Enfin, pour ces deux zones, un degré supplémentaire de variabilité est donné par la présence ou l'absence de dépôts limoneux sur la partie supérieure des reliefs.

☐ Zone III.

Divisée en deux ensembles, cette zone matérialise la présence de systèmes de terrasses alluviales plus ou moins anciennes installées dans la vallée de la Sarre.

De même que pour l'unité précédente, la présence de dépôts limoneux ajoute dans certains secteurs un degré de variabilité supplémentaire à prendre en compte.

Sont obtenues ainsi trois unités cartographiques au sein desquelles peuvent être répartis les transects à réaliser pour la reconnaissance des éléments de variabilité de rang inférieur.



Carte 7 : Sous-unités de l'aire d'étude

2. Variabilité à l'intérieur des secteurs écologiques

A l'intérieur des "secteurs écologiques", plusieurs facteurs stationnels nuancent la relative homogénéité du milieu.

- ***Topographie*** : dans chaque petite région le modelé est décomposé en une suite de positions topographiques distinctes identifiées par la forme générale de la pente.

- ***Exposition*** : afin d'exprimer les nuances mésoclimatiques générées par l'orientation des versants, lorsque la valeur de la pente n'est pas négligeable, des transects sont pratiqués dans tous les types d'exposition.

- ***Pente*** : la valeur de la pente de l'aire de relevé est mesurée. Les transects sont répartis de façon à représenter les différentes classes de pente.

Enfin, au niveau inférieur de la hiérarchie, s'inscrit la station forestière, "objet élémentaire" de la typologie

C - APPLICATION DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE

1. Choix des surfaces à inventorier.

Ce premier zonage, présenté au chapitre I, est porté sur les cartes topographiques à 1/25.000 ème avec le maximum de précisions dans les contours. Puis, dans chaque petite région, possédant un substratum géologique et un relief homogène, un groupe de transects est disposé de façon à envisager les autres variations possibles (facteurs écologiques de rang inférieur) : type de pente, d'exposition, position topographique. Ces transects sont complétés par des placettes uniques (non incluses dans un transect), choisies dans les milieux isolés (exemple des forêts riveraines situées en zone de prairies), ou bien dans les petits massifs des régions les moins boisées.

Enfin, sur le terrain, lors de l'observation de situations originales (microtopographie, milieux très localisés) des transects et des placettes isolées, non prévus dans l'échantillonnage, peuvent être visités.

Les transects peuvent être conduits de deux manières :

- en prenant en compte les changements floristiques,
- et de manière systématique, sur un versant ou sur des unités topographiquement homogènes (plateau), afin de rechercher au hasard d'éventuelles modifications des paramètres stationnels non révélées par la flore.

Sur la placette à étudier, le **sol et la végétation** sont décrits conjointement dans le relevé phytoécologique.

Ce plan d'échantillonnage est appliqué pour tous les massifs forestiers (privés ou publics). Quelques restrictions sont cependant apportées. En effet, dans le cas des plantations d'essences de remplacement, la flore naturelle se trouve éliminée par les conditions de milieu très perturbées surtout en ce qui concerne les horizons supérieurs des sols (humus). Le relevé phytoécologique perd alors de sa signification. Seules les forêts feuillues naturelles et les plantations résineuses adultes sont visitées (pessières, sapinières, quelques douglasaies ...). Toutes les plantations jeunes sont exclues.

2. Choix de l'emplacement du relevé.

L'emplacement du relevé est choisi au sein d'une surface homogène sur le plan floristique et écologique. Les accidents naturels du terrain et les éléments d'artificialisation sont évités. Tous les secteurs perturbés sont exclus (bord de chemin, talus, chemins anciens, places à feu...).

D'une manière générale, il est utile d'effectuer des reconnaissances dans des situations latérales au cheminement suivi afin de tester dans l'espace l'homogénéité de la station inventoriée et de décrire ou noter les nuances éventuellement rencontrées.

3. Le relevé phytoécologique

Nous empruntons à la phytosociologie la méthode classique du relevé de végétation . La description de la végétation forestière s'effectue sur une surface de 400 m²,
- carrée, lorsque la surface de l'unité visitée le permet,
- rectangulaire dans les forêts riveraines et autres milieux localisés linéaires (forte pente).

La représentation des espèces est quantifiée avec le coefficient d'abondance-dominance de BRAUN-BLANQUET. Le recouvrement global de chaque strate (arborescente, arbustive, herbacée et muscinale) est noté.

Sur la même surface s'effectue l'évaluation des facteurs écologiques. Il est impératif de vérifier à chaque relevé la nature du substrat géologique, de préciser la situation topographique. Ceci permet de compléter ou de corriger éventuellement l'information fournie par les cartes. Enfin, pour récolter les données les plus fiables, il est nécessaire aussi d'étalonner les observations (pédologiques, géologiques...) sur les résultats des travaux scientifiques déjà publiés ou bien au cours d'échanges avec les spécialistes des disciplines concernées.

Le sol est reconnu à l'aide d'une fosse pratiquée à la pioche au centre de l'aire de relevé. La litière est observée en différents points. L'étude du profil reste ponctuelle. En l'absence d'obstacle au creusement, la profondeur maximale est atteinte afin d'observer, si possible, la base de l'enracinement des arbres et la roche altérée.

D - CONSTRUCTION DE LA FICHE DE RELEVE

La constitution de la fiche de relevé s'effectue dans la logique du plan suivi pour l'élaboration de cette préétude. La fiche comprend quatre modules qui renseignent sur :

- la situation géographique et la position du relevé dans le paysage;
- les données sylvicoles relatives à la placette visitée;
- les caractéristiques du milieu;
- la communauté végétale.

Ce contenu représente à la fois une synthèse et une conclusion de l'information recueillie dans la préétude. Le bilan d'échantillonnage accompagné des données d'inventaire (fiche de relevés), fourni dans une deuxième étape, viendra améliorer l'exhaustivité et l'objectivité de cette information.

BIBLIOGRAPHIE

BECKER (M.), 1972 .- Installation et dynamique d'une population de semis de Chêne en milieu hydromorphe sous l'influence de divers facteurs .- Acta. Oeco., Vol.4, n°3, pp. 299-317.

BECKER (M.), LEVY (G.), 1986 .- Croissance radiale comparée de Chênes adultes sur sols hydromorphes acides - effets du drainage - Acta Oecol., Vol. 7 (21), n°2, pp. 121-143.

BEGIN (J-C.), JAMAGNE (M.), 1973 .- Les notions de pseudogley et de pélosol dans la classification des sols en RFA - Bull. Ass. fr Et. Sol, n°4, pp. 223-239.

BEYRIN (P.), 1987 .- Atlas Bordas.

BONNEAU (M.), DUCHAUFOUR (PH.), LE TACON (F.), N'GUYEN-KHA, 1967 .- Notes sur quelques sols dévelopés sur substratum argileux - Pédologie, Gand, Vol. XVIII, n°1.

BONNEAU (M.), DUCHAUFOUR (PH.), MILLOT (G.), PAQUET (A.), 1965 .- Note sur certains sols vertisoliques formés en climat tempéré .- Bull. Serv. Carte géol. Als-Lorraine, Vol. 17, n°4, pp. 325-334.

BRETHES (A.), 1976 .- Catalogue des stations forestières du Plateau Lorrain .- Nancy, INRA, 182 p.

BRGM, 1980 .- Synthèse géologique du Bassin de Paris. Stratigraphie et Poléogéographie - Mémoire du BRGM n°101.

CARRE S.), 1989 .- Préétude des Potentialités Forestières du Plateau Lorrain - C.R.P.F. de Lorraine-Alsace, 58 p.

CHARNET (F.), 1984 -. Typologie des stations en forêt de Parroy (54) - Mém. D.E.A., Univ. Nancy I - ENGREF., 139 p.

COLLECTIF, Atlas de la France de l'Est, 1963 .- Ed. Berger Levrault.

DION (J.), 1983 .- Les sols et la végétation in Géographie de la Lorraine (sous la direction R. FRECAUT) .- Nancy, Presses universitaires, Metz éditions Serpenoises.

DUBOIS (G.), 1938 .- Les végétations forestières quaternaires dans le Nord-Est de la France d'après la méthode pollen analytique .- Bull. mens. Soc. Sci. Nancy, n°9 bis. C.R. 1er congrés Soc. Sav. Est France, t. II, pp. 161-172.

DUBOIS (G.), 1957 .- L'analyse pollinique et l'histoire des forêts françaises depuis dix mille ans. Bull. Soc. for. Franche-Comté et Prov. Est, n°3, pp. 100-115.

ENGEL (A.), 1944 .- Mécanisme historique des migrations forestières de l'époque tertiaire à nos jours .- Bull. Soc. for. Franche-Comté et Prov. Est, t. XXIV, pp. 196-203, 223-228.

ESCOURAU (G.), 1978 .- Climatologie pratique - Masson, 172 P. + planches.

FRANC (A.), 1989 .- Le Massif Central critallin. Analyse du milieu. Choix des Essences. CEMAGREF.

FRECAUT (R.), 1983 .- Géographie de la Lorraine - Presse universitaire Nancy, 633 p.

G.R.E.F., 1986 .- Les études stationnelles forestières en France. - Laboratoire de Botanique et de Phytosociologie forestières, 90p.

GIRARD (M.), 1976 .- La végétation au Pléistocène supérieur et au début de l'Holocène dans les Alpes, le Jura, la Bourgogne et les Vosges. In la Préhistoire française, Paris, Ed. C.N.R.S., t. I, pp. 519-523.

GUILLET (B.), 1972 .- Approche palynologique de la limite spontanée du Sapin sur la bordure orientale du Plateau Lorrain .- C.R. Acad. Sci. Paris, 1972, t. 274, pp. 2966-2968.

GUILLET (B.), JANSSEN (C.R.), KALIS (A.J.), DE VALK (E.J.) - La Végétation pendant le Post-Glaciaire dans l'Est de la France .- In la Préhistoire française, Paris, Ed. C.N.R.S., t. II, pp. 82-87.

GUYOT (L.), 1969. - Histoire de la flore terrestre .- Paris, P.U.F., 127 p.

HAGUENAUER (B), Février 1961 .- Contribution à l'étude du Muschelkalk supérieur Lorrain dans la région de Blâmont et Heming - Dipôme d'Etudes Supérieures de Sciences Naturelles.

HILLEY (J.), HAGUENAUER (B.), 1979 .- Guides géologiques régionaux : Lorraine Champagne, Masson, Paris.

JAMAGNE (M), 1973 .- Contribution à l'étude pédogénétique des formations loessiques du Nord de la France .- Thèse, Fac. Sci. agro. Gembloux, 445 p.

JOLY (H.), 1912 .- Géographie de la Lorraine et de ses enveloppes .- Nancy, 340 p., 29 figures, 37 planches.

LE TACON (F.), 1969 .- Aperçu sur l'importance des limons en Lorraine et sur leur rôle dans l'évolution des sols .- Mém. H.S. Soc.géol. France, n°5, pp. 113-116.

LEJEAN Y.), 1992 .- Etude des stations sur les Auréoles de Muschelkalk, assisses calcaires et marneuses. - Certificat de typologie de stations forestières, 42 p.

MADESCLAIRE, (A.), 1983 .- Sols à hydromorphie temporaire : essences résineuses de reboisement et techniques d'assainissement - C.R.P.F., Als-Lor., 26 p. + annexes.

O.N.F. Alsace, SD .- Orientations et directives locales d'aménagement pour la région forestière Plateau Lorrain, 63 p. + annexes.

O.N.F., 1988 .- Plateau Lorrain : Directives et Orientation locales d'aménagement, 30 p. + annexes.

PEGUY (CH.), 1974 .- Cartes climatologiques de la France au 1/250.000 feuille de Strasbourg - C.N.R.S.

TIMBAL (J.), 1979 .- Notice détaillée des deux feuilles lorraines 18 - Metz et 27 - Nancy de la carte de la végétation de la France au 200.000ème .- Paris, Ed. C.N.R.S., 118 p.

VON ELLER, 1984, .- Guides géologiques régionaux : Vosges Alsace .- 2ème Ed. Masson, Paris.

Ouvrages généraux-usuels.

DUCHAUFOUR (PH.), 1984 .- Abrégé de pédologie .- Masson, Paris, 220 p.

PEGUY (CH.), 1970 .- Précis de climatologie - 2 Editions, Masson, 119 figures, 3 hors textes, 20 tableaux, 468 p.

Référentiel pédologique français, 3ème proposition .- AFES-INRA, 279 p.

Flore forestière française : 1 - Plaines et collines, Rameau et al., I.D.F.-E.N.G.R.E.F., 1989.

PIECES
ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de relevé (4 pages)

Annexe 2 : Documents cartographiques de base

DATE : ..... N°.....

REGION NATURELLE : .....

COMMUNE : .....

FORET : ..... PARCELLE N° : .....

LOCALISATION : ..... PROPRIETE : .....

SCHEMA : COORDONNEES : X : .....
Y : .....
Z : .....

PEUPLEMENT :

* TRAITEMENT ET EVOLUTION

TAILLIS : ☐ jeune ☐ vieilli

TAILLIS SOUS FUTAIE : ☐

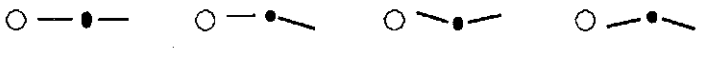
FUTAIE : ☐ sur souche ☐ franc pied

○ gaulis
○ perchis
○ jeune futaie
○ futaie adulte
○ vieille futaie

* QUALITE DU PEUPLEMENT (forme, aspect sanitaire)

TOPOGRAPHIE :

ZONES PLANES : ☐ plateau ☐ fond de vallée



RELIEF : ☐ sommet arrondi ☐ rebord plateau ☐ versant ○ 1/3 sup ○ 1/3 moy ○ 1/3 inf

AUTRES SITUATIONS : ☐ Alvéoles ☐ Terrasses ☐ Berge ☐ Interfluve ☐ Autre

EXPOSITION : nulle **N** NE **E** SE **S** SW **W** NW PENTE :

ACCIDENTS A PROXIMITE : ☐ Rivière ☐ Mouille ☐ Chablis ☐ Pelouse ☐ Aménagement ☐ Autre

GEOLOGIE :

DESCRITPION DU SOL

COUCHE		EPAISSEUR	CONTINUITE	OBSERVATIONS
O	Ln			
	Lv			
	Lt			
	Fr			
	Fn			
	H			

INTERPRETATION
Type morphologique d'humus
Type de sol

Transition	

	prof.	TEXT.	STRUCTURE	E. GROS.	COULEUR	REDOX	HCL	OBSERVATIONS
A								

Transition	

	prof.							
E ou B ou S								

	TEXTURE	MINERALOGIE	E. GROSSIERS	OBSERVATIONS	IDENTIFICATION
Matériau parental					

RELEVE FLORISTIQUE

STRATE ARBORESCENTE : recouvrement ..... %

Acer campestre					Prunus avium				
Acer platanoides					Prunus padus				
Acer pseudoplatanus					Quercus petraea				
Alnus glutinosa					Quercus robur				
Betula pendula					Sorbus aria				
Betula pubescens					Sorbus aucuparia				
Carpinus betulus					Sorbus torminalis				
Fagus sylvatica					Tilia cordata				
Fraxinus excelsior					Tilia platyphyllos				
Populus nigrum					Ulmus glabra				
Populus tremula					Ulmus laevis				
					Ulmus minor				

RESINEUX				
Abies alba				
Picea abies				

STRATE ARBUSTIVE : recouvrement ..... %

	Cornus mas		Lonicera xylosteum		Rosa arvensis
	Cornus sanguinea		Malus sylvestris		Rosa canina
	Corylus avellana		Prunus padus		Rubus caesius
	Crataegus laevigata		Prunus spinosa		Rubus pl.
	Crataegus monogyna		Pyrus cordata		Salix caprea
	Euonymus europaeus		Pyrus pyraster		Sambucus nigra
	Frangula alnus		Rhamnus cathartica		Sarothamnus scoparius
	Ilex aquifolium		Ribes alpinum		Viburnum lantana
	Ligustrum vulgare		Ribes rubrum		Viburnum opulus
	Lonicera periclymenum		Ribes uva-crispa		Vaccinium myrtillus

	Humulus lupulus				
	Rubus idaeus				

STRATE MUSCINALE : recouvrement ..... %

	Atrichum undulatum		Eurynchium striatum		Pleurozium schreberi
	Dicranella heteromalla		Fissidens taxifolius		Polytrichum formosum
	Dicranum scoparium		Hylocomium splendens		Rhytidiadelphus triquetrus
	Dicranum majus		Leucobryum glaucum		Sphagnum sp.
	Eurynchium stokesii		Plagiochila asplenioides		Thamnobryum alopecurum
	Eurynchium swartzii		Plagiomnium undulatum		Thuidium tamariscinum

relevé floristique, suite ⟹

INTERPRETATION

NOM DU GROUPEMENT : .....

NIVEAU TROPHIQUE : .....

NIVEAU HYDRIQUE : .....

STRATE HERBACEE : recouvrement ..... %

	Adoxa moschatellina
	Aegopodium podagraria
	Ajuga genevensis
	Ajuga reptans
	Alliaria petiolata
	Allium ursinum
	Alopecurus geniculatus
	Anemone nemorosa
	Anemone ranunculoides
	Angelica sylvestris
	Anthoxanthum odoratum
	Anthriscus sylvestris
	Arum maculatum
	Athyrium filix-femina
	Brachypodium sylvaticum
	Bromus ramosus
	Buglossoides purpurocaerulea
	Calamagrostis epigejos
	Caltha palustris
	Caluna vulgaris
	Campanula trachelium
	Cardamine pratensis
	Carex acutiformis
	Carex brizoides
	Carex digitata
	Carex flacca
	Carex montana
	Carex pallescens
	Carex pendula
	Carex pilulifera
	Carex remota
	Carex riparia
	Carex sylvatica
	Carex umbrosa
	Cephalanthera damasonium
	Cephalanthera rubra
	Circaea lutetiana
	Cirsium oleraceum
	Cirsium palustre
	Colchicum automnale
	Convallaria maialis
	Corydalis solida
	Dactylis glomerata
	Dactylorhyza maculata
	Daphne laureola
	Daphne mezereum
	Deschampsia cespitosa
	Deschampsia flexuosa
	Dryopteris carthusiana
	Dryopteris dilatata

	Dryopteris filix-mas
	Epilobium angustifolium
	Epilobium hirsutum
	Epilobium montanum
	Epipactis helleborine
	Epipactis purpurata
	Eupatorium cannabinum
	Euphorbia amygdaloides
	Festuca gigantea
	Festuca heterophylla
	Festuca sylvatica
	Filipendula ulmaria
	Fragaria vesca
	Galeopsis tetrahit
	Galium aparine
	Galium odoratum
	Galium sylvaticum
	Galium palustre
	Galium uliginosum
	Geranium robertianum
	Geum rivale
	Geum urbanum
	Glechoma hederacea
	Gymnocarpium dryopteris
	Hedera helix
	Helleborus foetidus
	Heracleum sphondylium
	Hieracium murorum
	Holcus lanatus
	Holcus mollis
	Hordelymus europaeus
	Hypericum montanum
	Hypericum perforatum
	Hypericum pulchrum
	Hypericum tetrapterum
	Impatiens noli-tangere
	Iris pseudacorus
	Juncus conglomeratus
	Juncus effusus
	Lamiastrum galeobdolon
	Lathyrus montanus
	Lathyrus vernus
	Lotus uliginosum
	Luzula luzuloides
	Luzula pilosa
	Luzula sylvatica
	Lycopus europaeus
	Lysimachia nemorum
	Lysimachia vulgaris
	Lythrum salicaria
	Maianthemum bifolium
	Melampyrum pratense
	Melica nutans
	Melica uniflora
	Mercurialis perennis

	Milium effusum
	Moehringia trinervia
	Molinia caerulea
	Mycelis muralis
	Neottia nidus-avis
	Ophioglossum vulgatum
	Orchis mascula
	Ornithogalum pyrenaicum
	Oxalis acetosella
	Paris quadrifolia
	Phalaris arundinacea
	Phyteuma nigrum
	Phyteuma spicatum
	Poa chaixii
	Poa nemoralis
	Poa trivialis
	Polygonatum multiflorum
	Polystichum aculeatum
	Potentilla sterilis
	Prenanthes purpurea
	Primula elatior
	Primula veris
	Pteridium aquilinum
	Pulmonaria obscura
	Ranunculus acris
	Ranunculus auricomus
	Ranunculus ficaria
	Ranunculus nemorosus
	Ranunculus repens
	Rumex acetosa
	Rumex obtusifolius
	Scilla bifolia
	Scrofularia nodosa
	Scutellaria minor
	Silene dioica
	Solidago virgaurea
	Stachys sylvatica
	Stellaria holostea
	Taraxacum officinalis
	Teucrium scorodonia
	Urtica dioica
	Valeriana dioica
	Valeriana officinalis
	Valeriana repens
	Veronica chamaedrys
	Veronica montana
	Veronica officinalis
	Vicia sepium
	Vinca minor
	Viola mirabilis
	Viola odorata
	Viola reichenbachiana

REMARQUES :

ANNEXE 2 : DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES DE BASE

Cartes géologiques BRGM 1/50.000ème feuille de :

Bitche,
Sarre-Union,
Sarreguemines,
Parroy,
Lunéville,
Sarrebourg,
Bouxwiller,
Cirey-sur-Vezouze.

Cartes topographiques IGN 1/25.000ème :

3515 E Avricourt,
37140 O La Petite Pierre,
3616 O Cirey-sur-Vezouze,
3612 O Forbach Saarebruck,
3615 E Sarrebourg,
3615 O Lorquin,
3516 O Lunéville,
3516 E Baccarat,
3614 E Sarre-Union,
3614 O Abestroff,
3613 O Farébersviller
3613 E Sarreguemines,
3514 E Dieuze,
3515 O Einville au jard,
3713 E Bitche,
3715 O Saverne.

Cartes de la végétation de la France du CNRS au 1/200.000ème

Feuilles 18 - Metz et 27 - Nancy