Cellule d'Application en Ecologie
Université de Bourgogne

PRÉÉTUDE EN VUE D'UNE TYPOLOGIE DES STATIONS FORESTIÈRES DE LA PLAINE DE L'ILL (ALSACE)

Conseil Régional Alsace

Centre Régional de la Propriété Forestière Lorraine Alsace

Office National des Forêts Direction Régionale Alsace

OFFICE NATIONAL DES FORETS
Direction Régionale Alsace

Cité administrative
2, rue de l'Hôpital militaire
67000 STRASBOURG

CENTRE REGIONAL
DE LA PROPRIETE FORESTIERE
DE LORRAINE-ALSACE

41, Avenue du Général de Gaulle
57050 LE BAN SAINT-MARTIN

ENGREF
Ecosystèmes Forestiers
et dynamique du paysage

PREETUDE

EN VUE D'UNE TYPOLOGIE

DES STATIONS FORESTIERES

DE LA PLAINE DE L'ILL (67-68)

Juillet 1991

Rédacteur : **D. OBERTI**
(Cellule d'Application en Ecologie)

Responsable scientifique : **A. BRETHES**
(O.N.F. Département des Recherches Techniques)

Coordination : **E. DURAND**
(O.N.F. Direction Régionale Alsace)

Maquette - Dactylographie : **G. MENY**
(Cellule d'Application en Ecologie)

Avec la participation financière du
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
et du *CONSEIL REGIONAL ALSACE*

35, Avenue de la Paix
67000 STRASBOURG

Photo de couverture : T. LUDMANN

CELLULE D'APPLICATION EN ECOLOGIE

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

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE 3

① La plaine de l'Ill dans le fossé rhénan : les limites de la région d'étude 3
② Concordance avec le catalogue des stations forestières du Ried ello-rhénan 3

II. CLIMATOLOGIE 5

① Le climat régional ou macroclimat 5
② Les paramètres thermiques 6

2.1. Les températures 6
2.2. Les précipitations 7
2.3. Les brouillards 10
2.4. L'insolation 10
2.5. Les vents 11

③ Influence du relief sur les paramètres météorologiques 12

3.1. L'effet de foehn 12
3.2. Les "retours d'est" 12
3.3. Les inversions de température 12

④ Relations températures-précipitations 13
⑤ Bilan hydrique et régime climatique de la plaine de l'Ill 14
⑥ Conclusion : conséquence du climat sur la flore 15

III. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE 16

IV. GEOLOGIE 19

① Généralités 19
② Succession des évènements et faciès lithologiques 20

2.1. La formation du fossé rhénan 20
2.2. Le remplissage sédimentaire tertiaire du fossé rhénan 20
2.3. Evolution quaternaire et actuelle du fossé rhénan 23

③ Les unités structurales naturelles du fossé rhénan 24

3.1. Le fossé rhénan entre la Doller et la terrasse würmienne d'Erstein 24
3.2. Le fossé rhénan à l'Ouest d'une ligne Sélestat-Erstein 34

V. LA NAPPE PHREATIQUE 37

① Nature et géométrie du réservoir 37

② Comportement et dynamique de la nappe 37

2.1. Documents cartographiques 37
2.2. Dynamique de la nappe 40

③ Hydrochimie de la nappe phréatique 47

3.1. Pollution par les nitrates 47
3.2. Pollution par les sulfates 47
3.3. Pollution par les chlorures 48

VI. PEDOLOGIE 52

① Pédogenèse sur les cônes de déjections vosgiens 52

1.1. Migrations des éléments du complexe d'altération 53
1.2. Hydromorphie des sols 55

② Pédogenèse hors des cônes de déjection : les sols de la dépression marginale 56

2.1. Les sols de Ried noir 56
2.2. Les sols de Ried gris 57
2.3. Les sols des terrasses riediennes; ried brun-gris 58

VII. FLORE ET VEGETATION : ANALYSE ECOLOGIQUE 60

① Eléments de flore : caractère phytogéographique 60

② La végétation 62

2.1. Les causes de la diversification de la végétation 62
2.2. Variations géomorpho-hydrologiques et variations édaphiques des associations du Ried de l'Ill 69
2.3. Répartition de la synusie printanière de géophytes et hémicryptophytes vernaux 70
2.4. Corrélation entre texture et inondabilité sur la répartition de six plantes vernales dans la dépression marginale 71
2.5. Dynamique forestière dans la dépression marginale du Grand Ried ello-rhénan 72

VIII. SITUATION ACTUELLE DES FORETS 76

① Répartition et évolution des surfaces forestières 76

② Répartition des surfaces forestières par type de propriété 76

③ Les types de peuplement ; surfaces forestières par essence 77

IX. CONCLUSION : REALISATION DU CATALOGUE 78

① Constitution du plan d'échantillonnage 78
② L'échantillonnage 78
③ Collecte des données sur le terrain 83
④ Exploitation des données 83
⑤ Prise en compte des données stationnelles 84

BIBLIOGRAPHIE 87

TABLEAUX

Tableau n°1 : Températures moyennes mensuelles et annuelles de quelques stations alsaciennes 6

Tableau n°2 : Moyennes mensuelles des températures maximales et minimales de quelques stations. 6

Tableau n°3 : Valeurs moyennes annuelles des précipitations (période 1951-1970) 9

Tableau n°4 : Répartitions mensuelles des précipitations exprimées en mm 9

Tableau n°5 : Indices d'aridité mensuels de De Martone 14

Tableau n°6 : Bilan hydrique pour différentes stations de la plaine alsacienne 15

Tableau n°7 : Série stratigraphique des terrains de remplissage du fossé rhénan 21

Tableau n°8 : Evolution paléogéographique de l'Alsace 22

Tableau n°9 : Répartition des géophytes dans le Ried ellan 71

Tableau n°10 : Caractéristiques stationnelles des stations à géophytes dans le Ried ellan 72

Tableau n°11: Surface des formations boisées d'après sources I.F.N. 1979 76

Tableau n°12 : Formations boisées de production : surfaces par types de propriétés 76

Tableau n°13 : Formations boisées de production : surface par essence prépondérante 77

Tableau n°14 : Paramètres écologiques principaux des compartiments du grand Ried ello-rhénan 79

FIGURES

Figure n°1 : Massif vosgien et fossé rhénan 2
Figure n°2 : Diagrammes ombrothermiques de quelques stations de la plaine d'Alsace 13
Figure n°3 : Durée moyenne de l'insolation (1951-1980) 10
Figure n°4 : Fréquence des directions des vents. 1962-1974 11
Figure n°5 : Réseau hydrographique de la plaine d'Alsace 17
Figure n°6 : Unités structurales et sédimentaires du fossé rhénan 20
Figure n°7 : Coupe schématique de la plaine rhénane dans le secteur des tresses et des anastomoses 29
Figure n°8 : Coupe schématisée du Ried ello-rhénan Nord (Ried de la Zembs) 30
Figure n°9 : Les unités principales du Ried ello-rhénan 31
Figure n°10 : Limnigrammes types de la nappe de 1967 à 73 39
Figure n°11 : Coupe schématique de la plaine de l'Ill - distribution des sols 59
Figure n°12 : Distribution spatiale des associations du Grand Ried ello-rhénan 80
Figure n°13 : Situation des principaux géophytes et hémicryptophytes du Grand Ried ello-rhénan 81
Figure n°14 : Démarche utilisée en typologie forestière 85

CARTES

Carte n°1 : Carte des régions forestières I.F.N. 4
Carte n°2 : Répartitions des courbes isohyètes sur la plaine d'Alsace (moyenne sur 30 ans) 6
Carte n°3 : Carte géologique du bassin potassique de Mulhouse, le Quaternaire supposé enlevé 25
Carte n°4 : Surface piézométrique dans le Haut-Rhin - 10 janvier 1955 38
Carte n°5 : Profondeurs minimales de l'eau dans le Haut-Rhin entre 1928 et 1955 41
Carte n°6 : Profondeurs maximales de l'eau dans le Haut-Rhin entre 1928 et 1955 42
Carte n°7 : Zones inondables et de remontée de la nappe 44
Carte n°8 : Carte des eaux souterraines - Sulfates / Nitrates 46
Carte n°9 : Carte des eaux souterraines - Chlorures 48

INTRODUCTION

L'ensemble des partenaires concernés par la forêt alsacienne a ressenti le besoin de couvrir l'intégralité de la région Alsace d'études scientifiques de typologie de stations forestières, avant l'horizon 2000.

Sous l'impulsion de l'OFFICE NATIONAL DES FORETS (Direction Région Alsace), du CENTRE REGIONAL DE LA PROPRIETE FORESTIERE DE LORRAINE-ALSACE, de la DIRECTION REGIONALE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET, avec le concours financier de la Région Alsace, a été envisagé l'élaboration d'un catalogue des types de stations forestières sur la plaine de l'ILL; cette étude a été jugée prioritaire.

Une tournée dans plusieurs massifs forestiers (Illwald, Nonnenbruch) nous a permis de prendre connaissance des différents problèmes forestiers liés à l'évolution de la végétation forestière corrélative aux nombreux aménagements hydrauliques (Rhin, Ill...) et industriels (Mines de Potasses d'Alsace...). Cette visite a, de plus, confirmé l'intérêt d'une étude approfondie sur les types de stations forestières et sur les relations stations-potentialités, destinée à fournir au gestionnaire forestier une connaissance objective du milieu naturel.

Cette étude devra permettre de :

- délimiter au sein de la région des surfaces homogènes, identifiables à des types caractérisés pour certaines corrélations écologiques déterminées et possédant un ensemble de potentialités forestières clairement définies,
- tirer des éléments de réflexion pour les orientations locales d'aménagement et adapter la sylviculture en conséquence.

Le présent travail représente une synthèse générale sur la plain de l'ILL et s'inscrit dans le cadre d'une préétude nécessaire à l'établissement d'une typologie forestière sur toute la région.

Il se base sur des travaux bibliographiques spécialisés en climatologie, géologie, géomorphologie, pédologie, flore et végétation, sur l'expérience des gestionnaires forestiers en ce qui concerne les peuplements et les problèmes de gestion, sur des observations préalables de terrain.

Les résultats apportés par chacune de ces sources permettront d'aboutir à :

- l'établissement d'une monographie sur les conditions écologiques avec hiérarchisation des facteurs en fonction de leur importance pour la production forestière,
- au découpage de la région "Plaine de l'ILL" en zones relativement homogènes,
- à la réalisation d'un plan d'échantillonnage prenant en compte les résultats de la monographie.

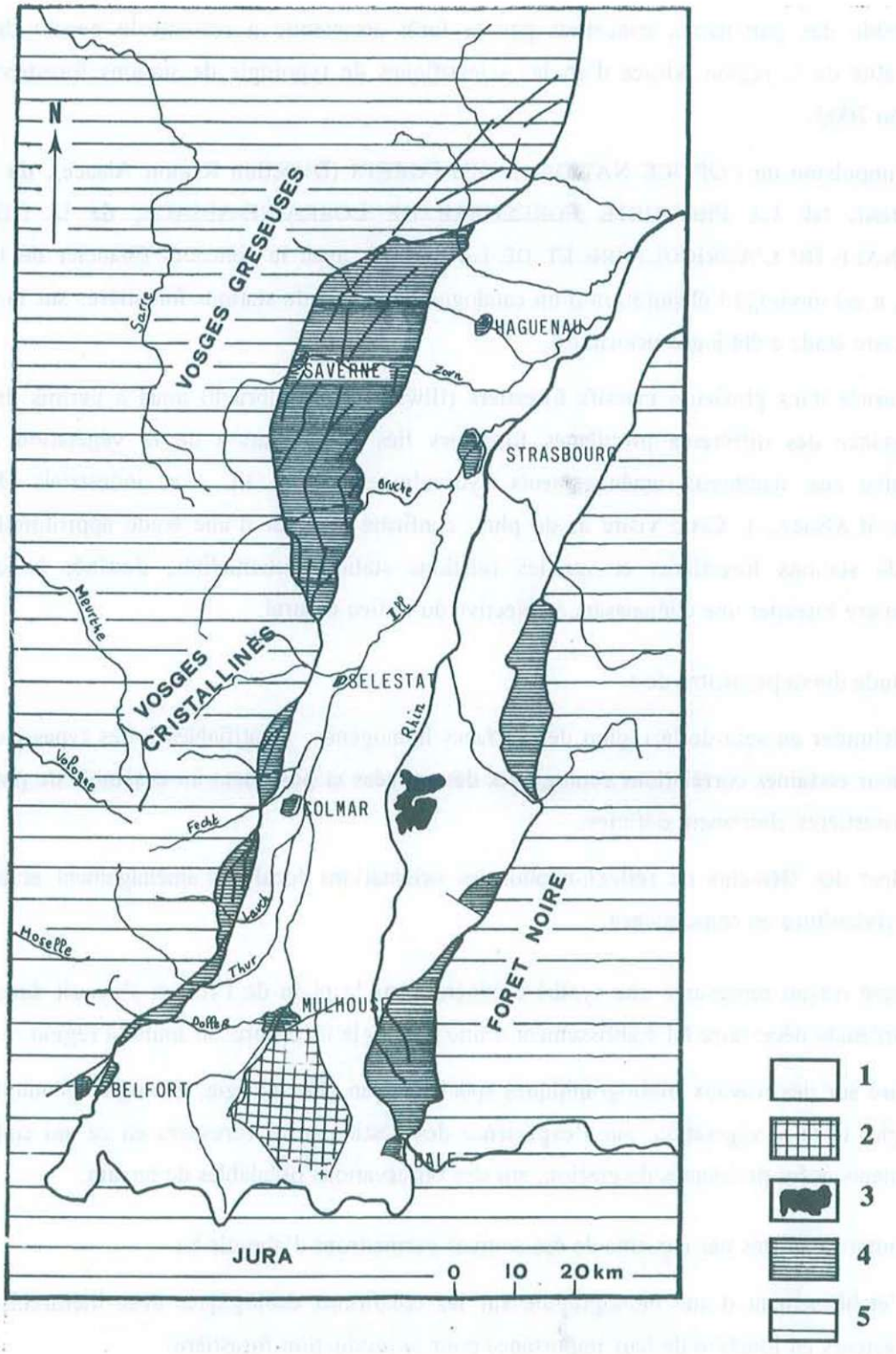


Figure n°1 : Massif vosgien et fossé rhénan (d'après SITTLER, 1965, modifié)

1. Fossé rhénan, plaine d'Alsace et de Bade. - 2. Horst de Mulhouse. - 3. Volcan du Kaiserstuhl. - 4. Champs de fractures, zones de collines. - 5. Zones de bordure montagneuse.

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE

① La plaine de l'ILL dans le fossé rhénan : les limites de la région d'étude

Le fossé rhénan ou plaine d'Alsace correspond à un secteur alluvial très complexe s'étendant largement sur la rive gauche du RHIN, dans le fossé tectonique d'Alsace-Bade-Wurtemberg (voir **figure n°1**). Limitée à l'Est par le cours du RHIN, la plaine d'Alsace est parcourue au Sud de STRASBOURG par l'ILL, premier affluent de la rive gauche du RHIN.

Dominée par les massifs montagneux des Vosges et de la Forêt Noire, cette vaste région débute à hauteur de MULHOUSE au Sud, à l'aval immédiat du SUNDGAU. Au Nord, à hauteur de COLMAR, sa forme géométrique est approximativement celle d'un triangle : large de 10 km à hauteur de COLMAR, elle s'élargit encore vers SELESTAT (12 km), puis se rétrécit progressivement pour se terminer à 60 km au Nord, aux portes de STRASBOURG. Sa limite orientale est formée par le lit mineur du RHIN, sa limite occidentale par les cônes de déjection de la FECHT et du GIESSEN. Entre COLMAR et STRASBOURG, le fossé rhénan est appelé Grand Ried ello-rhénan.

Le catalogue couvre en grande partie la région forestière I.F.N. de la plaine de l'ILL (voir **carte n°1**). Cette vaste région, s'étendant sur les deux départements alsaciens, est limitée au Nord par la vallée de la BRUCHE (BAS-RHIN) à hauteur de STRASBOURG, au Sud par la vallée de la DOLLER (HAUT-RHIN) à hauteur de MULHOUSE.

Elle est bordée à l'Ouest sur toute sa longueur par les premiers contreforts vosgiens (Collines sous-vosgiennes est). Sa limite orientale est beaucoup moins nette car ne reposant sur aucune particularité du relief; la plaine de l'Ill longe la vallée du Rhin (lit majeur ordinaire du Rhin), dans le département du Bas-Rhin, puis la Hardt (basse terrasse du Rhin) dans le Haut-Rhin.

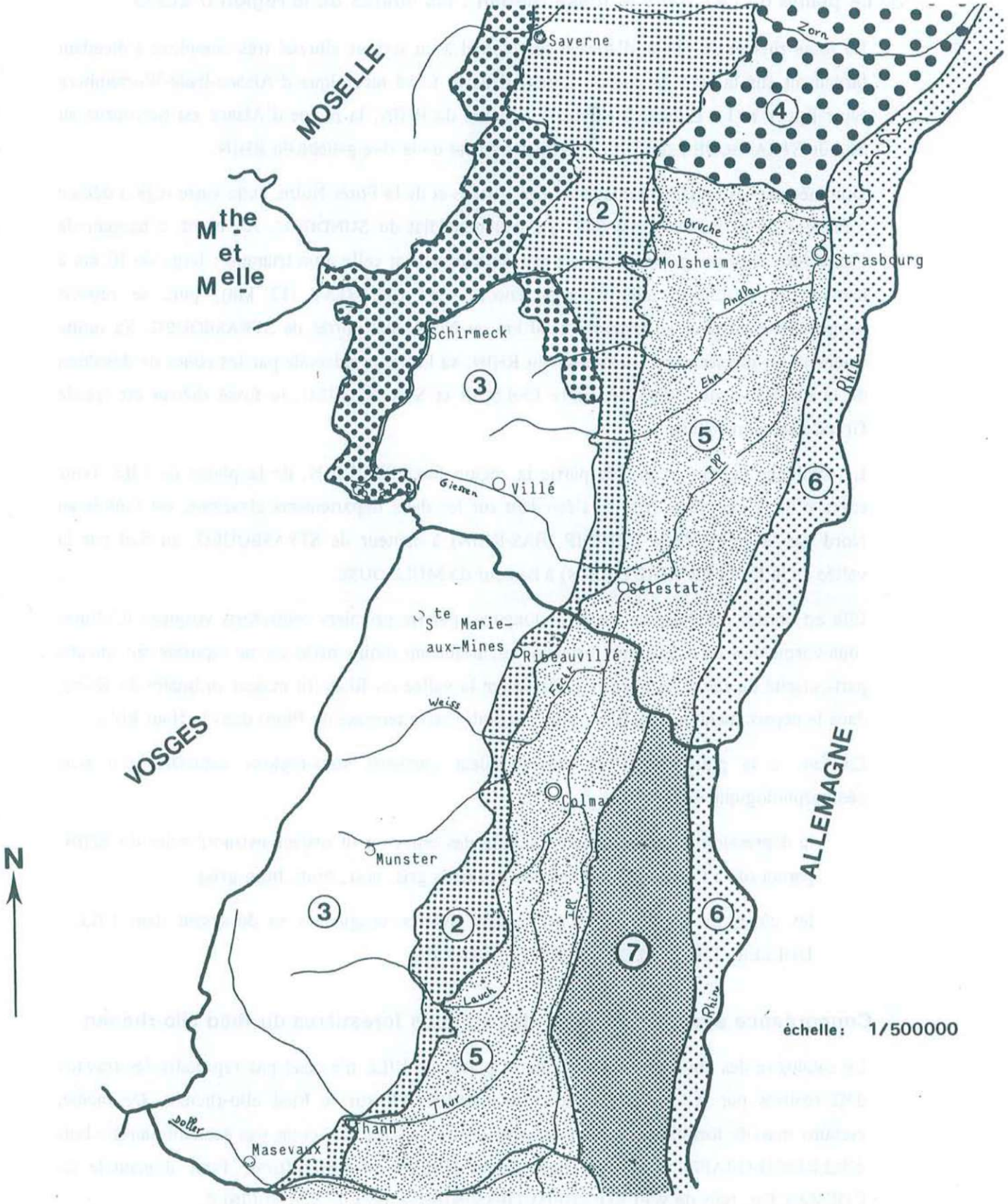
En fait, à la plaine de l'ILL correspondent plusieurs sous-régions naturelles (au sens géomorphologique du terme) :

- la dépression marginale de décantation des crues ou lit majeur extraordinaire du RHIN, parcourue à l'Ouest par l'ILL (zone des rieds gris, noir, brun, brun-gris)
- les cônes de déjection des principales rivières vosgiennes se déversant dans l'ILL : DOLLER, THUR, FECHT, GIESSEN, BRUCHE.

② Concordance avec le catalogue des stations forestières du Ried ello-rhénan

Le catalogue des stations forestières de la plaine de l'ILL n'entend pas reprendre les travaux déjà réalisés par A. SCHNITZLER et R. CARBIENER sur le Ried ello-rhénan. De même, certains massifs forestiers situés sur la rive droite de l'ILL ne seront pas échantillonnés : bois d'ILLKIRCH-GRAFFENSTADEN, bois de la HARDT, de BIESHEIM, forêt domaniale de COLMAR Est, bois de WECKOLSHEIM-DESSENHEIM, bois de ROTHLEIBLE.

Carte n°1 : Carte des régions forestières I.F.N. - ⑤ = plaine de l'ILL



II. CLIMATOLOGIE

① Le climat régional ou macroclimat

Le fossé rhénan, situé au coeur de la zone tempérée (47 à 49° de latitude nord) est largement ouvert aux influences maritimes. Cependant, le climat de cette région présente la caractéristique originale de se décaler vers la continentalité par rapport à la longitude, en raison de la disposition générale du relief.

La barrière orographique que constitue les Vosges pour les masses d'air humides venues de l'Ouest oblige celles-ci à s'élever et à se refroidir par détente. Sur les versants ouest des Vosges, les précipitations augmentent avec l'altitude ; sur les versants est au contraire, les hauteurs des précipitations diminuent rapidement, l'air est débarrassé d'une partie de sa vapeur d'eau et subit un mouvement descendant qui s'oppose à la condensation. Il en résulte une baisse très sensible des précipitations dans les secteurs de plaine situés au pied des plus hauts sommets vosgiens (îlot xérothermique de COLMAR, avec moins de 550 mm de pluie par an).

Le régime pluviométrique de la plaine est ainsi nettement continental, avec un minimum hivernal et un maximum estival en juin et août (précipitations orageuses).

La situation confinée de la plaine, cuvette tectonique coincée entre Vosges et Forêt Noire, est également responsable des originalités climatiques de l'Alsace : cette situation explique que la plaine soit peu ventée.

Ceci favorise la stagnation des masses d'air au fond de la cuvette, notamment les vents froids continentaux d'hiver qui peuvent "stationner" plusieurs jours à plusieurs semaines, abaissant les minima des températures hivernales et accentuant les contrastes thermiques saisonniers (phénomène continental).

Cependant, les mois d'hivers sont relativement cléments (par rapport aux hivers continentaux typiques) puisque la température moyenne du mois le plus froid (janvier) ne s'abaisse que rarement en-dessous de 0°C.

La situation de confinement accentue également les chaleurs estivales : nous observons souvent en juillet et en août des périodes très chaudes (30 à 35°C) avec orages fréquents (tendance subtropicale). Ces faits expliquent que l'amplitude thermique annuelle (qui correspond à l'écart thermique entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud) soit une des plus fortes de France (18°C). En fait, l'isotherme de janvier légèrement supérieur à 0°C est uniforme dans le fossé donc parallèle aux longitudes, ce qui montre son déterminisme basé statistiquement sur la dominance en hiver des influences océaniques. En juillet par contre, l'isotherme est perpendiculaire aux longitudes (influence continentale).

② Les paramètres thermiques

2.1. Les températures

2.1.1. Evolution saisonnière des températures

Les températures tendent à s'égaliser dans toute la plaine et ne semblent donc pas responsables des climats locaux.

Le **tableau n°1** donne à titre indicatif les températures moyennes mensuelles et annuelles de quelques stations météorologiques situées entre STRASBOURG et MULHOUSE.

STATIONS	ALTITUDE en m	J	F	M	A	M	J	JI	A	S	O	N	D	ANNEE
STRASBOURG 1951-1980	150	0,8	2,4	6,0	9,7	13,7	17,0	18,9	18,4	15,4	10,2	5,2	1,9	9,9
SUNDHOUSE 1981-1985	168	1,1	1,8	7,1	10,4	14,0	17,9	20,8	19,9	17,1	11,5	5,7	3,3	10,9
SELESTAT 1964-1985	180	0,6	2,6	6,0	9,7	14,1	17,5	19,7	18,7	15,2	9,9	4,5	1,5	10,0
COLMAR 1972-1984	200	1,5	2,6	6,5	8,8	13,0	16,8	18,9	18,4	15,2	9,8	5,1	2,0	9,9
RIBEAUVILLE 1972-1984	245	0,2	2,5	5,5	9,2	13,5	16,8	18,8	18,0	14,9	10,1	5,0	1,2	9,6
GUEBWILLER 1972-1984	350	1,0	2,2	5,6	8,7	12,7	16,2	18,4	18,0	14,3	9,9	5,2	1,6	9,5
MEYENHEIM 1951-1980	209	0,8	3,1	5,9	9,7	13,7	17,2	19,1	18,5	15,7	10,6	5,3	1,5	10,1
MULHOUSE 32 ANS	230	1,0	2,4	6,0	9,6	13,9	17,3	19,4	18,6	15,7	10,6	5,3	1,5	10,2

Tableau n°1 : Températures moyennes mensuelles et annuelles de quelques stations alsaciennes, exprimées en degré Celcius.

2.1.2. Moyennes mensuelles des températures maximales et minimales

Le **tableau n°2** répertorie les moyennes mensuelles des températures maximales et minimales de quelques stations.

STATIONS	Altitude en m	Minima $\overline{Tm}$ Maxima $\overline{TM}$	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	Année
STRASBOURG 1959-1975	150	$\overline{Tm}$	-0,8	0,8	2,8	6,3	9,9	13,1	14,7	14,5	1,5	7,2	3,3	-0,2	6,1
		$\overline{TM}$	4	6,7	10,9	16,0	20,3	23,5	25,7	24,9	21,7	15,0	8,8	4,3	15,2
COLMAR 1972-1984	200	$\overline{Tm}$	-1,5	-0,7	1,9	3,7	7,7	11,4	13,0	12,6	9,5	5,3	1,3	-1,1	5,3
		$\overline{TM}$	4,4	5,9	11,0	13,9	18,3	22,3	24,9	24,1	20,8	14,4	8,9	5,2	14,5
MEYENHEIM 1951-1980	209	$\overline{Tm}$	-2,1	-1,3	1,3	4,4	8,3	11,5	13,2	12,9	10,1	6,1	2,0	-1,0	5,4
		$\overline{TM}$	3,8	6,2	10,8	15,0	19,3	22,8	25,3	24,5	21,5	15,4	8,8	4,9	14,8

Tableau n°2 : Moyennes mensuelles des températures maximales et minimales exprimées en degré Celsius de quelques stations alsaciennes.

Les postes de plaine révèlent des minima des mois les plus froids parfois inférieurs à ceux des postes d'altitude (vosgiens).

Cette différence s'explique par le **phénomène d'inversion de la pellicule froide,** particulière à la plaine alsacienne (une des composantes des inversions de température). Cette inversion sépare l'air froid, lourd, stagnant dans les vallées de l'air chaud qui le surmonte et qui bien souvent intéresse la partie supérieure des Vosges et du Jura Alsacien. Les inversions de pellicule froide sont durables et déterminantes pour les conditions climatiques de la plaine alsacienne, principalement en automne et en hiver lorsque la couche d'air froid n'est pas trop épaisse.
Lorsque l'air froid est ainsi emprisonné en plaine sur une épaisseur de 400 à 900 mètres, le temps est extrêmement différent en plaine et en montagne.

Alors qu'en montagne le ciel est dégagé, en plaine l'air est froid et humide avec des brouillards tenaces, givrants en hiver et la couche de nuages bas et gris (stratus) ne se déchire que partiellement durant l'après-midi ou peut même persister plusieurs jours.
Ceci implique des durées d'insolation nulles ou très médiocres, peu ou pas de vent, et la persistance de polluants atmosphériques près du sol.

2.1.3. Nombre de mois froids

Un mois froid est défini comme tel lorsque la température moyenne de ce mois est inférieure à +7°C. Le nombre de mois froids est sensiblement identique pour tous les postes de plaine : 5 (novembre à mars).

2.1.4. Nombre de jours de gelée

Il gèle en moyenne entre 80 et 84 jours dans la plaine (200 m d'altitude). Ce nombre augmente rapidement dès qu'on s'élève en altitude : 100 jours à Guebwiller (350 m).

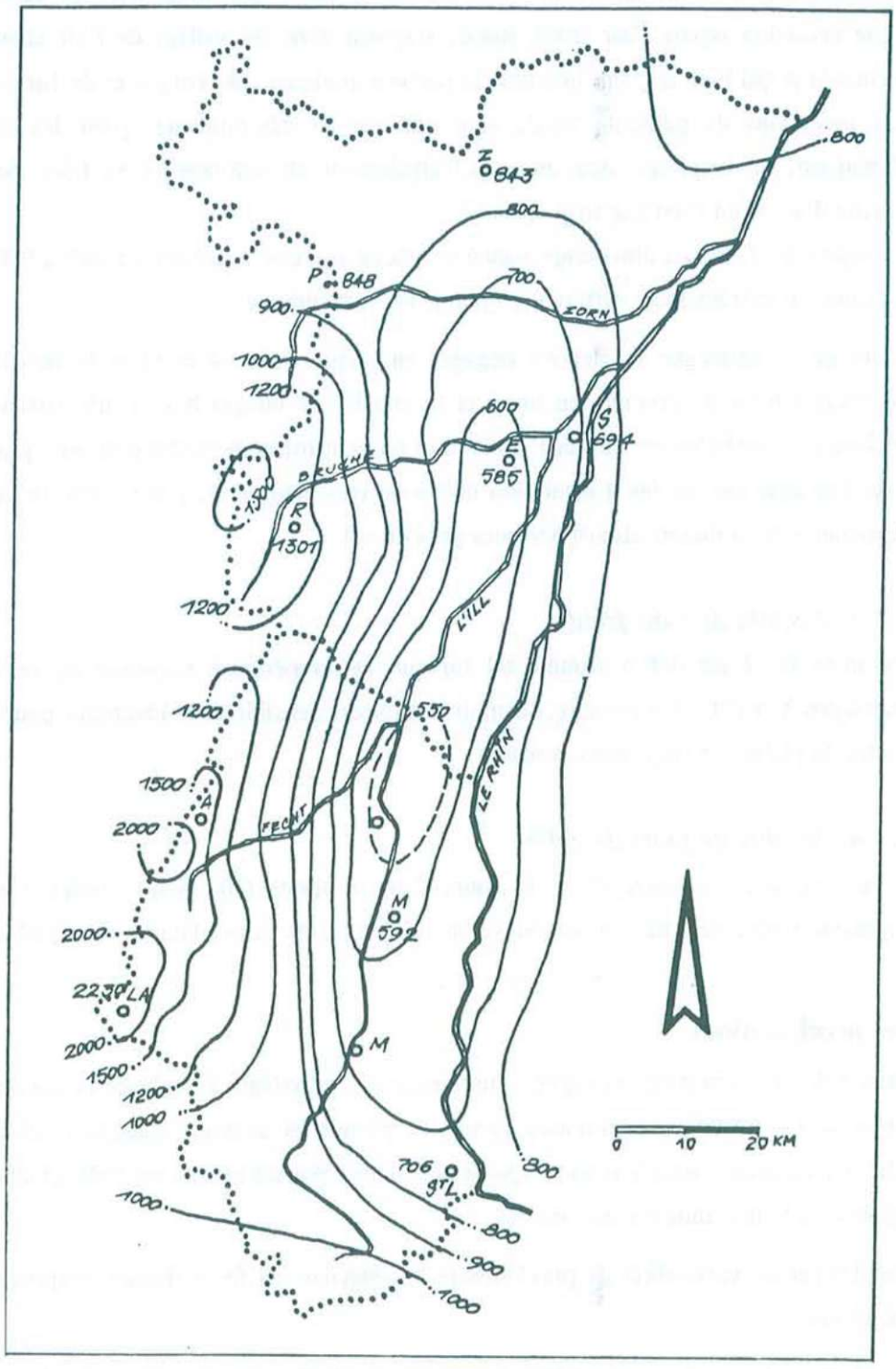
2.2. Les précipitations

La plaine d'Alsace comprend un régime pluviométrique privilégié à tendance continentale. Les printemps sont fréquemment pluvieux (avec les premières averses orageuses en mai). En revanche, les automnes alsaciens sont réputés pour leur fréquent temps ensoleillé et chaud, dû à la fréquence de temps anticiclinaux stables.

Il existe des petites variabilités de pluviométrie à l'intérieur du fossé rhénan, responsables des climats locaux :

- la dépression marginale de l'ILL bénéficie de l'influence de l'îlot xérothermique de COLMAR, ce qui déprime légèrement sa hauteur de précipitation par rapport à la région rhénane. Les moyennes annuelles oscillent entre 550 et 600 mm/an entre Meyenheim et Erstein (voir **carte n°2**);

Carte n°2 : Répartition des courbes isohyètes (exprimées en mm) sur la plaine d'Alsace -moyennes sur 30 ans- (P. PAUL, 1983)



Ried de l'ILL	ERSTEIN :	650 mm	Ried du RHIN	STRASBOURG :	719 mm
	EBERSHEIM :	592 mm		ESCHAU :	681 mm
	SELESTAT :	615 mm		RHINAU :	649 mm
	COLMAR :	534 mm		NEUF-BRISACH:	639 mm

Tableau n°3 : Valeurs moyennes annuelles des précipitations (période 1951-1970).

- une influence atlantique locale plus prononcée peut être mesurée dans la région de SELESTAT-SUNDHOUSE. Elle est due à l'abaissement de la crête vosgienne et la canalisation des vents d'ouest dans la vallée de STE-MARIE-AUX-MINES.
- la région du NONNENBRUCH qui subit une triple influence climatique :
  * la partie NE du massif bénéficie de l'écran vosgien (région d'ENSISHEIM, proche de l'ombilic de COLMAR) et reçoit entre 700 et 750 mm de pluie par an;
  * la partie SE (vers MULHOUSE) reçoit entre 750 et 850 mm de pluie par an;
  * la partie W (vers CERNAY) reçoit de 850 à 900 mm de pluie par an, due en partie aux perturbations s'engouffrant par la porte de Bourgogne, mais surtout à la proximité de la crête secondaire vosgienne qui va du MARKSTEIN au VIEIL ARMAND. D'orientation NW-SE, cette crête canalise le long de la vallée de ST-AMARIN, les perturbations venues de l'Ouest

2.2.1. Répartition mensuelle des précipitations

Le **tableau n°4** répertorie pour quelques stations les valeurs des moyennes mensuelles des précipitations.

STATIONS	Altitude en m	J	F	M	A	M	J	JI	A	S	O	N	D	Année Total en m
STRASBOURG 1959-1975	150	43,4	35,8	42,3	54,3	75,8	81,2	58,4	86,3	52,6	42,0	58,8	42,9	673,8
ERSTEIN 1949-1985	155	37,4	32,8	30,5	39,2	73,4	76,8	67,6	69,1	50,4	43,9	48,5	41,8	611,4
EBERSHEIM 1951-1980	167	39,0	38,0	33,0	40,0	62,0	74,0	58,0	69,0	47,0	37,0	45,0	34,0	576,0
SUNDHOUSE 1959-1975	168	35,8	30,8	38,4	50,1	71,2	82,8	47,7	73,6	45,1	34,8	51,0	32,5	593,8
SELESTAT 1963-1985	180	41,7	38,8	38,0	42,7	70,8	68,7	50,2	66,6	42,3	38,4	51,0	44,5	593,7
COLMAR-ROUFFACH 1961-1981	208	37,3	34,3	34,8	37,2	57,4	64,8	57,8	70,1	38,9	31,8	58,7	44,5	585,2
MEYENHEIM 1957-1985	209	40,9	32,1	38,7	43,4	68,1	69,9	57,2	68,1	43,7	34,7	49,6	39,8	590,2
WINTZENHEIM 1961-1981	250	52,0	43,4	47,0	44,8	60,5	75,5	53,4	71,6	35,8	36,5	65,3	57,5	687,3

Tableau n°4 : Répartitions mensuelles des précipitations exprimées en mm.

La tendance continentale du régime pluviométrique est confirmée par l'allure des diagrammes pluviométriques (voir **figure n°2, paragraphe 4**) réalisés pour quatre stations de la plaine haut-rhinoise : maximum estival et minimum hivernal.

2.2.2. Les précipitations nivales

La durée moyenne annuelle du manteau neigeux s'élève à (statistiques sur 34 années) :

16 jours environ à MULHOUSE — 17 jours à ROUFFACH
20 jours à GUEBWILLER — 25 jours à MEYENHEIM

2.3. Les brouillards

Ils sont surtout fréquents en automne et en hiver et peuvent persister 9 à 10 jours en plaine. Ces brouillards accompagnent les épisodes d'inversion de température plaine-montagne (voir § 2.1.2.).

2.4. L'insolation (P.PAUL., 1979)

La durée d'insolation annuelle moyenne est assez basse ; elle est comprise entre 1 600 et 1 900 heures. On peut noter un contraste brutal entre printemps, été et début d'automne convenablement ensoleillés et la saison froide, de novembre à février où la chute de l'insolation est assez conséquente (voir **figure n°3**).

Une variante régionale liée à la latitude apparaît en Alsace : l'accroissement de l'insolation se fait sensible au sud de la latitude de COLMAR (48°) - la Haute Alsace est plus ensoleillée que la Basse Alsace.

Mais ces différences sont surtout marquées en dehors de la période de végétation (octobre) et tendent à s'estomper au printemps. Ce facteur n'affecterait donc pas la répartition des plantes.

La plaine d'Alsace au regard des chiffres n'est donc guère favorisée par l'insolation : la clémence relative du climat est de caractère thermique et pluviométrique.

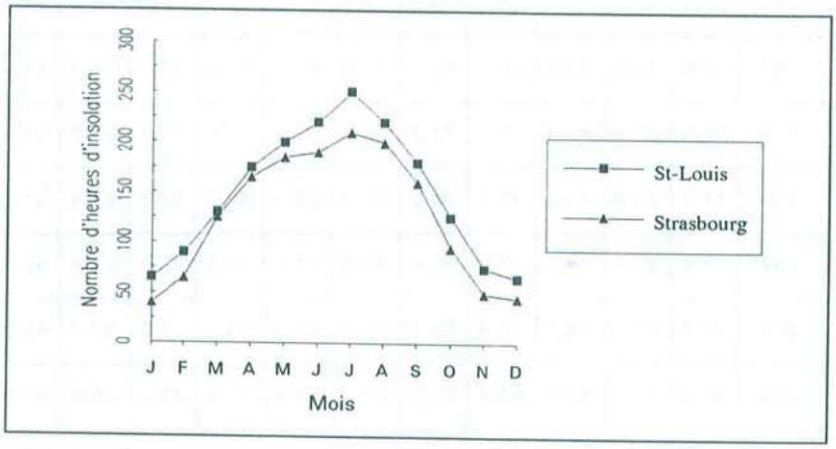


Figure n°3 : Durée moyenne de l'insolation (1951-1980) (P. PAUL 1983)

2.5. Les vents

La plaine d'Alsace est une région peu ventée, notamment de mai à septembre. Les fréquences moyennes des directions des vents sont directement liées à l'orientation méridienne du relief : le fossé rhénan canalise les vents selon les directions N et NE ou S et SSW (voir **figure n°4**).

Les vents d'ouest s'engouffrant par la porte de Bourgogne accentuent leurs influences au sud du fossé rhénan. Au débouché des grandes vallées vosgiennes s'ajoute l'influence des brises de vallée qui se manifestent par des vents nocturnes de direction SW et NW. La direction de ces vents s'inverse la journée.

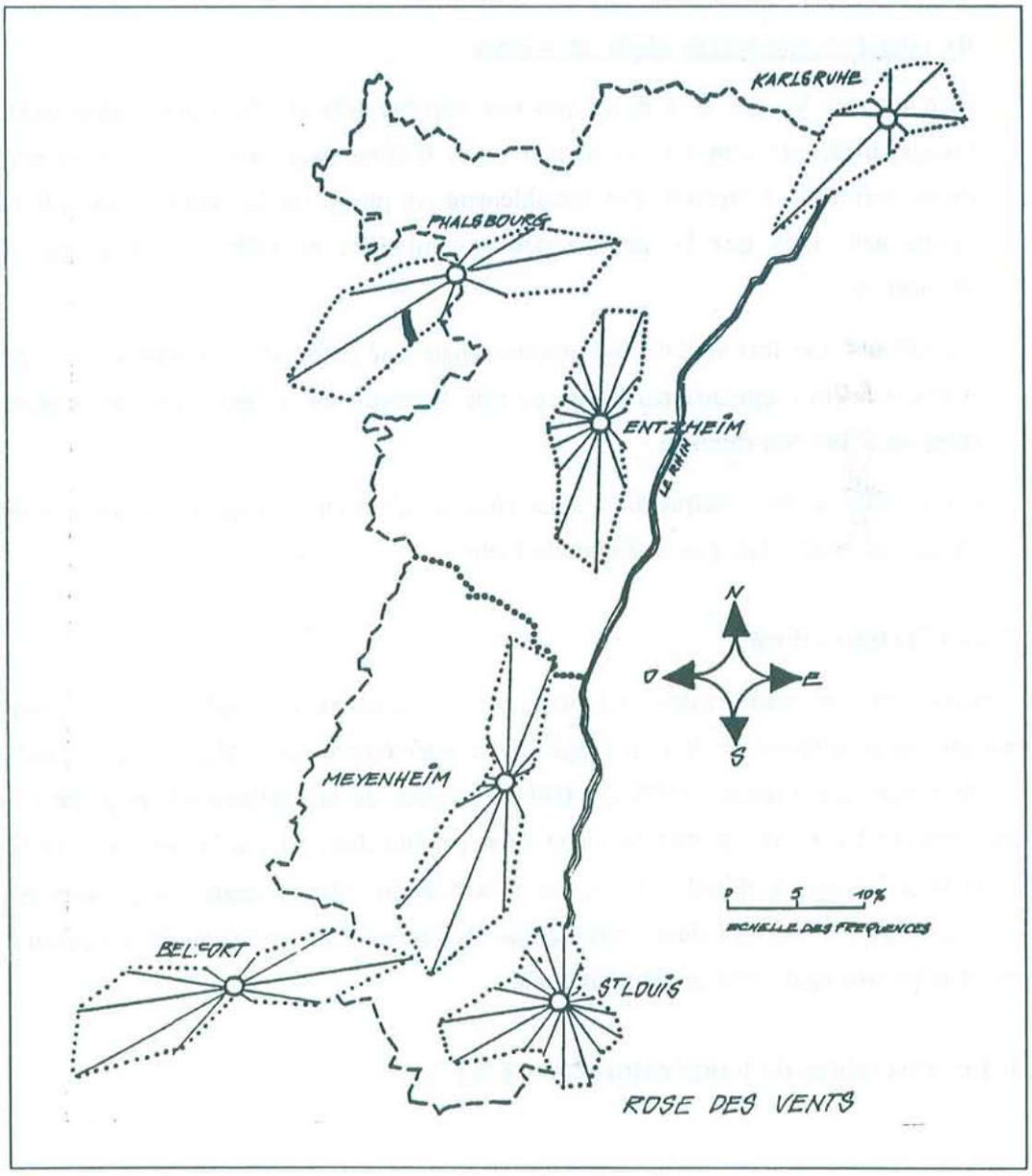


Figure n°4 : Fréquence des directions des vents. 1962-1974. (Météorologie nationale)

③ Influence du relief sur les paramètres météorologiques

3.1. L'effet de foehn

On appelle **foehn** le vent du sud des Alpes, en Autriche et en Suisse. Dans ces régions, le vent fort du Sud soulève les masses d'air le long des pentes des versants sud des Alpes. Au cours de son soulèvement pour franchir l'obstacle montagneux, l'air se refroidit par détente, se condense et permet la formation des nuages importants occasionnant de fortes pluies. De l'autre côté de la montagne, les nuages déchargés de leur humidité redescendent le long des versants nord, se réchauffent par compression et se désaturent, ce qui a pour conséquence de provoquer la disparition partielle ou même complète des nuages.

▫ *L'effet de foehn dans la plaine alsacienne*

Bien que les Vosges ne forment pas une barrière très élevée, l'orientation nord-sud du massif suffit, par vent fort de secteur ouest (régime dominant en Alsace en période de temps perturbé), à atténuer très sensiblement les pluies sur la plaine et les collines sous-vosgiennes, alors que la quantité des précipitations recueillies en montagne demeure importante.

Par ailleurs, par fort vent de Sud accompagnant une perturbation venant de ce secteur, les Alpes et le Jura septentrional jouent un rôle analogue sur la partie nord de la plaine haut-rhinoise et sud bas-rhinoise.

Cette faiblesse des précipitations s'accompagne d'un ensoleillement supérieur à celui des régions ne bénéficiant pas de l'effet de foehn.

3.2. Les "retours d'est"

Il existe une anomalie assez fréquente à la circulation classique des perturbations atmosphériques d'Ouest en Est. Il s'agit de la pénétration sur l'Alsace d'air chaud et très humide à moyenne altitude (2 000 à 4 000 m), venant de la méditerranée et ayant contourné l'arc alpin par l'Est. Aucun effet de foehn ne se produit dans ces cas là, les vents de Nord-Est restent trop faibles en altitude. Ainsi, les précipitations sont presque aussi fortes en plaine qu'en montagne et peuvent durer entre 24 et 36 heures. Ces anomalies se produisent en fin d'hiver et parfois également en fin d'automne.

3.3. Les inversions de température (voir § 2.1.2.)

④ Relations températures-précipitations

Les diagrammes ombrothermiques de la **figure n°2** définissent l'amplitude des variations climatiques de la plaine d'Alsace du sud au nord.

Les courbes des précipitations et des températures sont assez rapprochées pour l'ensemble des stations répertoriées, notamment pour la station de COLMAR : des périodes sèches au sens de Gaussen(1) sont possibles durant les mois estivaux.

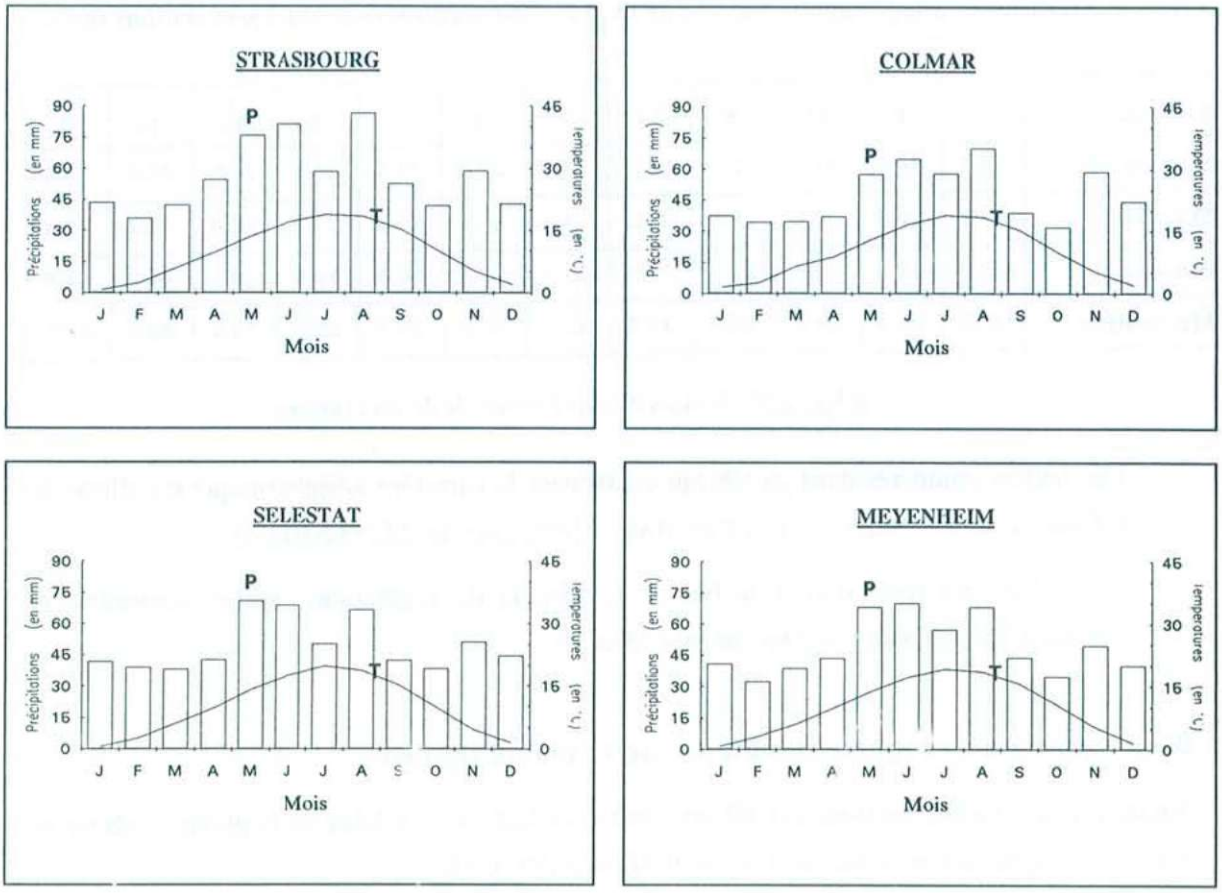


Figure n°2 : Diagrammes ombrothermiques de quelques stations de la plaine d'Alsace.

(1) Un mois sec au sens de Gaussen est un mois où la hauteur annuelle des précipitations (exprimées en mm) est inférieure au double de la température moyenne annuelle (exprimées en degré celcius) de la station considérée.

▫ *Indice d'aridité de De Martone*(*) :

Cet indice permet de comparer l'aridité des différentes stations (plus une station est sèche, plus la valeur de l'indice est faible).

indice annuel : A = P/(T+10) **indice mensuel : A = 12p/(t+10)**

où : P, hauteur moyenne annuelle des précipitations exprimée en mm
T, température moyenne annuelle exprimée en degré Celsius
p, moyenne pluviométrique mensuelle exprimée en mm
t, moyenne mensuelle de la température exprimée en degré Celsius.

Le **tableau n°5** regroupe les indices de De Martone calculés pour quelques stations types.

STATIONS	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
STRASBOURG	48.2	34.6	31.7	33.1	38.4	36.1	24.2	36.5	24.8	24.9	46.4	43.3
SELESTAT	47.2	36.9	28.5	26.0	35.2	29.9	20.3	27.8	20.1	15.4	42.2	46.4
COLMAR	38.9	32.6	25.3	23.7	29.9	29.0	24.0	29.6	18.5	19.3	40.4	44.5
MEYENHEIM	45.4	29.4	29.2	26.4	34.5	30.8	23.6	28.7	20.4	20.2	38.9	41.5

Tableau n°5 : Indices d'aridité mensuels de De Martone.

Les indices énumérés dans ce tableau confirment le caractère xérothermique du climat de l'Alsace centrale (SELESTAT et COLMAR) et méridionale (MEYENHEIM).

Les indices du mois d'avril (début de la période de végétation), juillet, septembre et octobre s'échelonnent entre les valeurs 15 et 24.

⑤ Bilan hydrique et régime climatique de la plaine de l'ILL

En moyenne, le bilan hydrique P-ETP est négatif sur la presque totalité de la plaine d'Alsace et notamment dans la zone s'étendant d'ENSISHEIM à COLMAR.

On peut relever en moyenne une période de déficit hydrique s'étalant sur 6 à 7 mois d'avril à octobre avec un pic très net en juillet-août (voir **tableau n°6**).

Le déficit hydrique est donc toujours bien marqué en période de végétation.

Ces déficits pluviométriques sont, sauf stations défavorables (bancs sableux du Ried de l'ILL, NONNENBRUCH), relativement compensés par l'abondance de l'eau souterraine phréatique et des eaux de débordement rechargeant les stocks hydriques des sols.

(*) Interprétation des indices : $0 < A < 5$: climat aride $20 < A < 30$: climat semi-humide
$5 < A < 20$: climat semi-aride $30 < A < 55$: climat humide

1	STATIONS	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Année
9	COLMAR	59	31	-7	-37	11	-60	-89	-32	-2	-19	20	23	-104
8	MEYENHEIM	53	12	-2	-35	15	-61	-84	-76	-13	-14	16	23	-166
4	MULHOUSE	156	77	10	-23	18	-71	-88	-83	43	6	33	29	107

Tableau n°6 : Bilan hydrique pour différentes stations de la plaine alsacienne.

⑥ Conclusion : conséquence du climat sur la flore

Tous les facteurs du climat régional convergent pour souligner le caractère xérothermique relatif (par rapport à d'autres régions d'Europe situées à la même latitude) de la plaine d'Alsace au sud de STRASBOURG.

Cependant, dans le grand Ried, les avantages thermiques peuvent s'exprimer entièrement au niveau de la végétation alluviale puisque les facteurs limitants hydriques (déficit d'alimentation en eau en saison de végétation, généralement associé à l'anomalie thermique) sont la plupart du temps éliminés par l'abondance de l'eau souterraine phréatique.

Les thermiques permettent par ailleurs l'avancée vers le nord de nombreuses plantes subméditerranéennes. Ces plantes atteignent dans le fossé rhénan leur limite d'aire, décroissant progressivement vers le nord du fossé, avec l'augmentation des jours de gel et la diminution de la durée d'insolation.

Enfin, dans la plaine de l'ILL, moins pluvieuse que la plaine rhénane mais aux épisodes de stagnation d'air froid locaux notamment nocturnes et hivernaux plus grands (situation de cuvette), sont reléguées la plus grande partie des plantes continentales arrivant en limite d'aire en Alsace (espèces prairiales telles que : *Iris sibirica, Allium suaveolens*).

La croissance des hauteurs de précipitations du Sud vers le Nord du Grand Ried est également un facteur explicatif indirect à l'arrêt de l'avancée de certaines plantes de la Haute Alsace : c'est le cas d'*Helleborus foetidus*, subméditerranéenne localisée dans le Grand Ried uniquement en forêt de MARCKOLSHEIM (A. SCHNITZLER, 1988).

III. RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le réseau hydrographique de la plaine d'Alsace est formé de deux systèmes, celui de l'ILL et celui du RHIN. Ils sont parallèles sur une grande partie de leur cours et cheminant vers le nord, à une dizaine de kilomètres de distance, jusqu'au-delà de STRASBOURG où l'ILL rejoint le RHIN (voir **figure n°5**).

L'ILL, principale rivière d'Alsace tant par sa longueur (218 km au total) que par son débit (600m^3/s en crue centenale à ERSTEIN) prend sa source au GLASERBERG, dans les collines jurassiennes. Elle coule parallèlement au RHIN d'ILLFURTH à STRASBOURG sur 180 km et collectent sur sa rive gauche toutes les rivières issues du versant est des Vosges : DOLLER, THUR, WEISS, FECHT, GIESSEN, BRUCHE,... .
Des rebords du Sundgau à COLMAR, l'ILL est pratiquement à sec (assèchement renforcé par l'abaissement de la nappe phréatique dû à l'enfoncement du niveau de base rhénan depuis la dernière glaciation).

Quittant la terrasse würmienne de la HARDT, l'ILL s'installe dans la dépression marginale entre le cône de la FECHT et la terrasse rhénane (Hardt grise). Sa pente qui était de 0,8 % depuis son entrée dans la plaine, s'accroît brusquement jusqu'à 2 %. A l'aval de cette zone, la pente redescend de 0,8 % jusqu'à STRASBOURG. C'est à partir de là que commence l'importante zone inondable de l'ILL qui couvre 110 km² entre COLMAR et ERSTEIN.

Une étude SRAE Alsace a permis d'estimer à 34 millions de m^3 le volume stocké dans la nappe phréatique à partir du champ d'inondation de l'ILL, ce qui correspond au 2/3 ou 3/4 du volume d'une crue moyenne à la latitude de COLMAR.

Le champ d'inondation est occupé par des crues relativement modestes de l'ILL et s'étend sur une surface à peu près comparable : seule la hauteur d'eau est variable en fonction de l'importance de la crue.

Le débit de la nappe phréatique est alimenté pour la moitié au moins par les infiltrations des rivières alsaciennes dans la plaine. Les quantités infiltrées sont proportionnelles aux débits. Les périodes de crue sont donc importantes pour la réalimentation de la nappe, lorsque les surfaces d'échanges entre nappe et rivière sont maximales : le champ d'inondation occupe alors 4 km en moyenne alors que la largeur de la rivière est bien moindre.

Le caractère atténué de la dynamique de l'ILL à l'aval de COLMAR, dû à son écoulement dans un secteur à faible pente, est responsable du modelé peu marqué de ce secteur : relief aplani, talus et chenaux peu marqués, levées argilo-limono-sableuses surbaissées. Les eaux de l'ILL, moins érosives que celles du RHIN, ne font que retoucher les formes du lit mineur, ce qui explique la quasi-absence ou les localisations ponctuelles linéaires des zones de rajeunissement(*) .

(*) Zone des forêts pionnières à *Salix fragilis* (Saule fragile).

Figure n°5 : Réseau hydrographique de la plaine d'Alsace (C.A.E. 1991)

- *Interférence précipitation-cours d'eau* :

Des différences assez sensibles existent entre ce qui se passe dans le Sud et dans le Nord de la plaine. Dans le Sud, le régime des cours d'eau est directement lié à la pluviosité. En l'absence prolongée de pluie, ceux-ci s'assèchent. Dans le Nord, les eaux souterraines tangentent la surface du sol et donnent naissance à un chevelu de ruisseaux et de graben(*) , qui constitue un véritable réseau hydrographique secondaire entre les rivières et le RHIN. La nappe maintient les débits des cours d'eau en l'absence de précipitation ; ceux-ci peuvent donc selon les conditions climatiques et les secteurs, céder de l'eau à la nappe ou en recevoir. La pluviosité maintient le niveau de la nappe par les apports directs et indirects, alors que les cours d'eau agissent et redistribuent les débits.

(*) Fossé de drainage.

IV. GEOLOGIE

① Généralités

Le fossé rhénan (et par conséquent la plaine de l'ILL) présente une morphologie due à l'épendage et aux déformations des alluvions du RHIN, de l'ILL et de ses affluents.

Tout au long du Quaternaire, le RHIN et ses affluents ont accumulé leurs alluvions sur des épaisseurs considérables : 50 m près de Bâle, 100 à 150 m au Nord de MULHOUSE, 250 m à hauteur de NEUF-BRISACH, 195 m à l'Est de SELESTAT et 80 m à STRASBOURG.

La subsidence irrégulière du fossé ou le relèvement des Vosges et de la Forêt Noire ainsi que l'alternance d'époques froides et tempérées plus ou moins humides sont à l'origine des vagues successives de creusement et d'alluvionnement, d'où la disposition de ces alluvions en terrasses étagées.

Les alluvions rhénanes proviennent essentiellement des Alpes : galets d'origine variée et sables gris souvent carbonatés.

Les alluvions vosgiennes (ILL et affluents) comprennent des galets et des sables rouges siliceux.

Les terrasses fluviatiles sont généralement couvertes de limons loessiques plus ou moins épais amenés par le vent durant les périodes froides. On peut distinguer :

- les loess récents et leur mince couverture de lehm, datant du Würm
- les loess et limons anciens du Riss..

Ces formations sont souvent lehmifiées.

Du point de vue de la morphologie et de son influence sur les régions naturelles (voir § III.3.), plusieurs domaines sont ainsi distingués :

- les hautes terrasses couvertes de loess (zones des cultures),
- les basses terrasses se raccordant aux cônes alluviaux des rivières vosgiennes, sans couverture loessique (zone forestière),
- les cônes alluviaux des vallées vosgiennes,
- les rieds et tourbières plates de la plaine alluviale, se situant souvent en bordure des terrasses. Ces régions humides correspondent aux méandres de l'ILL ou de ses affluents (ried de COLMAR, ried de l'ANDLAU),
- la basse plaine alluviale du RHIN, large de 4 à 6 km, correspondant au lit d'inondation du RHIN avant la correction de son cours.

② Succession des évènements et faciès lithologiques

2.1. La formation du fossé rhénan (voir figure n°6)

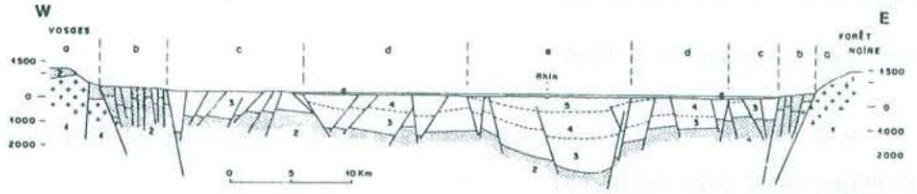
C'est à partir de l'époque triasique que le continent hercynien va être progressivement immergé d'Est en Ouest.

Aux transgressions marines du Buntsandstein (périodes des grès : vosgien , couches intermédiaires, grès à Voltzia) succèdent les transgressions du Muschelkalk (grès coquiller, marnes et dolomies, calcaires) du Keuper (sel gemme et anhydrite) . Au Jurassique, la mer occupe en permanence l'Est de la France.

L'émersion définitive de la région Vosges-Forêt Noire se réalise après le dépôt des calcaires séquaniens. Après avoir été exondée et basculée vers le Sud, cette région subit des déformations de grande amplitude, contre-coups du plissement alpin.

Des dépressions subméridiennes, amorces de la gouttière rhénane, apparaissent à partir du Lutécien. A l'Eocène moyen, débute donc l'histoire du fossé rhénan.

L'effondrement du fossé commence d'abord au Sud, à l'Eocène et à l'Oligocène inférieur et moyen. A l'Oligocène supérieur, au Miocène et au Pliocène, l'affaissement intéresse surtout le Nord du fossé.



1. Socle. – 2. Terrains secondaires. – 3 à 5. Oligocène inférieur (3), moyen (4) et supérieur (5). – 6. Plio-Quaternaire. – a) Zones de bordure. – b) Champs de fractures. – c-e) Zones marginales (c), moyennes (d) et centrale (e) du fossé.

Figure n°6 : Unités structurales et sédimentaires du fossé rhénan (J.P. VON ELLER, 1984)

Le **tableau n°7** résume l'évolution paléogéographique de l'Alsace.

2.2. Le remplissage sédimentaire tertiaire du fossé rhénan

Les différentes étapes de ce remplissage sont résumées dans le **tableau n°8**.

Tableau n°7 : Série stratigraphique des terrains de remplissage du fossé rhénan

(VON ELLER 1984)

BASSIN DE PECHELBRONN (série type)					BASSIN POTASSIQUE (série salifère profonde)	HORST DE MULHOUSE - SUNDGAU (série calcaire et côtière)
QUATERNAIRE				Alluvions rhénanes et vosgiennes (0 - 250 m), loess et lehms (0 - 30 m)		
				PLIO-QUATERNAIRE		
TERTIAIRE	PLIOCÈNE			Argiles, sables et graviers 0 - 100 m		Cailloutis du Sundgau 0 - 20 m
	MIOCÈNE	MIOCENE supérieur				Pontien : Sables vosgiens à *Dinotherium*
		AQUIT.	Couches à Hydrobies, Corbicules, Cérithes ⩾ 380 m	980 m		
		CHATT.	SÉRIE BARIOLÉE	⩽ 600 m Couches de Niederroedern	Couches d'eau douce – carbonatées 250 m – détritiques 330 m	Marnes lacustres et calcaires 200 m Molasse alsacienne 90 m
		RUPÉLIEN	SÉRIE GRISE	100 m Marnes à Cyrènes 100 m		10 - 30 m
				350 m Couches à Mélettes 300 m		*Sables marins de Wolfersdorf* 150 - 300 m
				5 - 35 m Schistes à Poissons 2 - 17 m		2 - 10 m
				10 - 30 m Marnes à Foraminifères 5 - 12 m		*Sables marins de Wolschwiller* 7 - 15 m
	OLIGOCÈNE	LATTORFIEN	COUCHES DE PECHELBRONN SUPÉRIEURES	90 m Zone à gypse et à passées limniques 50 m	SUPÉRIEURE	Haustein sup. marnes bariolées / marnes sableuses 40 m Haustein inf. calcaires / grès calcaires / conglomérats 50 m
				80 m Zone à sel et nodules d'anhydrite 400 m		
				60 m Zone bitumineuse supérieure : marnes rayées à sable pétrolifère / à sel gemme et potasse 100 m		
			MOY.	80 m Zone fossilifère : marnes à Hydrobies, Bryozoaires, *Mytilus* 80 m	MOYENNE	Calcaires en plaquettes et marnes rayées fossilifères 4 - 40 m
			INF.	150 m Zone bitumineuse inférieure : marnes rayées bariolées et détritiques / grises avec sel 200 m		Marnes vertes à gypse 80 m
			Couche rouge : marnes à anhydrite 0 - 200 m	Zone conglomératique ou marnes salifères 150 m	INFÉRIEURE	Complexe marnes vertes et calcaire mélanies 350 m
			ZONE DOLOMITIQUE	250 m Marnes dolomitiques vertes à Limnées Marnes calcaires grises à anhydrite et sel 700 m		
	ÉOCÈNE	LUTÉTIEN	Argile basale ou calcaires et marnes lacustres ou dépôts sidérolithiques 0 - 100 m			
SECONDAIRE : LIAS – JURASSIQUE MOYEN ET SUPÉRIEUR						

Tableau n°8 : Evolution paléogéographique de l'Alsace (VON ELLER 1984)

		ÂGES (MA)	ÉVÈNEMENTS GEOLOGIQUES	DÉPÔTS ET LITHOLOGIE
	QUATERNAIRE		Relèvement des bordures - Phénomènes glaciaires Affaissemment du fossé : ouverture vers le Nord	Couverture loessique et lehmification Edification des terrasses fluviatiles
		2		
TERTIAIRE	PLIOCÈNE		Régime continental : érosion Relèvement général du bloc rhénan et des bordures du fossé	Accumulation détritiques fluvio-lacustres Ligne de partage des eaux au niveau du Kaiserstuhl
		7-10	*phase attique*	
	MIOCÈNE		'Mer morte' reléguée dans l'extrême Nord du fossé Emersion et érosion Relèvement du fossé méridional	Dépôts 'marins' dans la partie Nord Dépôts continentaux fluviatiles et lacustres Volcanisme (Kaiserstuhl)
		24-26	*phase save*	
	OLIGOCÈNE SUPÉRIEUR		Dessalure progressive	Dépôts lacustres et fluviatiles : molasse
	OLIGOCÈNE MOYEN		Extension du bras de mer et relation avec mer périalpine Invasion marine à partir du Nord	Sédimentation marneuse uniforme
	OLIGOCÈNE INFÉRIEUR	31-32	Ingressions marines brèves venues du Sud Effondrement progressif du fossé (failles, flexures)	Dépôts saumâtres à marins, argileux et évaporitiques (potasse)
		37-38	*phase pyrénéenne*	
	EOCÈNE		Dépressions continentales discontinues Erosion, altération, remaniements	*Dépôts sidérolithiques, lacustres et palustres* *Volcanisme*
		67	*phase laramienne* *(plissement de la surface prétertiaire)*	
SECONDAIRE	CRÉTACÉ		Emersion et érosion des surfaces mésozoïques	
		137	*phase néocimmérienne*	
	JURASSIQUE MALM		Tendance à l'émersion Mer plus ou moins profonde	Sédimentation carbonatée récifale Sédimentation argilo-marneuse
	JURASSIQUE DOGGER		Régime marin avec périodes d'émersion partielle	Dépôts carbonatés (faciès argileux souabes dans le N)
	JURASSIQUE LIAS		Invasion marin : mer assez profonde	Sédimentation marneuse et argilo-shisteuse
		195-200	*phase éocimmérienne*	
	TRIAS KEUPER		Régression marine partielle	Dépôts lagunaires surcalés avec évaporites
	TRIAS MUSCHELKALK		Invasion marine - Mouvements épirogéniques	Sédimentation calcaro-marneuse avec évaporites
	TRIAS BUNTSANDSTEIN		Régime continental à saumâtre	Dépôts détritiques fluviatiles, estuariens ou deltaïques
		225-230	*phase palatine*	
			Régime continental	Dépôts volcano-sédimentaires avec intrusions acides
			fin de la tectogenèse hercynienne	
	PERMIEN	250-260	*phase saalienne*	

2.3. Evolution quaternaire et actuelle du fossé rhénan

L'alternance de périodes froides et tempérées au Quaternaire a rythmé le dépôt des alluvions dans le fossé rhénan.

La plus grande partie de ces dépôts et les plus grossiers d'entre eux dates des périodes froides (Würm) dont les caractéristiques bioclimatiques ont permis l'élaboration d'un matériel de faciès périglaciaire ou fluvioglaciaire (VON ELLER, 1984). Les périodes tempérées sont marquées surtout par l'altération des formations déposées au Würm et par des dépôts d'inondation (RHIN, ILL) plus fins (Ried).

Depuis le Quaternaire ancien, ces alluvions ont été essentiellement d'origine alpine, à sables gris et galets variés vers le centre du fossé, et d'origine vosgienne sur les bords.

Les alluvions alpines ont été déposées par les crues du RHIN qui submergeaient la plaine jusqu'au pied des Vosges. Sur le plan géochimique, les dépôts rhénans fluvioglaciaires représentent un échantillonnage statistique de la géologie des roches dures du bassin alpin du RHIN. L'aspect essentiel de ces dépôts est leur richesse en carbonate de calcium (20 à 30 % de carbonate).

Les galets et sables d'origine vosgienne (issus surtout des grès des Vosges) forment à leur arrivée en plaine des cônes alluviaux. Ce sont des alluvions siliceuses, dépourvues de carbonates (grauwackes, granites, grès, porphyres,...). Elles sont reconnaissables aux couleurs ternes, rougeâtres ou grisâtres dominantes.
On les rencontre exclusivement sur la marge du ried, le long de l'ILL et principalement au niveau des cônes de déjection des torrents vosgiens.

Depuis l'Holocène, l'origine des dépôts est triple :

- alpine, pour les dépôts d'origine rhénane
- sundgauvienne et vosgienne pour les dépôts d'origine ellane (apportés par l'ILL et ses affluents vosgiens).

L'étude de ces dépôts, leur mise en place et les reliefs résultants sera abordée dans le chapitre 3.

③ Les unités structurales naturelles du fossé rhénan
(H. VOGT - 1982, R. CARBIENER- 1988, A. SCNITZLER - 1988)

3.1. Le fossé rhénan entre la DOLLER et la terrasse würmienne d'ERSTEIN : l'Alsace des plaines méridionale et centrale

3.1.1. Les cônes alluviaux

Ce sont des accumulations fluviatiles majoritairement vosgiennes, forcées par rupture et déposées par les torrents vosgiens soit à la confluence, soit à l'arrivée dans la plaine. On distingue du Sud au Nord :

3.1.1.1. Les cônes alluviaux de la DOLLER et de la THUR

Les cônes alluviaux de la DOLLER et de la THUR (auxquels il faut adjoindre celui du ruisseau de Jungholtz), constitués d'une large nappe d'alluvions anciennes ou récentes sans couverture loessique, dominent à peine la zone inondable de ces rivières. Le cône de déjection de la DOLLER s'étend largement au NW de MULHOUSE, entre REININGUE, WITTELSHEIM et WITTENHEIM.

Le cône de déjection de la THUR , plus étroit, projette néanmoins ses étendues caillouteuses loin en avant dans la plaine, sur 10 km à hauteur d'ENSISHEIM.

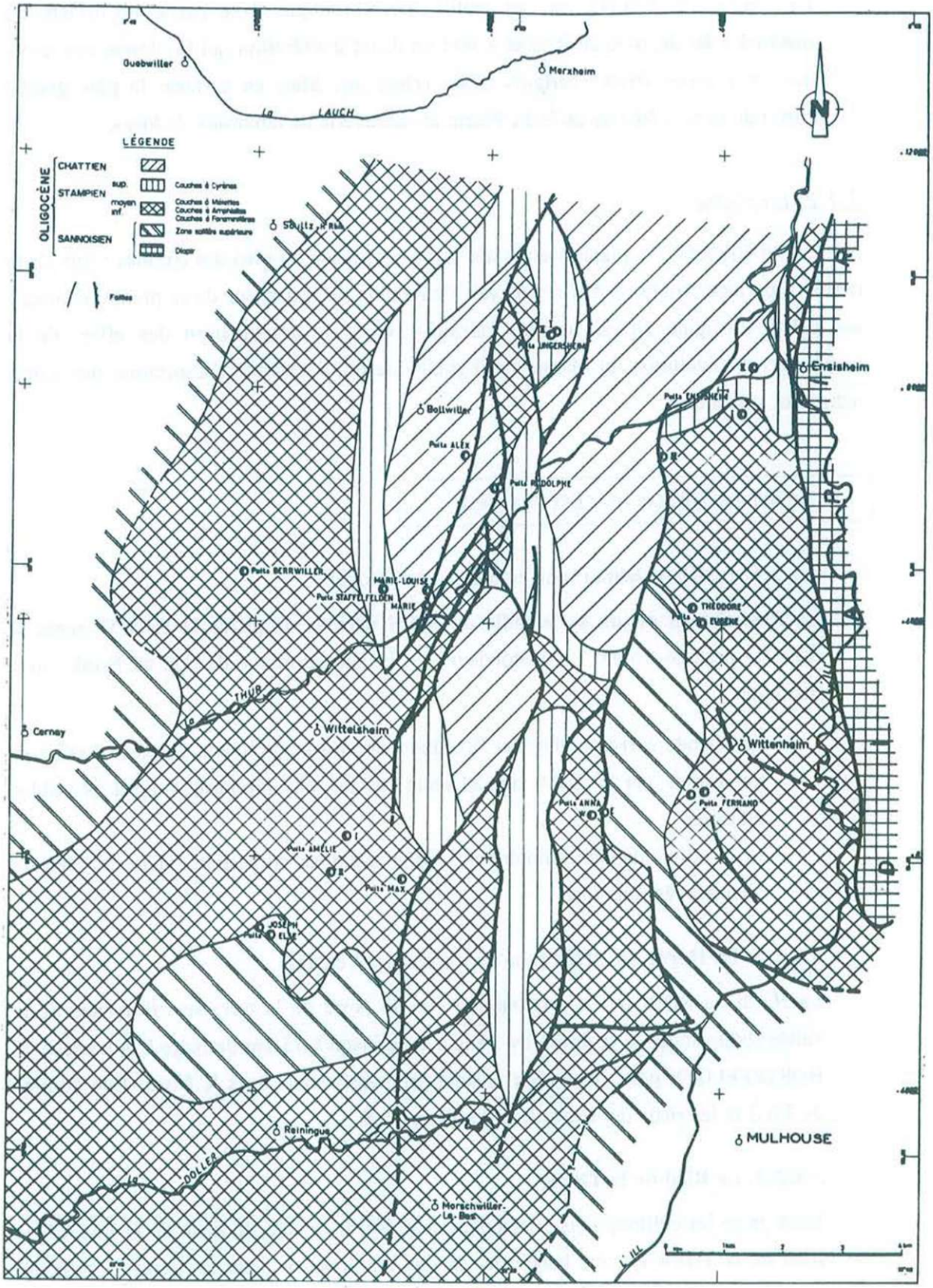
Ces alluvions quaternaires recouvrent en discordance les dépôts tertiaires du bassin potassique de MULHOUSE (voir **carte n°3**). Cette couverture, très mince sur les confins du bassin (quelques mètres) atteint près de 250 m au NE de ce bassin.

Le bassin potassique de MULHOUSE, évaporitique et salifère, est exploité depuis de nombreuses décennies par les Potasses d'Alsace (sel gemme). Cette exploitation a profondément modifié le paysage naturel : affaissements miniers, abaissement de la nappe phréatique par pompage industriel, dépôts artificiels de résidus salifères au sein des massifs forestiers (forêt du NONNENBRUCH notamment).

3.1.1.2. Les cônes alluviaux coalescents de la FECHT, de la WEISS et du GIESSEN

Les cônes de la FECHT, de la WEISS et du GIESSEN présentent des caractéristiques différentes et sont en particulier moins secs sur le plan édaphique. Les limons d'inondations (de l'ILL) qui les recouvrent assez largement, à la différence des limons du NONNENBRUCH, ont un pouvoir supérieur de rétention de l'eau.
Les caractéristiques des cônes varient d'un cours d'eau à l'autre, en fonction de la nature lithologique des bassins et des conditions paléoclimatiques qui régnaient dans ces bassins. Les cônes de la FECHT et de la WEISS (auxquels on peut adjoindre celui

Carte n°3 : Carte géologique du bassin potassique de Mulhouse (partie concédée), le Quaternaire supposé enelevé (C. COURTOT, E. GANNAT, E. WENDLING)



du STRENGBACH, au Nord de la WEISS) sont formés de cailloux et de sable, largement étalés, en bancs plus qu'en lentilles. Dans le cône du GIESSEN, les roches pré-triasiques forment au moins 90% des galets.

Le cône de la FECHT est, en réalité, polychronique. Une partie importante du matériel a été déposée au Riss et a subi un début d'altération qui lui donne une teinte ocre et a rendu friable certains galets cristallins. Mais en surface, la plus grande partie du cône a été remaniée au Würm et recouverte de lambeaux de loess.

3.1.2. La plaine

Au Sud du GIESSEN, la plaine s'étale très largement jusqu'au pied des collines : lors de la dernière période froide, le RHIN balayait l'ensemble de la largeur de la plaine, déposant ses galets d'origine alpine souvent calcaires. C'est la combinaison des effets de la tectonique et l'évolution du réseau hydrographique qui détermine l'association des unités naturelles suivantes :

AU SUD DE COLMAR ET D'EST EN OUEST

3.1.2.1. Le Ried rhénan (non concerné par l'étude)

Le Ried rhénan est dû à l'entaille du RHIN dans la nappe de la HARDT après la dernière période froide. La profondeur de l'incision diminue du Sud au Nord. On y distingue :

- une bande correspondant au lit d'inondation exceptionnelle du RHIN, avant sa correction par TULLA au XIXème siècle, où dominent limons et sables calcaires
- le lit d'inondation ordinaire du RHIN avant sa correction, lacis de chenaux abandonnés sous forêt.

3.1.2.2. La Hardt du RHIN (non concernée par l'étude)

La Hardt du RHIN est la continuation vers le Nord de la terrasse würmienne de la vallée sundgauvienne et du RHIN : elle s'étale jusqu'à 13 km de large à la hauteur de HORTZFELDEN pour se rétrécir ensuite progressivement vers le Nord. Elle domine de 2 à 3 m les rieds qui la bordent des deux côtés.

3.1.2.3. Le Ried de la THUR

Situé entre les collines sous-vosgiennes et la Hardt au Sud du cône de la FECHT, le Ried de la THUR est une bande de terrains marécageux avant le drainage artificiel,

rapidement inondée par remontée de la nappe. Large de 5 km, il s'agit d'une zone d'affaissement tectonique récent qui guide les cours de la LAUCH et de la vieille THUR. Le Ried s'étale largement au Nord de ROUFFACH.

Les dépôts de ces rivières peuvent être subdivisés en deux séries. Une série plus ancienne (sables et galets) largement étalée s'est déposée dès que le RHIN a déplacé ses méandres vers l'Est. Plus tard, aux temps postglaciaires et actuels, le débit des rivières ayant diminué, les inondations de ces dernières se sont limitées aux zones d'affaissement maximum et y ont déposé des limons sableux.

L'épaisseur de ces dépôts n'a pas suffi à compenser l'affaissement tectonique, c'est la raison pour laquelle cette zone de ried apparaît toujours en légère dépression.

L'organisation actuelle du drainage, caractérisée par quantités de petits drains, est sans doute largement artificielle.

A l'aval de son débouché du Sundgau, l'ILL se fraye jusqu'à COLMAR, une vallée peu encaissée entre les dépôts d'origine vosgienne de la THUR et de la LAUCH, à l'Ouest, et les alluvions rhénanes, tout en recouvrant le long de son cours les cailloutis de limons d'inondation qui remanient pour l'essentiel les loess du Sundgau. Il en résulte une bande de fertilité entre MULHOUSE et COLMAR, car la présence de ces limons corrige la sécheresse édaphique des cailloutis.

Au Nord du cône de la FECHT, la disposition change. La zone d'affaissement s'éloigne du rebord des Vosges, permettant l'étalement d'une terrasse alluviale würmienne de la FECHT entre COLMAR et ILLHAUERSEN. A l'Est, le Ried de l'ILL prend vers le Nord le relais de celui de la THUR.

AU NORD DE COLMAR ET A L'EST D'UNE LIGNE SELESTAT-ERSTEIN-STRASBOURG (terrasse d'Erstei

3.1.2.4. Le Ried ello-rhénan au Nord de COLMAR

A partir de COLMAR, l'ILL crée son propre ried. A la hauteur d'ILLHAEURSEN, dépôts récents de l'ILL, alluvions de période froide du RHIN et Ried rhénan se trouvent pratiquement au même niveau.

Le grand Ried ello-rhénan comprend deux unités principales :

- l'axe rhénan ou lit majeur ordinaire du RHIN : convexe, car soumis à un alluvionnement intense à l'Holocène, c'est une gigantesque levée sablo-graveleuse (au centre) et sablo-limoneuse (sur la marge externe), carbonatée calcaire, à inondation estivale;

- la dépression marginale ou lit majeur extraordinaire du RHIN, parcourue vers l'Ouest par l'ILL. Concave, elle recueille les eaux hivernales de l'ILL et de ses affluents vosgiens. Ses substrats sont plus fins (argilo-limono-sableux), non carbonatés mais saturés en cations.

Il existe dans la dépression marginale, tout comme dans l'axe rhénan, des gradients de paramètres physiques dans le sens transversal et longitudinal.

Dans le sens transversal (voir **figure n°7**), le gradient est surtout édaphique. Dans le sens longitudinal, la gradation est surtout hydrogéomorphologique, la dynamique fluviale se faisant plus intense du Sud vers le Nord.

Les différences Ried méridional - Ried septentrional apparaissent nettement au vu de la coupe de la **figure n°8** qui montre deux coupes transversales dans le Ried ello-rhénan, l'une réalisée au centre (à hauteur de HUTTENHEIM), l'autre à l'extrême Sud (à hauteur de MARKOLSHEIM) : outre le rétrécissement de la largeur de la dépression marginale, on note une large différence d'agencement des sous-unités structurales entre Sud et Nord (plus grande largeur du Ried gris et terrasses au Sud, découpage plus important dans toutes les sous-unités vers le Nord).

◘ *Subdivisions géomorphologiques du Ried ello-rhénan* (voir **figure n°9**) *:*

On distingue d'Est en Ouest :

○ **Le Ried blond** (non concerné par l'étude) correspond à la zone axiale du RHIN, bordée de part et d'autre par des levées courant le long du fleuve.

○ **Le Ried brun** (non concerné par l'étude) correspond à une levée alluviale ancienne longeant le RHIN de façon discontinue entre MARCKOLSHEIM et ILLKIRCH. Elle est caractérisée par une accumulation graveleuse importante, localement affleurante, mais généralement surmontée par un niveau sablo-limoneux de 1 à 2 m d'épaisseur.

○ **Le Ried brun-gris** : le Ried noir de la ZEMBS est localement dominé par des fragments de terrasses limitées par des talus. Ces terrasses, dont l'altitude relative est d'environ 1 à 2 m, sont antérieures au cycle sédimentaire du Ried noir. Elles sont caractérisées par l'absence de carbonates ainsi que par la concentration de graviers triés de 2 à 4 cm en surface.

Figure n°7 : Coupe schématique de la plaine rhénane dans le secteur des tresses et des anastomoses

(R. CARBIENER, A. MADESCLAIRE, A. SCHNITZLER, B. SICARD, 1990)

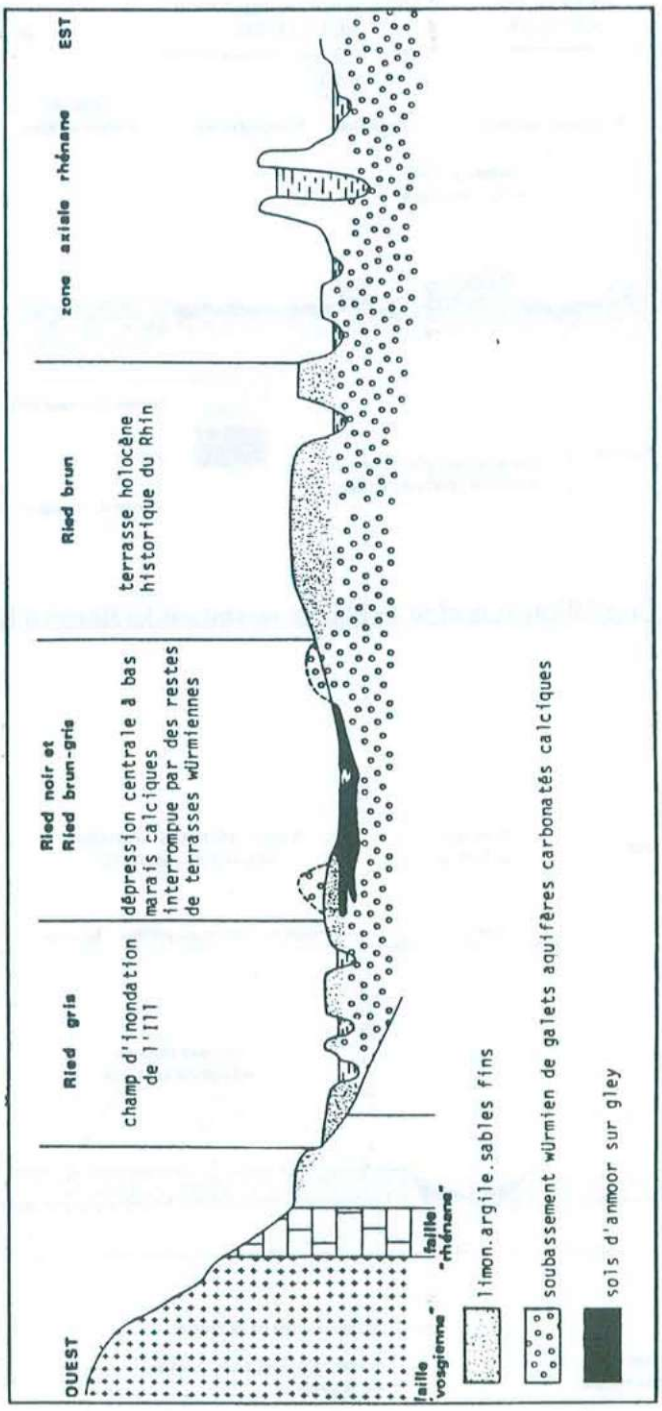
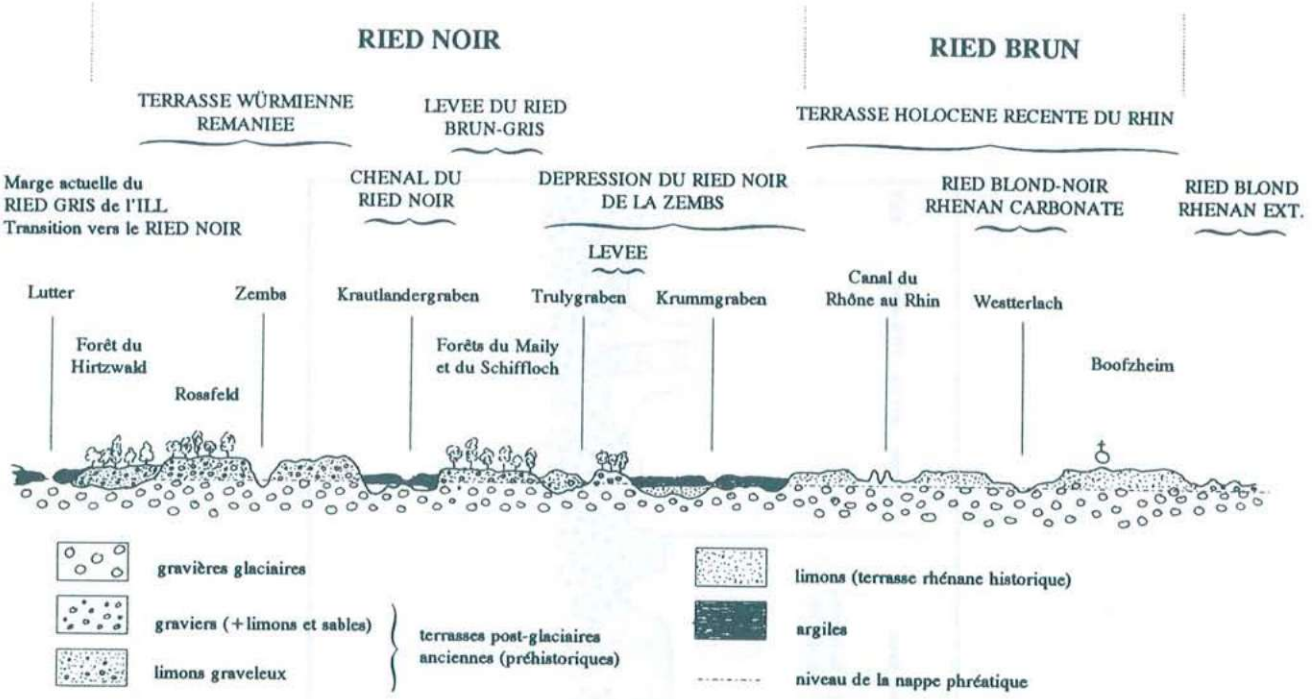
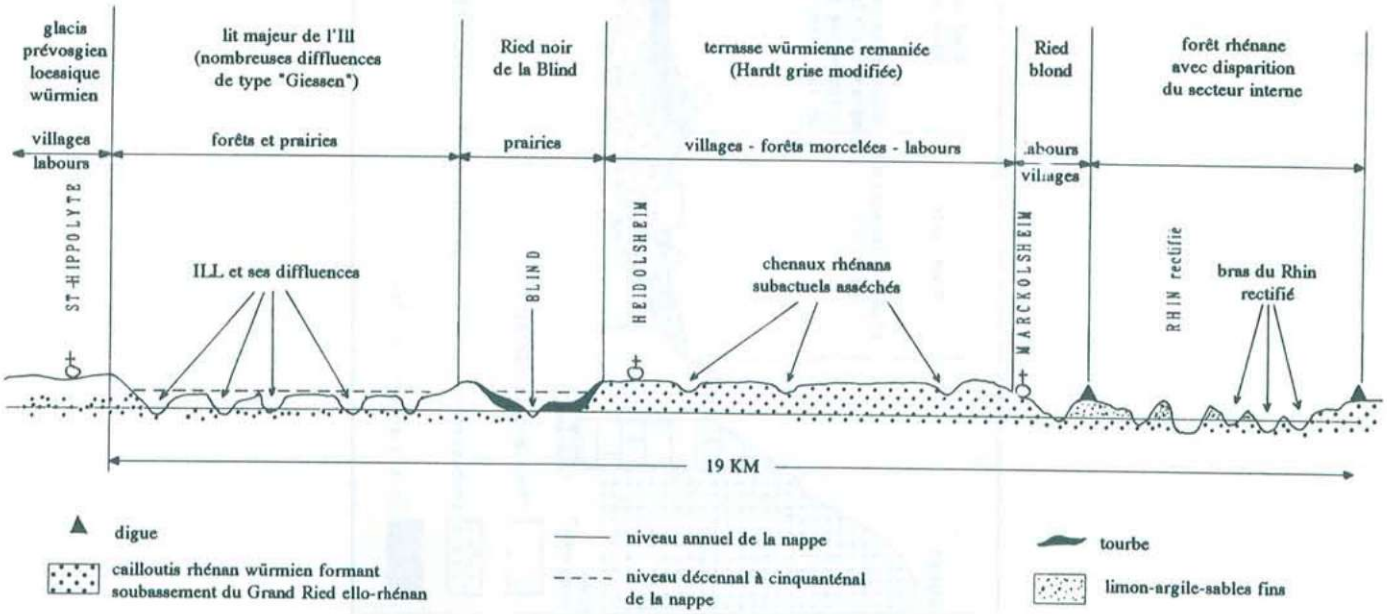


Figure n°8 : Coupe schématisée du Ried ello-rhénan

a/ de Benfeld à Boofzheim - b/ de St-Hippolyte à Marckolsheim

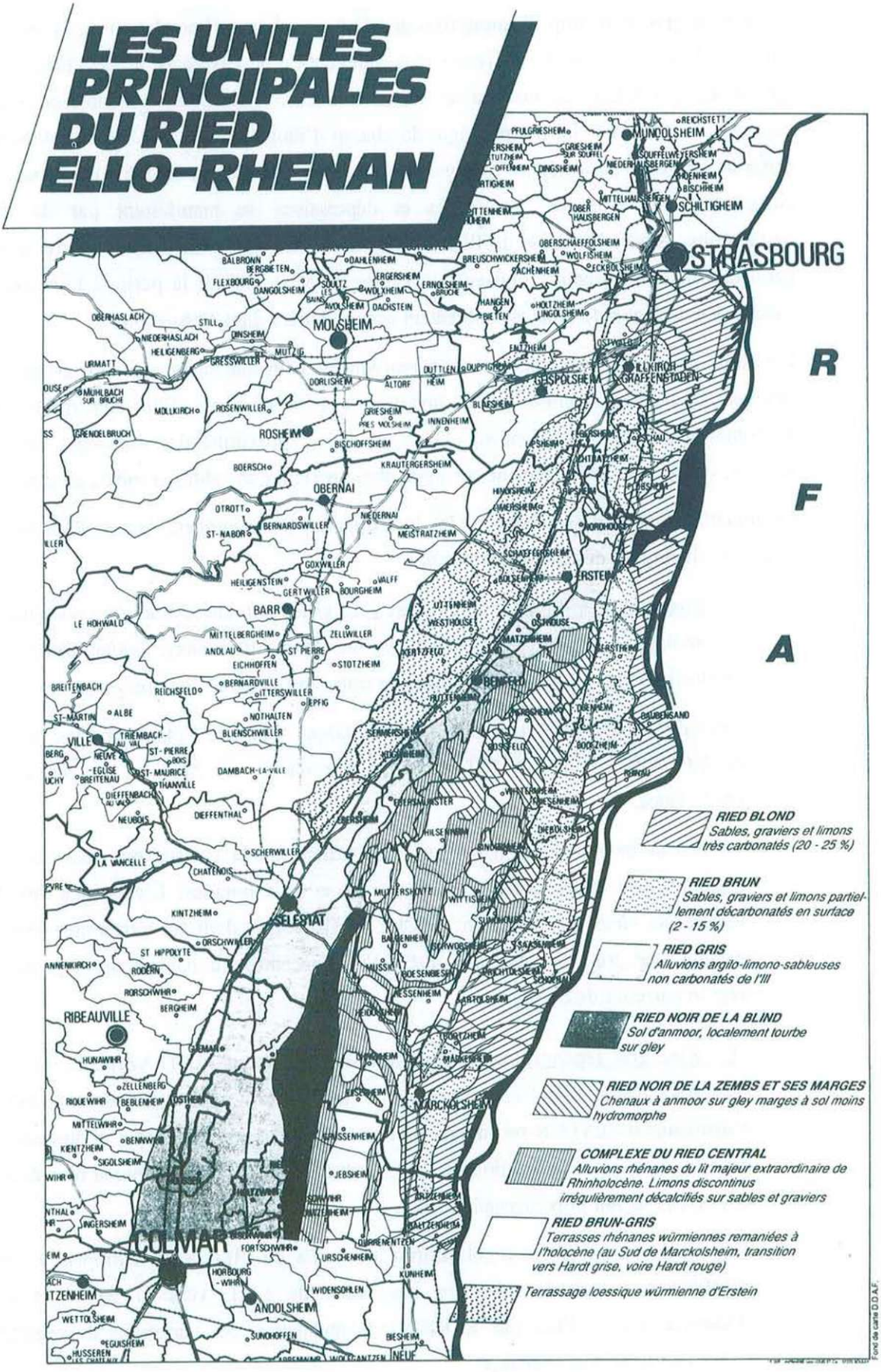


a/ Coupe schématisée du Grand Ried, de Benfeld au Rhin en passant par les finages d'Herbsheim et Boofzheim



b/ Structure du Grand Ried ello-rhénan à hauteur de Marckolsheim (partie sud)

Figure n°9 : Les unités principales du Ried ello-rhénan
(R. CARBIENER, A. MADESCLAIRE, A. SCHNITZLER, B. SICARD, 1990)



○ **Le Ried gris** ou **champ d'inondation de l'ILL** : le champ d'inondation du lit majeur de l'ILL borde le lit mineur de la rivière sans interruption de COLMAR à ERSTEIN, sur une largeur de 2 à 4 km, essentiellement sur la rive Est. Cette zone inondable couvre une surface de 10.000 ha. La morphologie du champ d'inondation de l'ILL est profondément différente de celle de la région rhénane. Le relief est très aplani, les talus et chenaux sont en général peu marqués, les levées et dépressions se manifestent par de molles ondulations. Aussi, les crues de l'ILL s'étalent en un vaste plan d'eau d'allure lacustre, persistant assez longtemps (plusieurs semaines parfois), durant la période hivernale. La dynamique des eaux de crue est faiblement accumulatrice dans l'ensemble.

Les alluvions holocènes de l'ILL comprennent principalement des matériaux fins, limoneux et argileux, déposés par décantation, à la fin des crues. Elles sont fréquemment hydromorphes à faible profondeur. Dans l'axe et à proximité des thalwegs, actuels et anciens, on observe fréquemment des intercalations riches en sables et même en graviers.

La gradation longitudinale évoquée plus haut apparaît très nettement dans le Ried gris. On peut ainsi distinguer deux compartiments :

△ le Ried gris méridional : ce ried est caractérisé par une dynamique post-glaciaire accumulatrice, génératrice de dépôts argileux (voire tourbeux), limono-argileux puis argilo-limoneux surtout dans la zone de transition vers le Ried noir.

Cette dynamique peut être qualifiée de deltaïque : on peut l'observer dans les forêts de COLMAR et de SELESTAT où se multiplient les bras et les cours d'eau phréatiques.

Le niveau moyen de la nappe est plus proche de la surface que dans la partie septentrionale et les crues plus fréquentes et plus longues. L'existence des deux importants cônes de déjection (FECHT et GIESSEN) dont les extrémités plongent dans le Ried gris, contribuent probablement à accentuer le mauvais drainage de cette région par effet de barrage.

△ Le Ried gris septentrional : entre SERMERSHEIM et ICHTRAZHEIM. Le profil post-glaciaire du RHIN recommence à s'entailler progressivement dans la terrasse würmienne d'ERSTEIN recouverte de loess qui apparaît entre 2 et 3 m au-dessus du niveau du champ d'inondation de l'ILL. L'ILL acquiert une dynamique plus érosive, et le relief se fait plus marqué.

Un important travail de régularisation du cours de l'ILL a été entrepris au Nord d'ERSTEIN (canal de décharge des crues de l'ILL vers le RHIN et canal d'alimentation de l'ILL par le RHIN). L'atténuation des variations du régime de l'ILL a eu pour conséquences :

- de supprimer les inondations en aval d'ERSTEIN et de mettre pratiquement hors eau les forêts de l'ILL au Nord de NORDHOUSE,
- d'atténuer fortement la dynamique de la rivière dans ces forêts alluviales et qui est restée figée depuis 1860 dans ses lits et anastomoses définitifs.

○ **Le Ried Noir** : le long des rivières BLIND et ZEMBS, des dépôts fins (limons et argiles) se sont formés. Ils donnent lieu à des dépressions marécageuses avec un sol très organique de couleur noire d'où l'appellation de "Ried noir" (CARBIENER).

Des tourbes franches, généralement peu épaisses (0,50 à 2 m) et de moyennes étendues, ont également été signalées dans les zones du Ried noir. Elles sont noires, souvent alcalines. Elles peuvent reposer directement sur les graviers rhénans ou sur des sables et limons argileux gris putrides (gley) et parfois même sur un dépôt de calcaire crayeux.

L'existence du Ried noir s'explique par la mise en place, à partir de l'Holocène moyen, d'un système de levées rhénanes et de levées de l'ILL. Ces levées isolèrent le compartiment central du Ried noir en le protégeant des eaux de crues rhénanes ou ellanes. N'étant plus alluvionné, ce compartiment a vite évolué vers un modelé de dépression topographique.

L'exhaussement du cours de l'ILL et surtout du RHIN dans leurs levées a provoqué une remontée du niveau de la nappe phréatique, accentuant le caractère marécageux de la dépression.

Malgré sa topographie aplanie, la partie méridionale du Ried noir (région COLMAR-SELESTAT) est différente de la partie septentrionale (MUTTERSHOLTZ-ERSTEIN). Ainsi, plusieurs sous-unités peuvent être distinguées (R. CARBIENER, 1982) :

△ <u>au Sud, le Ried de la BLIND</u> : il forme une cuvette très homogène s'allongeant sur 17 km entre RIEDWIHR-JEBSHEIM (au NE de COLMAR) et MUTTERSHOLTZ (au NE de SELESTAT), large de 2 à 3 km dans la moitié Sud, puis progressivement amenuisée vers MUTTERSHOLTZ (0,5 km de large). Une rivière phréatique, la BLIND, parcourt cette unité dans sa moitié Sud; dans la moitié Nord, ce sont des petites rivières phréatiques, BRUCHGRABEN et LANGERTSGRABEN, qui prennent le relais.

A la latitude de SELESTAT, dans un quadrilatère délimité par les villages de MUTTERSHOLTZ, SUNDHOUSE, DIEBOSHEIM-WITTERNHEIM-KOGENHEIM, se situe une zone charnière due à la concordance parfaite à ce niveau des profils glaciaires et post-glaciaires du RHIN. Aussi, la topographie y est-elle très aplanie-uniforme entre ILL et RHIN.

La nappe phréatique est partout peu profonde (1 m environ). L'hydromorphie marque toute la région de ce complexe géomorphologique des rieds, la moindre variation topographique ayant une importance écologique très grande.

Le paysage est calqué sur un quadrillage losangique de larges chenaux de diffluence entrecroisés amenant vers l'ILL, les eaux de crues du RHIN. Ces chenaux, souvent boisés, alternent avec des terrasses rhénanes jeunes surbaissées.

△ au Nord, le Ried de la ZEMBS : le Ried noir central est parcouru par la plus importante rivière phréatique du Ried ello-rhénan : la ZEMBS Dans cette unité nord, le profil post-glaciaire du RHIN recommence à s'entailler progressivement dans la terrasse würmienne qui réapparaît entamée par l'ILL et couverte de loess. Cette terrasse dite d'Erstein forme la bordure occidentale du Grand Ried dès KOGENHEIM au Nord de SELESTAT. Aussi, la topographie générale du Ried de la ZEMBS acquiert à nouveau plus de vigueur.

Des restes aplanis de la terrasse würmienne y réapparaissent; ils ont été repris à des époques et des niveaux variables. La ZEMBS y est localement surimposée. D'où l'allure plus tourmentée, interrompue des dépressions et cuvettes du Ried noir.

3.2. Le fossé rhénan à l'Ouest d'une ligne SELESTAT-ERSTEIN

Au Sud de la BRUCHE dominent les alignements SW-NE : deux terrasses alluviales, celle de VALF et celle d'ERSTEIN, encadrant une dépression constituée par le Ried de l'EHN et de l'ANDLAU. ("Bruch de l'ANDLAU"). Ces deux terrasses forment entre SCHAEFFERSHEIM et LIPSHEIM, une plaine unie large de 1 à 3,5 km, légèrement vallonnée d'une altitude de 155-149 m du Sud au Nord, dominant le Bruch de l'ANDLAU de 2 m et le lit majeur de l'ILL de 5 m.

Constituées de matériel alluvial assez fin, le caractère paysager de ces terrasses (appelées également plaine d'ERSTEIN) est déterminé par une couverture continue de loess calcaires qui en fait un pays de grande culture (3 à 5 m de loess).

Parallèlement, à l'Est jusqu'à STRASBOURG, le lit majeur naturel de l'ILL, large de 1-2 km, descend de 151 à 140 m, alors que le lit majeur naturel du RHIN, ou Ried du RHIN, parcouru par de nombreux bras morts actifs avant la correction du cours du fleuve, descend de 149 à 137 m.

Le Bruch de l'ANDLAU ou Ried de l'ANDLAU est une dépression allongée du SW vers le NE entre le GLOECKELSBERG et la bande haute de la plaine ello-rhénane (plaine d'Erstein). Large de 3 à 5 km, elle a une altitude de 153 à 147 m du SW au NE. Cette zone naturellement marécageuse est traversée par l'Ehn, l'Andlau et la SCHEER selon des cours en grande partie

artificiels et par un lacis de chenaux naturels. Sur les alluvions rhénanes et vosgiennes mélangées, du moins vers l'Ouest, reposent 2 à 3 m de formations alluviales fines holocènes. Fréquemment, des limons argileux, sableux à la base, sont surmontés par des limons d'origine vosgienne. Des tourbes peu épaisses se sont formées dans les cuvettes isolées par les accumulations fluviatiles ou dans d'anciens chenaux.

Au Nord, la vallée de la BRUCHE forme à l'amont entre MUTZIG et DUPPIGHEIM, la Hardt de la BRUCHE, ensemble alluvial longtemps balayé par les crues et où les cailloutis affleurent. Ce n'est qu'à l'aval de DUPPIGHEIM que s'individualise la terrasse de LINGOLSHEIM, cône alluvial de 6 à 7 m de matériel würmien de la BRUCHE, sur lequel une faible couverture de loess parfois sableux s'est conservé. Cette terrasse très plane domine la plaine ello-rhénane de 6 m.

V. NAPPE PHREATIQUE

La nappe phréatique de la plaine du RHIN, avec 12.000 km² de BALE à MAYENCE, et une épaisseur moyenne de 200 m, constitue l'une des réserves aquifères les plus importantes d'Europe. Sa partie alsacienne représente environ 1/3 du réservoir total.

① Nature et géométrie du réservoir

La nappe est située dans le complexe alluvionnaire du fossé rhénan, établi durant l'ultime fin du Tertiaire et le Quaternaire. Elle en a la configuration puisque sa base coïncide avec le toit des marnes oligocènes imperméables, tandis que sa surface se situe le plus souvent à quelques mètres du niveau du sol. L'épaisseur des alluvions, donc de la nappe, est très variable. Elle varie de quelques mètres (bordure vosgienne) à 200 m (Ouest de NEUF-BRISACH). D'une manière générale, elle croît d'Ouest en Est, de la bordure des Vosges au centre de la plaine et du Sud au Nord. Cependant, il existe de nombreux hauts fonds et surcreusement du substratum du réservoir (Crête du MEYENHEIM, dôme de HETTENSCHLAG, KAISERSTUHL, traces du réseau hydrographique pliocène...).

② Comportement et dynamique de la nappe

2.1. Documents cartographiques

2.1.1. Carte piézométrique

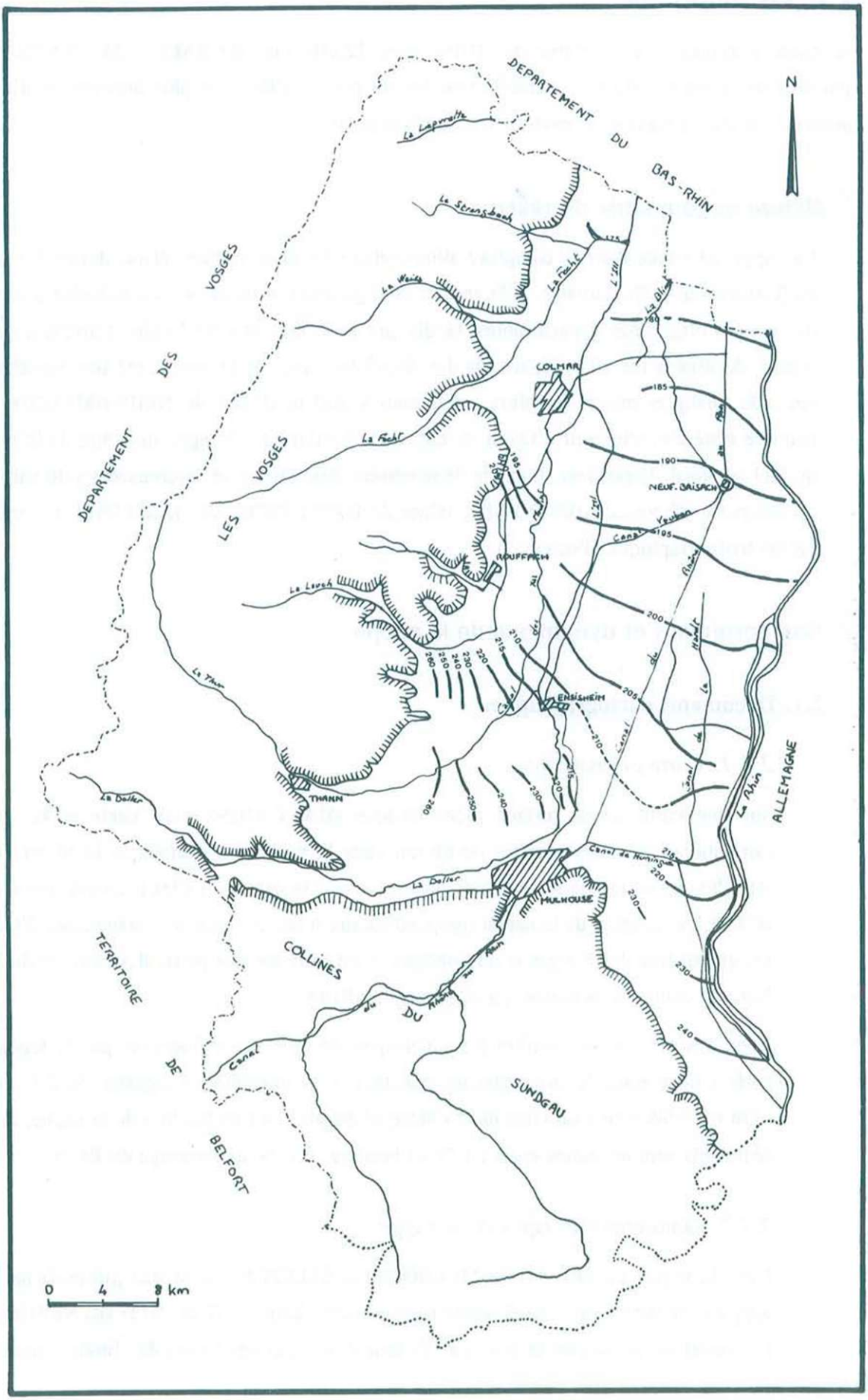
Sur une carte de la surface piézométrique (HAUT-RHIN) (voir **carte n°4**), on note l'orientation N-S des courbes de niveau dans la partie occidentale de la plaine, et leur infléchissement rapide lorsque l'on progresse vers le centre où elles prennent une direction W-E. L'écoulement de la nappe (perpendiculaire à ces courbes) s'effectue donc d'Ouest en Est en bordure des Vosges et du Sundgau, d'où provient une partie des eaux, et du Sud au Nord au centre de la plaine, parallèlement au RHIN.

Il est à noter que les courbes piézométriques ne sont pas influencées par la topographie parfois mouvementée du substratum marneux. L'écoulement est régulier. Seul le gradient n'est pas uniforme d'un domaine à l'autre (il est plus fort en bordure de la nappe, là où les sédiments sont les moins épais : 1 % en bordure, 0,1 % au voisinage du RHIN).

2.1.2. Limnigrammes types de la nappe

Dans la région comprise entre MULHOUSE et SELESTAT, le niveau piézométrique de la nappe a été mesuré à une fréquence hebdomadaire entre 1967 et 1973* (BENKRID, 1975). Le report de ce niveau en fonction du temps, et la comparaison des limnigrammes ainsi

Carte n°4 : Surface piézométrique dans le Haut-Rhin - 10 janvier 1955



obtenus, permettant de distinguer trois zones (* dans une trentaine de stations d'observation) présentant chacune un type de limnigramme particulier (voir **figure n°10**).

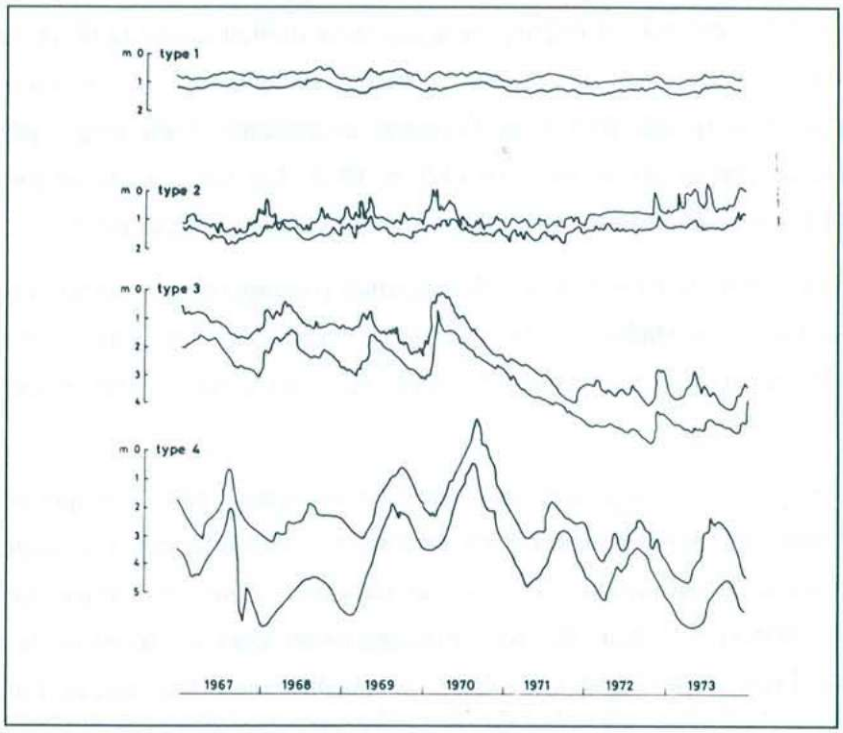


Figure n°10 : Limnigrammes types de la nappe de 1967 à 73 (A.DUPRAT, B.SIMLER, J.VALENTIN).

Les limnigrammes de type 1 montrent le comportement de la nappe sur toute la bande bordière du RHIN entre Chalampé et Neuf-Brisach. Ils traduisent une situation stable, puisque la différence de niveau est seulement de quelques décimètres au cours des ans. Cette stabilité semble être la conséquence des aménagements réalisés sur le fleuve : aménagements hydroélectriques, construction du grand canal et du contre-canal de drainage, qui maintient la surface piézométrique de la nappe à un niveau sensiblement constant. De ce fait, ce n'est plus le niveau du RHIN qui regle le niveau de la nappe, mais celui du contre-canal.

Les limnigrammes de type 2 correspond à la partie centrale de la plaine. Ce type se distingue du précédent par une allure en dents de scie extrêmement marquée. L'amplitude des mouvements de l'eau est quelquefois supérieure à 1,5 m. Les variations sont de courte durée, inférieure au mois. Les fluctuations de la nappe, concomitantes avec le régime hydraulique de l'ILL, montrent le rôle joué par la rivière.

Les limnigrammes de type 3 caractérisent la nappe sur la partie occidentale de la plaine, du côté des Vosges. Les écarts entre les hautes eaux et les basses eaux, généralement supérieures à 1,5 m, sont plus accentuées que précédemment. Les variations de niveau présentent l'allure de grands mouvements d'amplitude annuelle, avec un maximum au printemps, et un minimum en automne et en hiver.

Là encore, les cours d'eau continuent à exercer une certaine influence sur la nappe, en provoquant des variations de courte durée, liées aux périodes de crues. A partir de 1970, un abaissement général, régulier et progressif de plusieurs mètres du niveau de l'eau dans le sous-sol est observé, en relation avec une forte diminution de la pluviosité. Ceci prouve que, sur ce secteur de la plaine, la nappe est placée sous le contrôle direct des précipitations et qu'elle fléchit régulièrement en présence d'une longue période déficitaire en pluie, comme ce fut le cas entre 1970 et 1973. Les cours d'eau ne parviennent plus à soutenir le niveau piézométrique, tel qu'il était avant les années sèches.

Le limnigramme de type 4, tout à fait anormal par rapport aux autres, est caractéristique d'une distorsion engendrée par la proximité d'un système d'irrigation, destiné à mettre en valeur le secteur agricole central de la plaine, situé entre les influences de l'ILL et du RHIN.

Par ailleurs, il semblerait que les variations du niveau piézométrique suivent un cycle quinquennal. On observe ainsi un niveau minimal, très inférieur à la moyenne, tous les 5 ans, de même qu'un niveau maximal, très supérieur. Cette dynamique particulière a pour effet de compliquer l'étude des sols, principalement pour les zones où la nappe affleure. C'est ainsi que certains anmoors adopteront pendant un à deux ans un fonctionnement de mull.

2.1.3. Carte des profondeurs maximales et minimales de la nappe

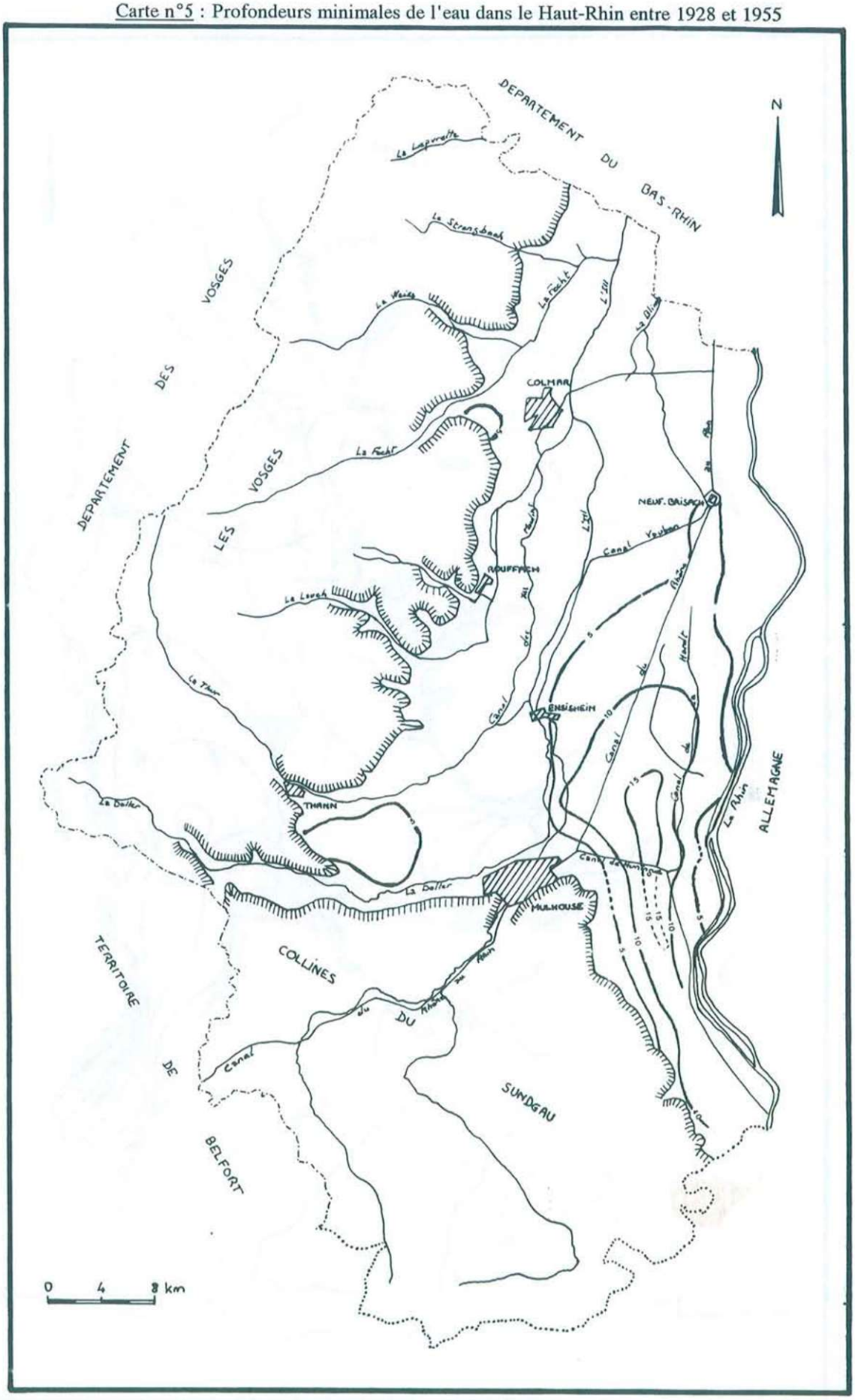
On observe deux grandes zones où ces profondeurs sont toujours grandes : à l'Est de Thann, au débouché de la vallée de la Thür dans la plaine (10 m), et entre MULHOUSE et le RHIN (20 m). Ces anomalies s'expliquent par l'enfoncement de la DOLLER par rapport au cône de déjection de la Thür, et par l'altitude plus élevée de la forêt de la Hardt par rapport à l'ensemble de la plaine (voir **carte n°5** et **6**).

2.2. Dynamique de la nappe

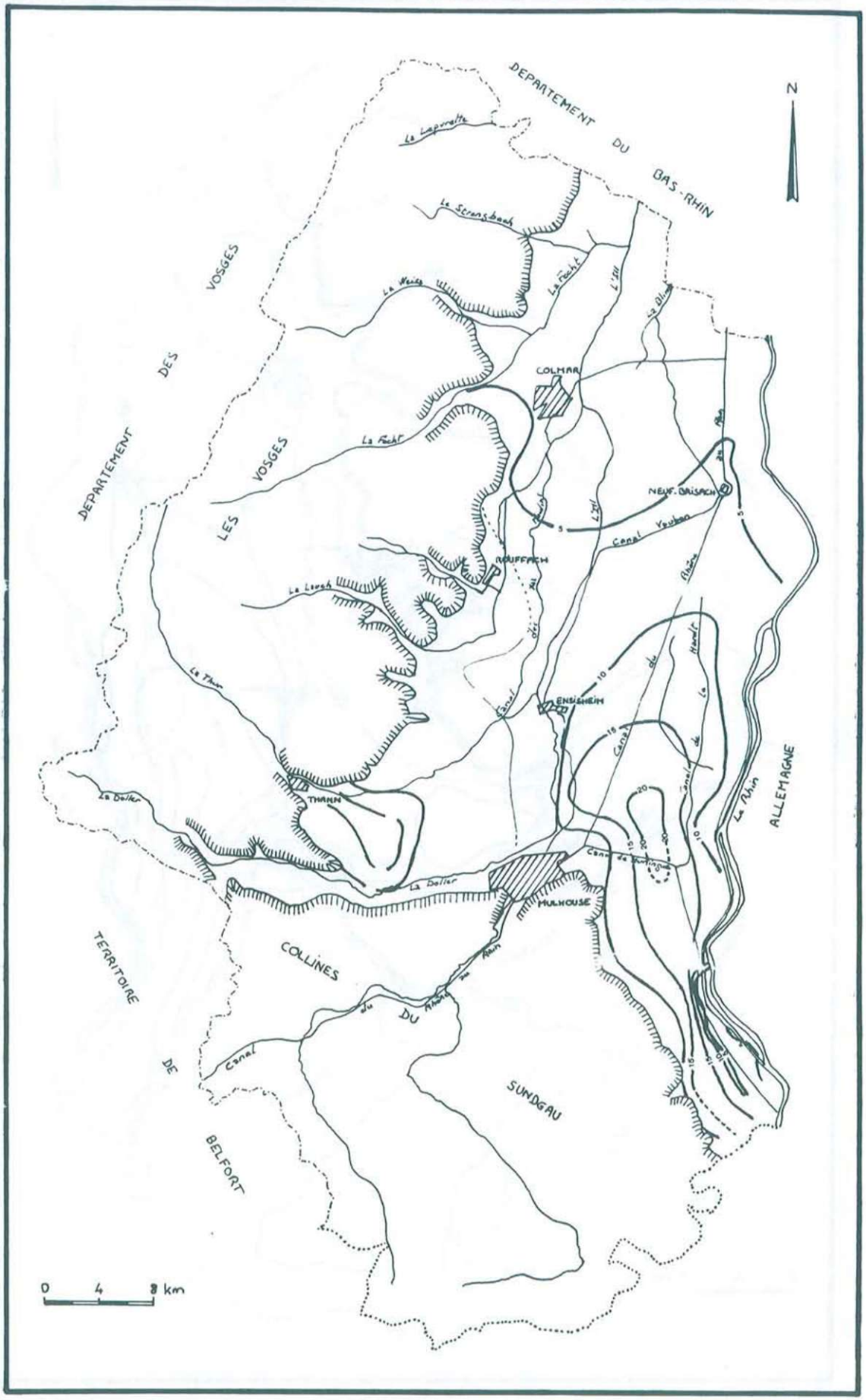
2.2.1. Structure du réservoir

La prospection électrique a permis de montrer que la masse hétérogène feuilletée des alluvions se comporte en grand comme un système monotone. Elles constitueraient "un système simple, comportant une géométrie en forme de gouttière, une alimentation latérale et une évacuation des eaux dans un exutoire axial". (in *"La nappe phréatique de la plaine du RHIN en Alsace"*, A.Duprat, B.Simler, J.Valentin., 1979).

Carte n°5 : Profondeurs minimales de l'eau dans le Haut-Rhin entre 1928 et 1955



Carte n°6 : Profondeurs maximales de l'eau dans le Haut-Rhin entre 1928 et 1955



2.2.2. Pluviosité

La pluviosité intervient sur la nappe de façon directe par l'eau arrosant la plaine, et indirecte par les apports du bassin versant. Pour la plaine, on a, avec environ 700 mm de précipitations, une pluie efficace de 100 mm (600 mm évapotranspirés) qui rejoint la nappe.

"La pluviosité serait le régulateur permanent du rythme des variations du niveau de la nappe, alors que les cours d'eau joueraient un rôle d'amplificateur".

2.2.3. Les cours d'eau

Si les rivières provenant des Vosges ou du Jura Alsacien (ILL) sont à l'étiage en été (avec des crues en hiver et au printemps), le RHIN se trouve à la même époque en crue (régime nivéal, alimentation par la fonte des neiges). Le rôle du RHIN consiste alors à soutenir le niveau de la nappe à un moment où les apports locaux sont peu importants.

En période de crue, l'eau des rivières ou du RHIN pénètre dans le réservoir, sur une certaine distance qui varie suivant les caractéristiques locales du système hydrogéologique. Il se produit alors un barrage hydraulique qui s'oppose à l'écoulement normal de la nappe et provoque la remontée de son niveau. En période d'étiage, on assiste à un phénomène inverse, la nappe se trouve drainée par les cours d'eau qu'elle alimente. Ce mécanisme de vidange provoque l'abaissement de son niveau. Les cours d'eau constituent le poumon de la nappe.

La pluviosité maintient le niveau de base de la nappe par les apports directs et indirects, alors que les cours d'eau agissent en redistribuant les débits.

Dans la partie méridionale de l'Alsace, où la nappe est profonde (souvent plus de 5 m), les cours d'eau circulant en surface soutiennent la surface piézométrique. S'il arrive qu'ils s'assèchent (cas de la DOLLER en amont de MULHOUSE, de l'ILL entre MULHOUSE et COLMAR), la surface piézométrique s'abaisse. Il faut attendre la remise en eau pour que la nappe remonte.

Dans le Bas-RHIN en revanche, la nappe se trouve beaucoup plus près du sol, si bien que eaux souterraines et eaux de surface interfèrent. Il existe une multitude de petits ruisseaux en communication avec la nappe, tantôt issus de cette dernière, tantôt grossis des eaux de pluie drainées dans la plaine. Ce réseau répartit l'eau en permanence par transfert plus rapide que le transfert souterrain. (Ainsi, le niveau de la nappe est maintenu et les fluctuations dues aux crues des ruisseaux sont amorties).

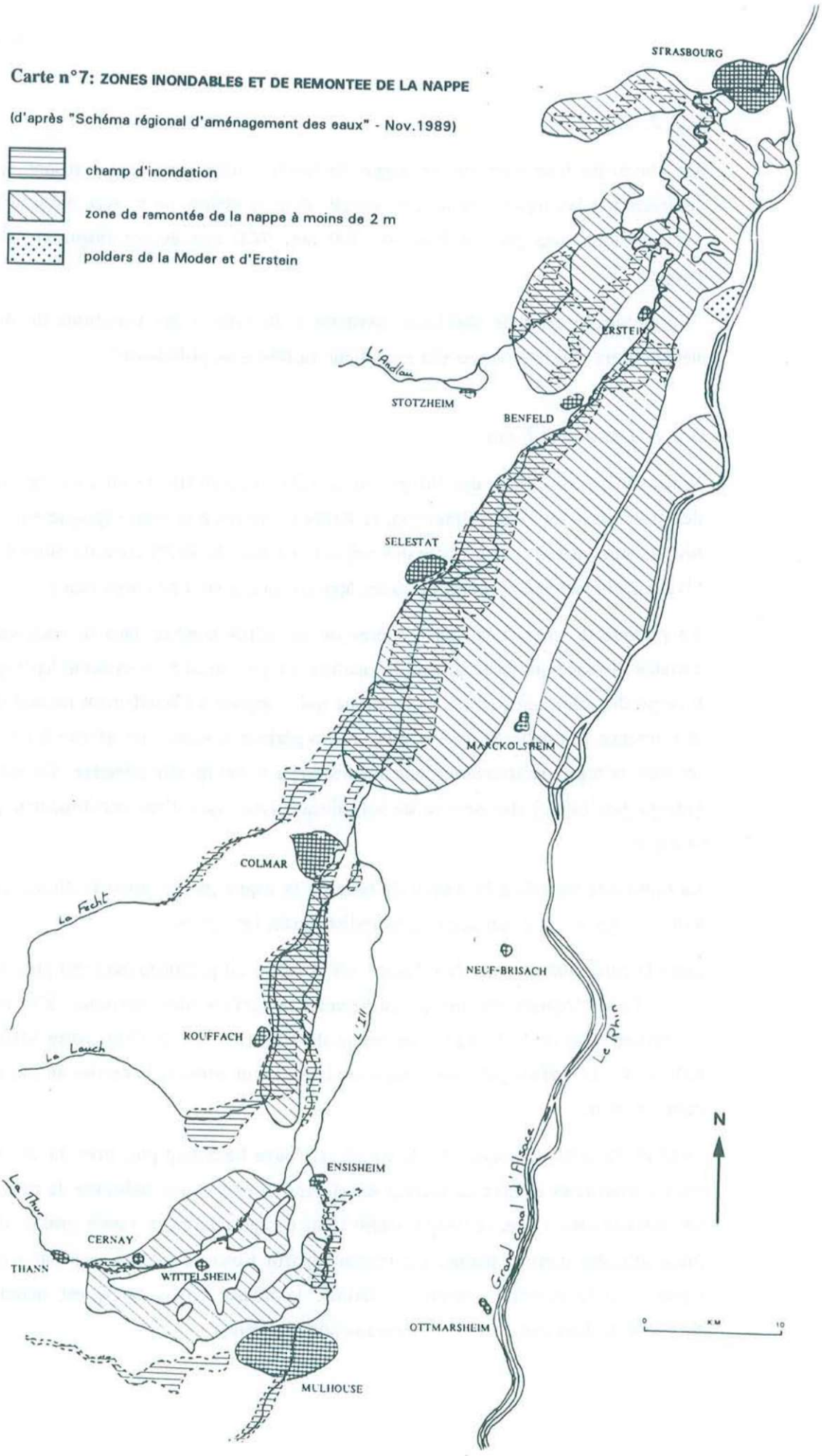
Carte n°7: ZONES INONDABLES ET DE REMONTEE DE LA NAPPE

(d'après "Schéma régional d'aménagement des eaux" - Nov.1989)

champ d'inondation

zone de remontée de la nappe à moins de 2 m

polders de la Moder et d'Erstein



2.2.4. Les interventions humaines

Les variations les plus importantes du niveau piézométrique sont le résultat des interventions de l'homme : modification du réseau hydrographique, prélèvements et irrigations.

L'aménagement hydroélectrique du RHIN, par la présence du contre-canal maintient à un niveau constant, et supérieur à la côte d'origine, la surface piézométrique.

Certaines interventions sur des affluents ont pu engendrer des modifications importantes du fonctionnement de la nappe. Pour exemple, le curage du Landgraben (cours d'eau modeste parcourant la plaine de Kilstett à Drusenheim) a eu pour conséquence un abaissement local de plus de 1 m du niveau piézométrique. Initialement en équilibre avec la nappe, ce ruisseau fonctionne depuis 1959 comme un drain puissant, affectant une zone de 20 km².

Un prélèvement de l'ordre de 1000 m³/h est susceptible de perturber la surface piézométrique initiale sur un rayon de 1.500 m, avec un rabattement dans le puits de 5 m.

Les irrigations sont pratiquées depuis plus d'un demi-siècle dans le secteur de la Hardt, entre l'ILL et le RHIN. Un système de canaux quadrille toute cette région et distribue l'eau du Rhin à la surface du sol graveleux où elle s'infiltre. Au cours des mois d'été, le niveau piézométrique remonte ainsi parfois de quelques mètres.

2.2.5. Conclusion

Le comportement de la nappe interfère avec celui du réseau fluviatile. Ce système d'interférence aboutit à une redistribution des débits à travers la plaine. Le transport des excédents est plus rapide par les cours d'eau que par les alluvions. Cette répartition des eaux d'un point à un autre se traduit par une régulation permanente. Dans les régions parcourues par un chevelu de ruisseaux, cette répartition à caractère local est quasi immédiate. Au contraire, elle se manifeste à plus longue distance et avec retard pour les cours d'eau plus importants.

Dans l'ensemble, on voit que les relations entre les cours d'eau et la nappe aboutissent à un vaste phénomène de régulation. La nappe emmagasine des réserves en période de crue des cours d'eau pour les libérer en période de décrue. Ces réserves excédentaires sont ensuite réparties par ces mêmes cours d'eau vers les régions en aval.

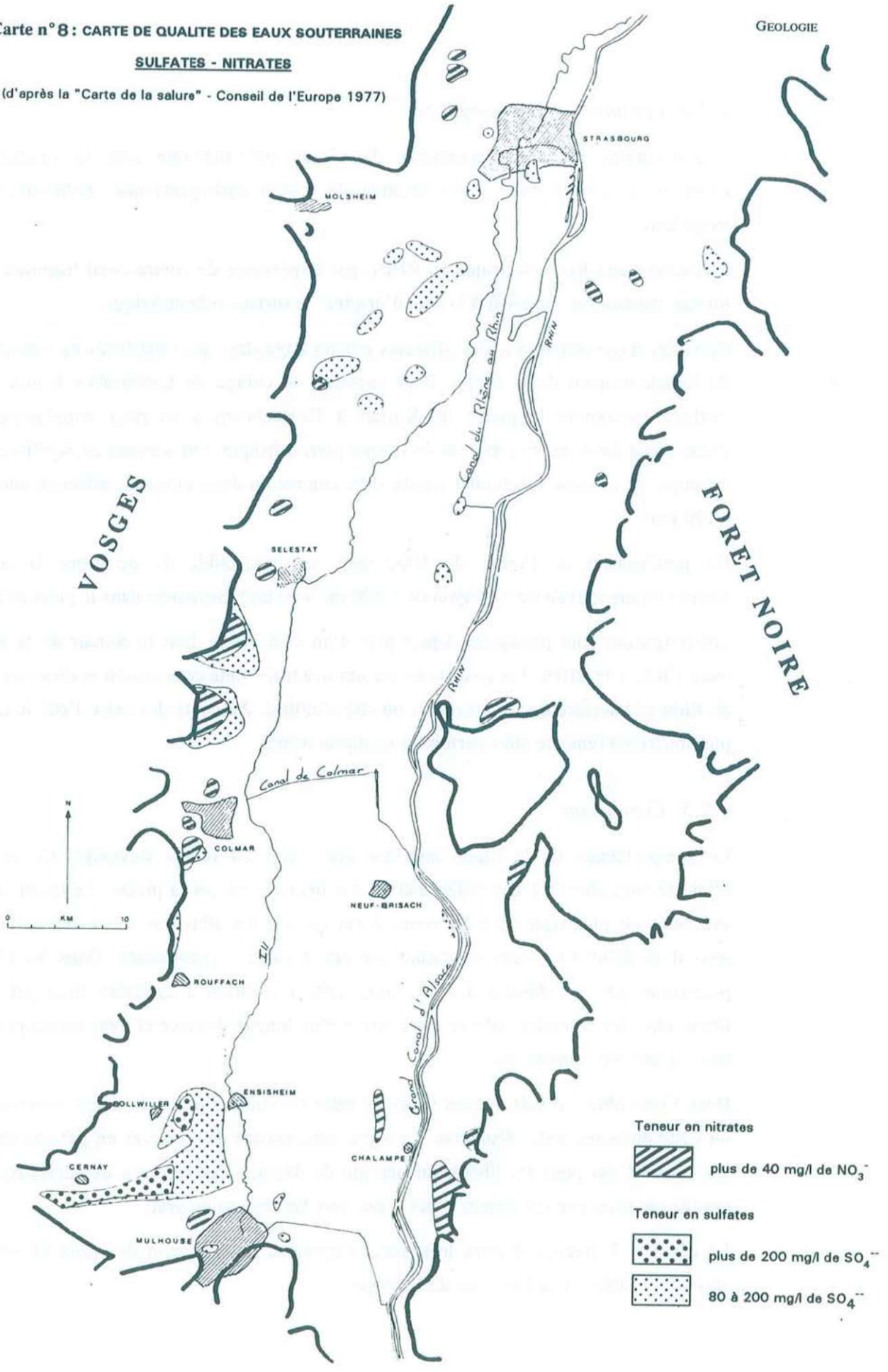
La **carte n°7** précise, d'après le schéma régional d'aménagement des eaux (1989), les zones inondables et de remontée de la nappe.

Carte n°8 : CARTE DE QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

SULFATES - NITRATES

(d'après la "Carte de la salure" - Conseil de l'Europe 1977)

GEOLOGIE



③ Hydrochimie de la nappe phréatique

L'alimentation de la nappe étant assurée de manière uniforme par les pluies, les apports de l'Ouest, des Vosges et du Sundgau, et par les rivières (surtout dans la plaine entre MULHOUSE et COLMAR), la qualité des eaux du réseau hydrographique, particulièrement sensibles à la pollution, contribue pour une grande part à la qualité des eaux de la nappe.

La qualité biologique des eaux de la nappe reste bonne, le matériel alluvial constituant un excellent filtre. En revanche, ont été mises en évidence des zones de contamination par les chlorures, les sulfates et les nitrates (voir **carte n°8**). En dehors de toute cause de contamination, l'eau de la nappe est de type bicarbonaté calcique.

3.1. Pollution par les nitrates

Des concentrations anormales en nitrates sont mises en évidence dans les zones de culture intensive où l'on utilise des engrais nitratés. C'est le cas de certaines régions de plaine et de bordure des collines sous-vosgiennes. D'autres zones sont situées à l'aval des agglomérations importantes (MULHOUSE, COLMAR, STRASBOURG...) et sont la cause d'une pollution organique.

3.2. Pollution par les sulfates

Cette contamination a été mise en évidence à plusieurs niveaux avec des concentrations dépassant parfois les 200 mg/l.

Au niveau du cône de la THUR (N-W MULHOUSE), la pollution est due aux infiltrations issues d'un terril constitué de sulfates de fer et de calcium (résidus de la préparation d'oxyde de titane).

Sur la zone centrale, de Sélestat à STRASBOURG, des secteurs à concentration en sulfates supérieures à 100 mg/l englobent des régions à couverture loessique, et les zones du Ried à prédominance tourbeuse (Bruch de l'ANDLAU). Les loess et les tourbes sont par constitution riches en sulfates et sulfures.

De plus, le curage du Landgraben, en faisant descendre la nappe, a eu pour conséquence d'intensifier l'oxydation du soufre et des sulfures dans les tourbières émergées.

Dans la partie centrale, l'extension de la pollution reste limitée par un important prélèvement d'eau industrielle.

3.3. Pollution par les chlorures

La pollution des eaux de la nappe par les chlorures du Bassin potassique est de loin la plus importante, par son extension (voir **carte n°9**). Elle est présente tout le long de l'ILL de MULHOUSE à STRASBOURG, et le long du RHIN à partir de Fessenheim. On peut distinguer deux origines :

- une contamination directe par lessivage des terrils par les eaux de pluie (soit environ 170.000 t de sel concernés par an). Les saumures s'infiltrent en profondeur (jusqu'au substratum) puis sont entraînées dans le sens d'écoulement de la nappe. Les teneurs en Cl^- qui en résultent rendent l'eau de la nappe inexploitable pour les besoins de l'alimentation humaine jusqu'au Sud de COLMAR (concentration supérieure à 200 mg/l). La vitesse de propagation de cette pollution est de quelques centaines de mètres par an sur le Bassin potassique à 2 km/an dans la région de COLMAR. La quantité de sel drainé au niveau des terrils étant relativement constante, les concentrations en un point donné ne varient que dans des limites très étroites ;
- une contamination indirecte par l'intermédiaire des eaux des rivières, elles-mêmes polluées par les rejets de sel. C'est dans ce cas, uniquement la partie supérieure de la nappe qui est concernée le long des cours d'eau touché (ILL, THUR, RHIN).

L'extension de la contamination est plus rapide, les chlorures étant véhiculées par les rivières à quelques km/h. En revanche, lors des périodes d'étiage, le drainage de la nappe par les rivières participe à une dépollution spontanée. Les concentrations peuvent donc varier.

Cependant, les conséquences sur la nappe des rejets au RHIN se sont aggravées à la suite de la construction des usines hydroélectriques qui tendent à maintenir un niveau constant, d'où une mise en charge permanente de la nappe.

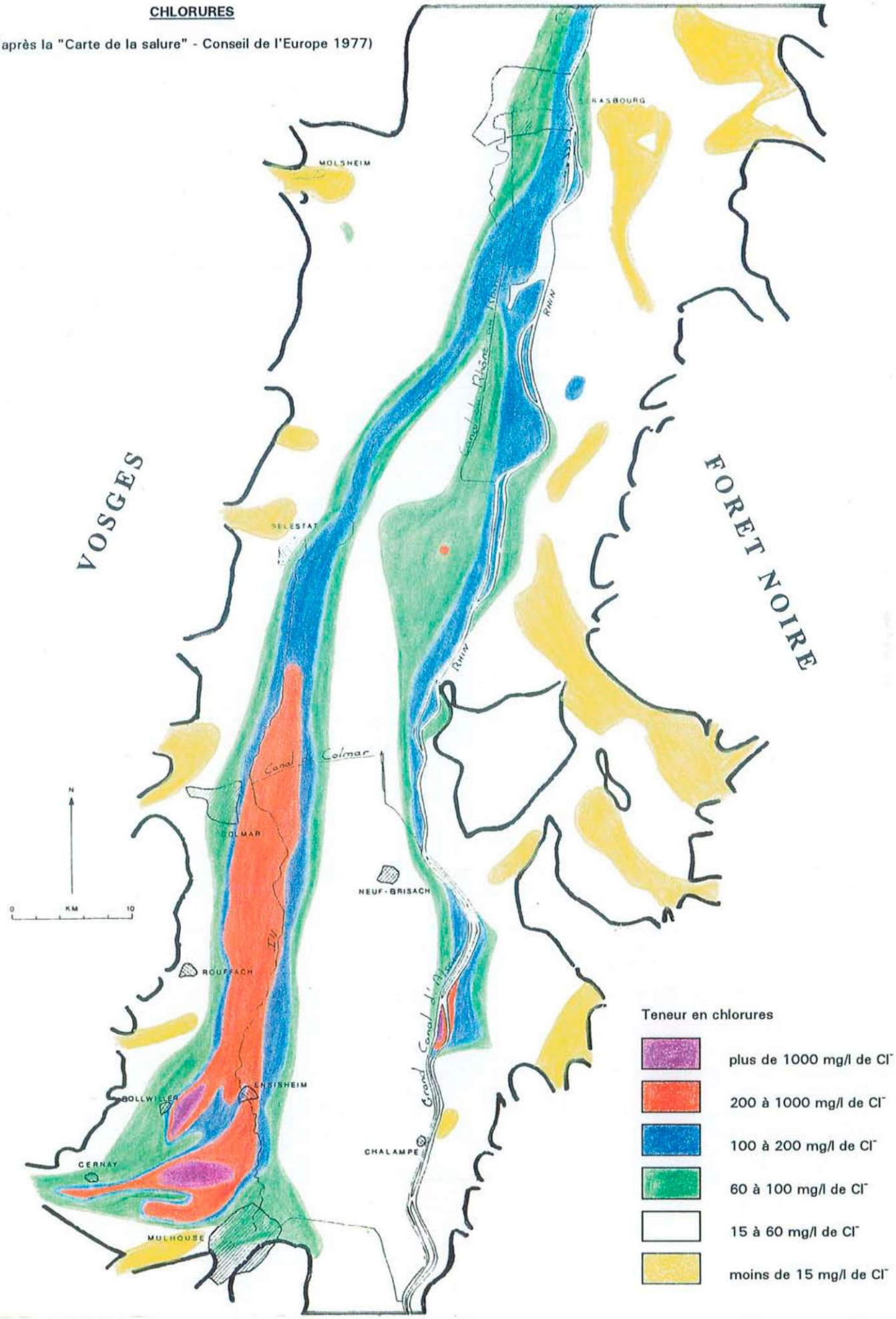
En 1972, un programme d'assainissement du Bassin potassique a été élaboré et mis à exécution en 1974. Il comportait deux actions principales :

- diminution des rejets de saumures dans le réseau hydrographique local. Une réduction de 90 % de ces rejets a eu pour effet une rapide amélioration de la qualité de l'eau des cours d'eau, avec pour conséquence la création d'un front de décontamination à partir des rivières. Cependant la dépollution de la nappe nécessitera un long délai après l'amélioration des eaux de surface ;
- expérimentation de forages de dépollution à l'aval immédiat des terrils, afin d'interrompre la propagation des saumures. Les résultats obtenus sont satisfaisants. Cependant, cette solution ne peut être que temporaire : en effet, l'eau ainsi captée est destinée à son usage industriel par les mines de potasse, lesquelles verront leur activité cesser vers l'an 2000. Certains terrils resteront en revanche nocifs pendant encore un ou deux siècles.

Carte n°9 : CARTE DE QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

CHLORURES

(d'après la "Carte de la salure" - Conseil de l'Europe 1977)



D'autres solutions doivent être envisagées afin de poursuivre l'effort de dépollution :

- un projet d'injection des saumures en couches profondes (présence d'un réservoir potentiel à 1.800 m de profondeur constitué par un calcaire fissuré karstique, "La Grande oolithe") est actuellement abandonné pour des raisons polémiques ;
- un étalement dans le temps des rejets au RHIN pourrait être envisagé par la création de silos de stockage dans des conditions adéquates (grand rapport volume/encombrement au sol, plus grande dimension dans le sens de l'écoulement de la nappe, isolation du silo par rapport à la nappe...) ;
- la neutralisation des terrils existants soit par couverture, soit par dissolution accélérée et stockage des saumures.

VI. PEDOLOGIE

L'approche pédologique ne vise pas à fournir une connaissance définitive de la répartition des différents types de sols, mais à comprendre leur distribution, leur fonctionnement et les modalités de leur évolution.

La couverture alluviale de la plaine de l'ILL (ried ello-rhénan et cônes de déjections vosgiens associés) conditionne une pédogenèse très différente selon la nature :

- **du matériau parental qui est à l'origine de la texture des sols,**
- **du modelé topographique et microtopographique,**
- **du régime hydrique, qui intègre les deux paramètres précédents.**

① Pédogenèse sur les cônes de déjections vosgiens

Les cônes de déjections vosgiens, constitués principalement d'alluvions fluvio-glaciaires d'origines vosgiennes -- limons sableux, sable caillouteux, galets et blocs variés emballés dans une matrice sablo-limoneuse à limono argileuse -- issues de granites, grauwackes, schistes, grès..., sont le siège d'une pédogenèse évoluée.

Les caractéristiques des alluvions varient d'un cours d'eau à l'autre : le cône du Strengbach est fort grossier et riche en blocs métriques. Les cônes de la Weiss et de la FECHT sont formés de sables et de cailloux largement étalés en bancs. En surface, le cône de la FECHT a été remanié au Würm et recouvert de lambeaux de loess.

D'une texture grossière, ce matériel alluvial n'offre pas une capacité de rétention en eau élevé. Cette condition défavorable peut être partiellement compensée par la proximité relative de la nappe (phréatique ou perchée selon les cas). Dans ce cadre précis, la pédogenèse des sols conduit à la brunification - ou altération ménagée des minéraux primaires avec argilisation des matériaux de surface sans migration notable des sesquioxydes vers les horizons de profondeur (SOUCHIER). Selon SOUCHIER, ce sont les facteurs teneur en fer de la roche mère et teneur en argile issue de l'altération des minéraux primaires qui, réunis, conditionnent l'orientation de la pédogenèse. Les minéraux ferro-magnésiens libèrent préférentiellement ces deux produits. Ainsi, les granites calco-alcalins, les schistes, les grauwackes donnent un complexe d'altération abondant où l'argile et le fer sont bien représentés. Le fer joue le rôle de cation de liaison au sein des agrégats argile-fer-acides organiques. Cette immobilisation de la matière organique soluble dès la surface caractérise la brunification.

Sur les cônes de déjections, la brunification aboutit à la formation de sols :

- **brun eutrophe, issu d'une brunification en milieu saturé,**
- **brun mésotrophe, issu d'une brunification en milieu peu acide à fort pouvoir tampon,**
- **brun acide (de loin le moins courant) à complexe absorbant moyennement désaturé.**

Cependant, deux types de facteur peuvent modifier cette évolution :

- **les phénomènes de migrations d'éléments,**
- **les phénomènes d'hydromorphie.**

1.1. Migrations des éléments du complexe d'altération

Les migrations (descendantes) intéressent d'une part, les cations métalliques (sous forme de sels solubles), d'autre part, les éléments fins cristallisés ou amorphes (argiles)

1.1.1.Désaturation du complexe absorbant (lessivage des bases)

C'est le processus d'acidification qui résulte du remplacement progressif des ions Ca^{2+}, K^{+}, Na^{+}, Mg^{2+} par les ions H^{+} ou Al^{3+} dans le complexe absorbant.

L'importance du lessivage des bases dépend surtout du type d'humus. Dans les mull eutrophes et mésotrophes, où la minéralisation et l'humification de la matière organique sont rapides, les composés humiques insolubles (issus de la transformation de la litière fraîche végétale) se forment rapidement et retiennent plus ou moins partiellement les bases libérées. Dans les mull acides et les moder, ces processus sont plus lents, les bases sont entraînées avant de pouvoir être retenues.

1.1.2. Migration des argiles

Ce lessivage résulte d'un entraînement mécanique des argiles les plus fines, qui peut se produire même en milieu biologiquement actif et peu acide (mull); cet entraînement est néanmoins freiné par la formation rapide de complexes argilo-humiques dans les milieux les plus actifs et les mieux aérés. L'horizon B d'accumulation à structure polyédrique qui prend naissance en profondeur dans ces conditions est essentiellement enrichi en argile et en fer, par rapport à A_1, mais il reste peu chargé en matière organique et en sesquioxydes. C'est un horizon argilique désigné par le symbole B_t (l'argile comble les vides ou enrobe les parois des éléments structuraux : formation d'argilanes ou cutanes).

L'indice d'entraînement de l'argile I permet de déterminer l'intensité du lessivage :

$$I = \frac{\text{teneur en argiles ou en fer de Bt}}{\text{teneur en argiles ou en fer de A2}}$$

Quand $I < 2$, le lessivage est léger; le sol est un sol brun lessivé

Quand $I > 2$, le lessivage est intense; le sol est un sol lessivé acide.

1.1.3. Influence des facteurs écologiques sur les migrations

Les facteurs écologiques exercent une grande influence sur les processus de migration ; il convient de distinguer :

- **le climat régional,**
- **les facteurs stationnels.**

▫ *Climat régional :*

C'est essentiellement le facteur drainage climatique (c'est-à-dire la différence positive pluviométrie moins évapotranspiration) qui régit l'importance du lessivage et plus spécifiquement le drainage mensuel qui peut seul donner une indication valable sur l'importance du lessivage lié au climat. Bien que soumise à un régime climatique semi-continental, la plaine de l'ILL reste largement ouverte aux influences maritimes (Cf. § 2). Les pluies hivernales, relativement conséquentes, favorisent un drainage important et corrélativement un lessivage assez marqué.

▫ *Actions de facteurs stationnels :*

○ *Perméabilité du matériau parental* : joue énormément sur l'intensité du lessivage; les migrations sont plus importantes sur les roches à textures grossières (sables, arènes, galets, blocs), que sur les roches à texture fine (limons et argiles), ou celles qui ont été "colmatées" à une certaine profondeur par un lessivage préalable.
Sur sables limoneux, on observe, très souvent, des sols lessivés acides à mull acide, mull-moder.
Sur limons, le lessivage est moins important et donne naissance à des sols bruns lessivés à mull.

○ *Influence de la forme d'humus* : dans le cas des milieux biologiquement actifs et aérés (mull peu acide, à pH compris entre 4,5 et 6), une fraction fine des argiles (la plus fine) est dispersée et entraînée mécaniquement en période humide, ainsi que le fer ferrique qui lui est lié. La migration des sesquioxydes à l'état libre ou complexés par la matière organique soluble, ne se produit pas dans ces conditions. L'horizon B est essentiellement enrichi en argile et en fer.

Dans le cas des milieux à faible activité biologique (mull-moder, moder), on assiste à une réduction partielle du fer qui, à l'état ferreux, se sépare des argiles; la matière organique soluble, moins rapidement biodégradée, complexe et mobilise les sesquioxydes. L'horizon B se trouve souvent enrichi en sesquioxydes amorphes (peu de matière organique subsiste cependant en B).

Remarque : Assez souvent, les formations alluviales sont plus ou moins enrichies sinon totalement recouvertes de limons subactuels, voire de loess carbonatés ou franchement décalcifiés (lehms). Les loess sont fortement érodables. En surface, ils sont sensibles au gel. Leur résistance est faible et ils sont sujets à des tassements importants. Les propriétés mécaniques des loess varient largement en fonction de leur teneur en eau. Quand ils sont hydromorphes, leurs caractéristiques deviennent franchement médiocres et ils n'ont plus aucune tenue.

1.2. Hydromorphie des sols

Deux voies principales d'alimentation en eau du sol sont à distinguer :

- **existence d'une nappe phréatique de profondeur alimentant le profil par sa base (hydromorphie permanente),**
- **apport par les eaux superficielles, soit météoritiques, soit de ruissellement, auxquelles viennent s'ajouter les eaux de crues (hydromorphie temporaire).**

En fonction du régime hydrique du site, l'évolution du sol sera différent. Toutefois, des sols appartiennent à la même classe des sols hydromorphes.

1.2.1. Sol à hydromorphie permanente, de nappe

La nappe phréatique circule en profondeur. Elle subit des fluctuations verticales plus ou moins cycliques et saisonnières. La partie du profil la plus souvent engorgée voit ses caractéristiques physico-chimiques modifiées (structure, texture, couleur) et se définit en terme pédologique comme un gley (horizon caractéristique d'une hydromorphie de nappe). Les sols à gley caractérisent les zones dépressionnaires où l'engorgement est presque permanent et la nappe peu mobile. Ces conditions sont rarement réunies sur les cônes de déjections où les sols sont surélevés par rapport au niveau de la nappe.

1.2.2. Sol à hydromorphie temporaire

Par contre, la moindre dépression dans la topographie (de l'ordre du mètre) et la texture lourde du matériau parental (couverture argilo-limoneuse ou argileuse) peuvent entraver le drainage naturel du sol, augmentant ainsi son temps de ressuyage.

La portion du profil subissant cet engorgement temporaire plus ou moins important en intensité et en temps, présente à l'image du gley une modification nette, avec présence d'un horizon hydromorphe dénommé pseudogley (horizon caractéristique d'une hydromorphie de nappe perchée temporaire).

Toutes ces données sont classiques et peuvent s'appliquer à l'ensemble des sols de la plaine de l'ILL.

②.Pédogenèse hors des cônes de déjection : les sols de la dépression marginale

Rappelons que le substrat de la plaine de l'ILL (dépression marginale) est constitué d'alluvions fluvio-glaciaires rhénanes largement recouvertes par :

- **les limons et argiles de débordement de l'ILL (alluvions non carbonatée),**
- **les alluvions sablo-limoneuses, graveleuses, limono-sableuses à argileuses de la partie aval des cours d'eau vosgiens,**
- **des placages de loess entièrement remaniés par les cours d'eau et plus ou moins décalcifiés (lehms).**

La plupart des sols de la dépression marginale sont des sols alluviaux, donc peu évolués, se caractérisant par la présence quasi-constante d'une nappe phréatique permanente (Cf. § 5.) oscillant à faible profondeur (0,5 - 2 m) et constamment renouvelée.

Les sols alluviaux sont présents dans les zones soumises à l'influence directe des eaux d'inondation. Les flots provoquent un rajeunissement constant de la couverture pédologique, d'une part, par les apports permanents de matériaux minéraux fins et d'autre part, par l'exportation des horizons organiques supérieurs en début de formation.

Cependant, on peut observer une pédogenèse assez évoluée dans quelques compartiments de la dépression marginale : vieilles terrasses du ried brun-gris non remaniées depuis l'Holocène moyen. Dans ce cas, la pédogenèse a conduit à une brunification des sols. Les sols les plus évolués sont des sols bruns lessivés.

Les sols de la dépression marginale ont été divisés en quatre catégories selon l'hydromorphie des stations, ainsi que l'âge et l'origine géomorphologique des dépôts. En outre, selon l'origine géochimique des sédiments, on peut distinguer des variations stationnelles édaphiques (SCHNITZLER, 1988). Ces quatre catégories sont les suivantes :

- **les sols de Ried noir**
- **les sols de Ried gris**
- **les sols de Ried brun-gris pluri-remaniés jusqu'à l'Holocène moyen**
- **les sols de Ried brun-gris non remaniés depuis le post-glaciaire.**

2.1. Les sols de Ried noir

Ils sont uniquement soumis aux remontées hivernales de nappe, généralement inondantes et évoluent depuis 5 millénaires sans apports alluviaux exogènes notables, du fait de l'isolement relatif du compartiment géomorphologique par les levées du RHIN et de l'ILL

Le profil type du sol alluvial du Ried noir s'apparente à un gley à anmoor. L'anmoor est généralement épais, très organique (25 à 30 %), saturé en bases, faiblement carbonaté, mais

pouvant être décarbonaté. Il subit des alternances pluri-annuelles d'anaérobiose et d'aérobiose. Cet humus est carencé en phosphore et en azote (par dénitrification aérobie : A. SCHNITZLER, 1988). Il est affecté périodiquement par les bicarbonates des remontées de nappe. L'anmoor repose sur un horizon argileux ou limono-argileux, carbonaté en profondeur et fortement marqué par l'hydromorphie (gley réduit). L'anmoor peut également reposer, mais plus rarement, sur une tourbe, dans d'anciens chenaux abandonnés. Le soubassement est formé par des graviers aquifères qui assurent l'imprégnation permanente du profil, grâce à des remontées capillaires d'eau bicarbonatée calcique.

En fonction de l'intensité de l'hydromorphie, l'anmoor peut évoluer par assèchement progressif vers un hydromull calcique, biomacrostructuré, temporairement engorgé au printemps.

Par ailleurs, plus le soubassement graveleux est proche de la surface, plus les phénomènes d'oscillation saisonnière de la nappe sont marqués : engorgement rapide du profil au printemps, ressuyage et assèchement tout aussi rapide en été (du moins les années sèches).

2.2. Les sols de Ried gris

Ces sols caractérisent le champ d'inondation du lit majeur actuel de l'ILL. Ce sont donc des sols très jeunes, formés par des limons argileux alluviaux non carbonatés. Mais du fait de la très faible dynamique du champ d'inondation de l'ILL, la pédogenèse a tendance à équilibrer la morphogenèse(*) .

De plus, la dynamique de battement de la nappe phréatique est beaucoup plus importante (amplitude supérieure à 2 m souvent) que dans les zones axiales du Ried noir.

En conséquence, les sols du Ried gris sont fortement individualisés. Il s'agit de sols bruns alluviaux à niveau de pseudogley ou de gley profond.

Le soubassement graveleux (graviers du RHIN ou de l'ILL et de ses affluents vosgiens), là où circule la nappe, est généralement à un niveau très bas (1 m à 1,50 m) : dans les chenaux, malgré la fréquence des inondations, il ne se forme pas d'anmoor par suite de la dynamique géomorphologique et des battements de nappe.

En fonction de l'origine des alluvions de soubassement, on trouve fréquemment dans les profils, des concrétions calcaires et ferrugineuses, se déposant au sommet de la frange capillaire au contact de la zone d'aérobiose par sursaturation de la solution du sol qui précipite le bicarbonate de calcium et le fer ferrique.

La texture des sols alluviaux du Ried gris présente, en général, dans la moitié Sud, un bon équilibre entre argile, limons fin et grossier et sables fins. Au Nord, la fraction argileuse du fait de la dynamique des dépôts, est plus importante.

(*) Vitesse d'accroissement de l'épaisseur du dépôt, qui est de l'ordre du mm par an.

L'humus type est un mull eutrophe, saturé en bases, à bonne capacité d'échange (pH compris entre 6,5 et 7,5), très nettement biomacrostructuré.

Grâce aux inondations régulières, les sols forestiers du Ried gris sont particulièrement fertiles (dépôts alluviaux et apports exogènes de nitrates agricoles).

2.3. Les sols des terrasses riediennes; ried brun-gris

2.3.1. Terrasses pluri-remaniées depuis le post-glaciaire

Ces terrasses remaniées ne sont pas inondables, sauf en cas de crues exceptionnelles. Les sols des terrasses forestières sont caractérisés par une charge importante en graviers dès la surface (charge parfois supérieure à 50 %). La texture est ainsi très hétérogène et relativement grossière. L'évolution pédologique, peu perturbée par les crues d'inondation a conduit à la brunification des sols. La fraction fine des sols est enrichie en argile entièrement décarbonatée.

Les sols sont typiquement des sols bruns à mull mésotrophe, présentant à des degrés divers des marques nettes d'hydromorphie de profondeur. Le cycle biogéochimique des cations reste fortement soutenu en raison de la proximité de la nappe phréatique (moins de 2 m de profondeur), accessible aux ligneux et qui s'oppose à l'acidification et freine la désaturation du complexe absorbant.

2.3.2. Terrasses non remaniées depuis le post-glaciaire

Sur les terrasses les plus anciennes (Mailywald, Schifflock) aux sols filtrants (soubassement de graviers parfois affleurant) et surélevés, la nappe moyenne apparaît beaucoup plus basse et n'affecte pas les horizons de surface et de moyenne profondeur. Elle n'entre donc pas dans la dynamique du cycle biogéochimique des cations échangeables. Cette absence (partielle) de remontée biologique des cations favorise une légère acidification des horizons de surface et une certaine déstabilisation des complexes argilo-humiques.

Ces conditions s'avèrent suffisantes pour que puisse s'exercer au dépend des argiles une amorce de lessivage.

Les sols sont donc majoritairement des sols bruns acides à mull oligotrophe ou des sols bruns lessivés à mull oligotrophe, plus ou moins marmorisés en profondeur (ces traces pouvant par ailleurs être bien fossiles).

La **figure n°11** récapitule la distribution des sols en fonction du compartimentage structural de la plaine de l'ILL.

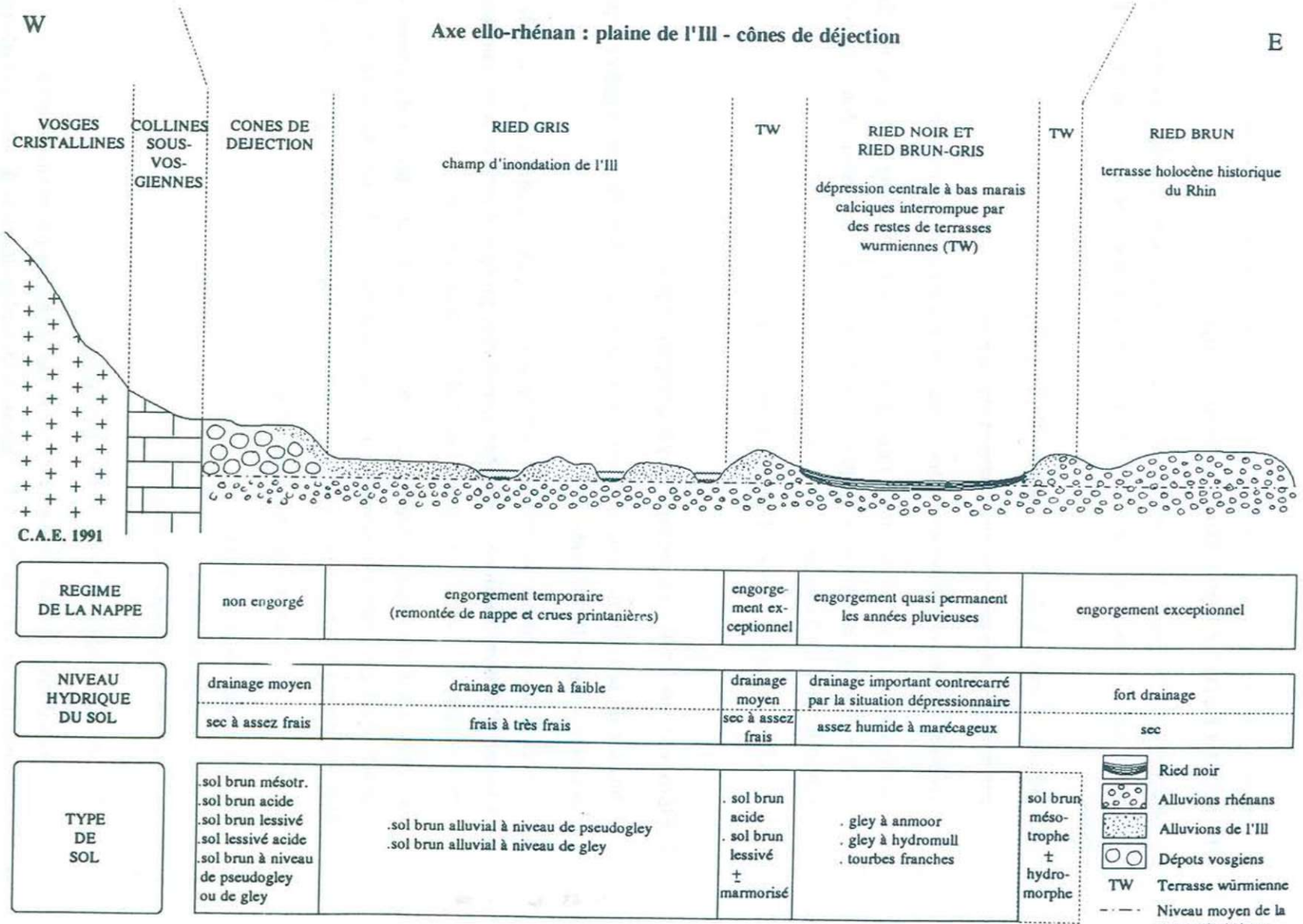


Figure n°11 : Coupe schématique de la plaine de l'Ill - distribution des sols en fonction du compartimentage

VII. FLORE ET VEGETATION : ANALYSE ECOLOGIQUE

La végétation d'une région est la résultante de l'action combinée dans le temps et l'espace de divers facteurs qui ont contribué plus ou moins directement à la structure des groupements forestiers actuels :

- présence d'un stock floristique (cortège floristique) ;
- conditions écologiques actuelles (facteurs stationnels) ;
- dynamique de la végétation avec l'ontogénèse des climax et la sylvigénèse ;
- pression anthropique : l'Homme a substitué au cycle sylvigénétique naturel de nos forêts, un ensemble de cycles (sylvofaciès) qu'il contrôle et dirige par l'intermédiaire de traitements sylvicoles propres à chaque sylvofaciès ;
- les dégâts imputables au grand gibier (chevreuil, daim).

① Eléments de flore : caractère phytogéographique

L'analyse de la végétation d'une région montre que les espèces de cette végétation possèdent des centres de gravité différents.

Il est possible de grouper les espèces ayant des centres de gravité identiques : on arrive ainsi à la notion d'**élément de flore** ou **cortège floristique**, groupes d'espèces nées dans une même région et ayant subi des déplacements d'ensemble au cours des âges.

La végétation d'une région comprendra un nombre variable selon les cas d'éléments de flore distincts ayant des centres de gravité pouvant être très éloignés les uns des autres. Préciser ces éléments permet de se faire une idée des influences écologiques qui ont régné sur la région.

La flore de la plaine alsacienne est représentative des :

- domaine médio-européen ;
- secteur baltico-rhénan ;
- district de la plaine d'Alsace.

Elle se partage inégalement entre trois sous-districts :

- sous-district du Ried rhénan, caractérisé par la chênaie pédonculée-ormaie ;
- sous-district du ried de l'ILL, chênaie pédonculée-charmaie à aulne, aulnaie-frênaie et aulnaie ;
- sous-district du NONNENBRUCH sur alluvions siliceuses vosgiennes : chênaie-hêtraie, chênaie acidiphile ou acidicline (concerne également les cônes de déjections des autres vallées vosgiennes : FECHT, WEISS, THUR...).

L'appartenance de la flore alsacienne ello-rhénane au domaine médio-européen est souligné par la présence d'espèces dont l'aire de répartition se situe en Europe tempérée.

Athyrium filix-femina	Fougère femelle
Geum urbanum	Benoîte des villes
Milium effusum	Millet diffus
Oxalis acetosella	Oxalide petite oseille
Primula elatior	Primevère élevée
Prunus padus	Cerisier à grappes
Pulmonaria obscura	Pulmonaire obscure
Sambucus racemosa	Sureau à grappes
Sanicula europaea	Sanicle d'Europe
Stachys sylvatica	Epiaire des bois

L'influence continentale très marquée sur la plaine est révélée par :

Acer platanoides	Erable plane
Aquilegia vulgaris	Ancolie vulgaire
Carex montana	Laîche des montagnes
Carex pilosa	Laîche poilue
Carpinus betulus	Charme
Daphne mezereum	Joli bois
Galium sylvaticum	Gaillet des bois
Rubus saxatilis	Ronce des rochers
Silene nutans	Silène penché

L'influence océanique marquée inégalement sur la plaine (district du NONNENBRUCH) est révélée par un important groupe d'espèces européennes subocéaniques.

Carex digitata	Laîche digitée
Carex panicea	Laîche faux panic
Carex pendula	Laîche pendante
Carex remota	Laîche espacée
Carex strigosa	Laîche maigre
Fraxinus excelsior	Frêne élevé
Lamiastrum galeobdolon	Lamier jaune
Lythrum salicaria	Salicaire
Melica uniflora	Mélique à une fleur
Milium effusum	Millet diffus
Poa trivialis	Pâturin commun
Polygonatum multiflorum	Sceau de Salomon
Quercus petraea	Chêne sessile
Quercus robur	Chêne pédonculé
Ranunculus auricomus	Renoncule à tête d'or
Ranunculus ficaria	Ficaire
Rosa arvensis	Rosier des champs
Salix purpurea	Saule pourpre
Scirpus sylvaticus	Scirpe des bois
Silene dioica	Compagnon rouge
Stachys sylvatica	Epiaire des bois
Stellaria holostea	Stellaire holostée

Un certain nombre d'espèces ayant une aire de répartition plutôt méridionale (subméditerranéenne) s'avancent dans le fossé rhénan à la faveur de sa situation climatique privilégiée.

Euphorbia amygdaloides	Euphorbe des bois
Hedera helix	Lierre grimpant
Helleborus foetidus	Hellébore fétide
Populus alba	Peuplier blanc
Primula veris subsp *veris*	Primevère officinale
Pyrus pyraster	Poirier commun
Ranunculus repens	Renoncule rampante
Scilla bifolia	Scille à deux feuilles
Silene vulgaris	Silène commun
Symphytum officinale	Consoude officinale

② La végétation

2.1. Les causes de la diversification de la végétation

Dans la plaine d'Alsace, la structuration de la végétation forestière peut se comprendre en regard de la diversité des conditions écologiques (climatologique, géomorphologique, pédologique, hydrologique) sur lesquelles se surimposent des phénomènes de dynamique végétale d'origine anthropique (gestion) ou naturelle (gibier, chablis, catastrophe naturelle).

2.1.1. Facteurs écologiques à l'origine de la diversification de la végétation

Dans le contexte phytogéographique subocéanique-subcontinentale, le fossé rhénan présente une combinaison floristique originale (près de 35 espèces ligneuses pour la seule dépression marginale) due aux conjonctions favorables du climat (régional et local : cuvette tectonique privilégiée sur le plan thermique permettant à la fois l'avancée de nombreuses plantes subméditerranéennes et continentales, trouvant en Alsace leur limite d'aire), de l'hydro-géomorphologie et des caractéristiques édaphiques des sols.

La classification de ces "facteurs" reprend la définition des unités écologiques majeurs à base géomorpho-pédologiques proposées par R.CARBIENER (1969). Il est en effet impossible de comprendre le Ried et de clarifier sa complexité, sans une vision géographique et dynamique (ce que nous avons exposé en chapitre.IV.3.). C'est cette dynamique qui conditionne l'agencement des unités écologiques de première grandeur (majeures) en bandes longitudinales, parallèles au Rhin et à l'Ill (Ried noir, Ried gris et cônes de déjection, seules zones concernées par le catalogue).

Ces unités majeures se subdivisent elles-même en sous-unités texturales (granulométrie des dépôts, hydrologiques (régime de la nappe phréatique) et topographiques (terrasses,

levées, chenaux).

Les biocénoses végétales se calquent donc très étroitement sur les différents compartiments géomorpho-hydrologiques du Grand Ried.

La répartition de ces biocénoses est également dépendante des conditions de cohabitation (complémentarité, compétition intra et interspécifique).

2.1.2. Les unités phytoécologiques de la dépression marginale.

(d'après les travaux de A.SCHNITZLER, A.HOFF, R.CARBIENER)(*)

⇒ **La saulaie-peupleraie ripicole :**

Il s'agit d'un groupement pionnier qui colonise les alluvions récentes des rivières. Les espèces ligneuses, héliophiles, que l'on y rencontre sont les aulnes (*Alnus glutinosa* surtout mais aussi et plus souvent dans le ried rhénan, *Alnus incana*), les peupliers (*Populus tremula, Populus canescens, Populus nigra, Populus alba*), le frêne commun, les saules (*Salix fragilis, Salix purpurea, Salix viminalis...*).

Il faut remarquer ainsi les espèces herbacées, des nitratophiles sociales comme l'ortie (*Urtica dioica*) et la verge d'or du Canada (*Solidago canadensis* et *Solidago glabra*).

Les sols sont de type alluvial et l'humus un hydromull. Mais la texture est de granulométrie variée.

Le plus important et le plus commun de ce groupement est l'association à saule blanc et peuplier noir que l'on rencontre le long de toutes les rivières d'Alsace.

⇒ **L'aulnaie pure :**

Généralement ripicole et donc peu forestière ; la flore herbacée est relativement pauvre avec un large cortège de grandes cypéracées : *Carex elongata, Carex riparia, Carex panicea, Carex acutiformis* et des saules : *Salix cinerea, Salix aurita, Salix alba...* .

⇒ **Les aulnaies-frênaies :**

Les aulnaies-frênaies, comme pour l'aulnaie pure, sont de caractères mésotrophe à eutrophe. La flore est riche en espèces herbacées mésohygrophiles (*Filipendula ulmaria, Carex sylvatica, Carex remota*) et hygroneutronitrophiles (*Urtica dioica, Glechoma hederacea*).

Elles se développent généralement sur des sols alluviaux hydromorphes à hydromull (plus

---

(*) Ces travaux n'engagent que leurs auteurs.

rarement sur gley à anmoor).

⇒ **La chênaie pédonculée-frênaie-aulnaie alluviale à *Prunus padus* :**

Ce type forestier, typique des plaines alluviales fréquemment inondées, devenu rare en France, est encore assez répandu en Alsace.

Il se localise dans la partie avale des rivières, dans des zones à topographie plane et inondables (inondations brèves mais régulières en hiver).

Les sols y sont profonds, mais fortement marqués par l'hydromorphie du fait du battement saisonnier de la nappe d'eau. Mais ce sont aussi des sols riches, constamment frais à pH compris entre 5 et 7,5 selon les variantes et où la minéralisation de la matière organique est très rapide (forte activité biologique).

La strate arborescente est assez riche. Les espèces les plus fréquentes sont le frêne, l'aulne glutineux et le chêne pédonculé ; chacune pouvant dominer localement. L'orme lisse y est très fréquent. On peut également rencontrer le charme, l'érable sycomore et l'érable champêtre.

Parmi la strate arbustive, les espèces les plus fréquentes sont l'aubépine épineuse, le fusain d'Europe, le cornouiller sanguin, le noisetier, le bois puant, le prunellier et la viorne obier.

La strate herbacée est toujours abondante ; les hautes herbes nitratophiles étant très représentées.

Plusieurs variantes de ce type forestier ont été reconnues. Il convient de distinguer en fonction de l'humidité du sol et de sa texture :

- une variante à grands carex et impatiente, très mésohygrophile et qui marque par ce caractère, la transition avec l'aulnaie pure. Assez fréquente (ILL.VALD), elle se présente par endroits sous un faciès à *Phalaris arundinacea*.
- une variante à *Carex brizoides*, qui présente un caractère acidicline marquée par la présence d'espèces telles que : *Luzula pilosa, Polytrichum formosum, Oxalis acetosella, Stellaria holostea*... . Elle est assez fréquente dans le NONNENBRUCH.
- une variante à canche cespiteuse ; c'est la variante la plus mésophile. Elle marque visiblement la transition vers les chênaies-charmaies mésophiles, sur des substrats limono-argileux.
- une variante à ail des ours, lamier jaune et circée de lutèce ; elle se rencontre sur des substrats plus grossiers, limono-sableux à graveleux.

C'est la station préférentielle de l'orme lisse.

⇒ **Les chênaies pédonculées-charmaies :**

Dans la plaine, entre MULHOUSE et STRASBOURG, la chênaie pédonculée-charmaie représente la formation forestière la plus répandue.

Il s'agit d'une grande unité forestière pouvant se présenter sous des aspects et des écologies très variés, en fonction en particulier du régime hydrique.

Dans le Ried alsacien, la chênaie pédonculée-charmaie fait suite sur les parties hautes, à la chênaie pédonculée à aulne et frêne qui occupe les parties basses inondables. Le substrat est toujours constitué d'alluvions anciennes du RHIN, avec une charge variable mais souvent importante en galets, recouvertes parfois d'alluvions ou de limons plus récents.

Cette hétérogénéité de substrat se marque surtout sur le plan textural et sur celui de la carbonatation. L'humus est toujours un mull.

Dans la strate arborescente, le chêne pédonculé et le charme dominent. Ils sont accompagnés du frêne, du merisier et d'autres essences moins fréquentes comme les ormes, les érables, le bouleau et le tremble. Le hêtre se rencontre parfois, surtout dans le secteur de HILSENHEIM-DIEBOLSHEIM, en pieds isolés ou plus souvent en bouquets.

La strate arbustive est riche en espèces calcicoles. La strate herbacée est abondante ; elle comprend de nombreuses espèces mésophiles et mésohygrophiles de mull. Au printemps, l'ail des ours forme parfois des tapis continus. Cette espèce caractérise la variante la plus hygrophile de la chênaie pédonculée-charmaie du Ried, celle qui fait transition avec la chênaie pédonculée-frênaie à orme lisse et bois puant.

Mercurialis perennis caractérise une variante sur sol carbonaté et riche.

Carex alba caractérise une variante sèche.

⇒ **La chênaie pédonculée-charmaie à frêne et lamier jaune :**

Ce type de groupement peut être rencontré sur les alluvions non calcaires des rivières descendant des Vosges, recouvertes de dépôts limoneux récents.

B.CUILLER et P.MERIAUX ont également mis en évidence ce type forestier dans le NONNENBRUCH et l'ont désigné sous le nom de "frênaie-chênaie pédonculée eutrophe".

⇒ **La chênaie pédonculée-charmaie à Frêne et Lierre terrestre :**

Peu de renseignements sur ce type forestier dont la strate herbacée est dominée largement par le lierre terrestre (développé ponctuellement dans le NONNENBRUCH).

2.1.3. Synsystématique des groupements forestiers

La structuration de la végétation forestière sur des bases floristiques, écologiques et dynamiques conduit à un système hiérarchisé dont l'association végétale* représente l'unité fondamentale. Les unités supérieures (groupes d'associations occupant la même niche écologique dans des territoires différents) sont par ordre croissant : l'**alliance (*-ion*)** et la **sous-alliance (*-enion*)**, l'**ordre (*-etalia*)** et le **sous-ordre (*-enalia*)**, la **classe (*-etea*)** et la **sous-classe (*-enea*)**.

Les milieux forestiers de la plaine de l'Ill se rangent dans plusieurs classes.

⇒ **Classe des *Alnetea glutinosae***

✸ Ordre des *Alnetalia glutinosae*

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

Alliance de l'*alnion glutinosae* :

. aulnaie pure à *Carex elongata, Cardamine amara, Carex laevigata, Ribes nigrum, Iris pseudoacorus, Phragmites australis, Lycopus europaeus, Carex paniculata...* .

association régionale : *Carici elongatae-Alnetum.*

⇒ **Classe des *Salicitea purpureae***

✸ Ordre des *Salicetalia purpureae* :

. regroupe les saulaies riveraines ; très souvent des phases pionnières d'aulnaie-frênaie

. espèce caractéristique : *Salix purpurea.*

Alliance du *Salicion albae* :

. *Salix alba, Salix fragilis, Salix triandra, Salix viminalis, Populus nigra*

. confiné uniquement à l'étage collinéen.

association régionale : *Salicetum albae*

---

* L'association végétale est un concept abstrait qui se dégage d'un ensemble d'individus d'association possédant en commun à peu près les mêmes caractères floristiques, statistiques, écologiques, dynamiques, chorologiques et historiques.

⇒ **Classe des *Querco-Fagetea***

. rassemble les forêts caducifoliées collinéennes ou montagnardes,

. *Acer campestre, Fagus sylvatica, Quercus robur, Quercus petraea,*

. *Corylus avellana, Crataegus laevigata, Hedera helix, Ilex aquifolium, Lonicera xylosteum, Viburnum opulus,*

. *Anemone nemorosa, Carex digitata, Carex sylvatica...* .

✸ Ordre des *Fagetalia sylvaticae* :

. forêts mélangées de Frênes et d'Aulne, de Chêne et de Charme avec ou sans hêtre, de Hêtre, de Hêtre et Sapin, d'Erables, de Tilleuls

. *Acer platanoides, Acer pseudoplatanus, Fraxinus excelsior*

. *Adoxa moschatellina, Allium ursinum, Anemone ranunculoides, Arum maculatum, Galium odoratum, Melica uniflora, Milium effusum, Paris quadrifolia, Scrophularia nodosa...* .

▵ Sous-ordre des *Alno-Ulmenalia* :

. forêts riveraines ou de suintements

. les inondations annuelles provoquent un blocage de la sylvigénèse avec la dominance de pionnières et de nomades

. *Alnus glutinosa, Ulmus minor.*

Alliance de l'*Alno-Padion* :

. *Alnus incana, Prunus padus, Ribes rubrum*

. *Carex pendula, Carex remota, Carex strigosa, Circaea lutetiana, Gagea lutea, Veronica montana.*

Sous-alliance de l'*Ulmenion* :

. chênaie-ormaie alluviale

. optimum d'*Ulmus laevis*, maturation sylvigénétique avec *Quercus robur.*

association régionale : *Querco-Ulmetum minoris*

Sous-alliance de l'*Alnenion glutinosae-Incanae* :

. groupements des petites vallées et des vallées moyennes, suintements

. aulnaie-frênaie à *Prunus padus* et *Quercus robur.*

association régionale : *Pruno-Fraxinetum*

▲ Sous ordre des *Carpinio-Fagenalia* :

. forêts collinéennes non acidiphiles et peu hydromorphes : hêtraie-chênaie-charmaie, chênaie sessiliflore-charmaie, chênaie pédonculée-charmaie

. *Carpinus betulus, Prunus avium, Tilia cordata*

. *Festuca heterophylla, Ornithogalum pyrenaicum, Ranunculus auricomus.*

Alliance du *Carpinion betuli* :

Sous-alliance du *Lonicero-Carpinenion* :

. forêts à flore mésoacidiphile à mésoneutrophile

. *Lonicera periclymenum, Carex umbrosa, Poa chaixii, Atrichum undulatum, Polytrichum formosum*

* groupe d'associations dominé par *Fagus sylvatica* et/ou *Quercus petraea*

* groupe d'associations dominé par *Quercus robur*.

Sous-alliance du *Daphno-Carpinenion* :

. forêts à flore calcicole à neutrophile

. *Daphne laureola, Daphne mezereum, Asarum europaeum, Mercurialis perennis, Scilla bifolia.*

associations régionales : *Ulmo-Carpinetum*
Alno-Carpinetum
Stellario-Carpinetum.

2.1.4. Répartition spatiale des associations alluviales dans les unités structurales de la dépression marginale (A.SCHNITZLER., 1989).

Les gradations longitudinales (à caractère hydrogéomorphologique dominant) et transversales (à caractère édaphique dominant) observées dans la dépression marginale s'impriment dans le caractère des massifs forestiers.

Les associations végétales les plus hygrophiles dominent au sud de l'Alsace centrale (région de l'Illwald).

En considérant les unités structurales une à une, nous pouvons observer la mosaïque stationnelle suivante :

⇒ **Le champ d'inondation de l'Ill (Ried gris),**

où les massifs forestiers sont les plus étendus de toutes les unités structurales; les massifs méridionaux (COLMAR, SELESTAT) sont très riches en associations hygrophiles (les aulnaies à frêne y forment l'essentiel des stades terminaux). Il existe

peu de chênaie-charmaie dans ces massifs (hormis la chênaie-charmaie mésohygrophile à orme diffus et ail des ours). D'EBERMUNSTER à ICHTRATZHEIM, les massifs forestiers s'enrichissent en chênaie-charmaie aux détriments des aulnaies-frênaies qui se trouvent reléguées dans les chenaux étroits, en voie d'atterrissement, qui sillonnent l'ensemble de la dépression marginale.

⇒ **Le Ried noir**

Ce milieu très hydromorphe, déforesté en grande partie depuis fort longtemps était occupé primitivement par des aulnaies-frênaies et des aulnaies marécageuses (la répartition de ces deux associations dépendant de l'hydromorphie des sols).

La partie méridionale, plus tourbeuse (Ried de la BLIND) était probablement dominée par des aulnaies marécageuses et les formes très hygrophiles de l'aulnaie-frênaie, à l'inverse de la partie septentrionale du Ried noir (Ried de la ZEMBS).

⇒ **Le Ried brun-gris**

Pour ces terrasses remaniées, la gradation de l'inondabilité en fonction de la topographie et de la distance par rapport au RHIN, ont permis la formation de sous-compartiment géomorpho-hydrologique relativement nombreux.

Les modifications stationnelles suivant les sous-compartiments apparaissent dans la répartition des sous-associations et variantes de la chênaie-charmaie : A.SCHNITZLER cite la chênaie-charmaie à aulne glutineux et potentille (variante à géophytes et mercuriale pérenne) sur les terrasses les plus basses (niveau hydrique marqué).

La variante à *Rosa arvensis* apparaît sur les terrasses à un niveau plus élevé. La chênaie-charmaie mésoxérophile à *Thuidium tamariscifolium* apparaît exclusivement sur les terrasses les plus élevées du Sud et du centre de la dépression marginale, qui font transition entre Ried brun-gris et HARDT (grise).

2.2. Variations géomorpho-hydrologiques et variations édaphiques des associations du Ried de l'Ill

La complexité sédimentologique et géomorphologique ainsi que l'étendue exceptionnelle de la dépression ont induit au niveau des associations précitées, des variations géomorpho-hydrologiques et édaphiques.

Les variations géomorpho-hydrologiques concernent le *Pruno-Fraxinetum* et l'*Alno-Carpinetum*, d'extension importante dans l'ensemble de toute la dépression marginale.

Le *Carici elongatae-Alnetum*, strictement localisé dans un seul compartiment, n'est pas concerné par ce type de variation.

En revanche, les variations édaphiques existent pour ces trois associations.

En effet, les alluvions carbonatées rhénanes sous-jacentes apparaissent à différentes profondeurs selon les compartiments de la dépression marginale.

On peut ainsi distinguer des variantes :

- mésoacidiphile à acidicline : des cônes de déjections vosgiens, à sables siliceux acides, reposant sur substrat rhénan carbonaté profond;
- neutroacidicline à mésoneutrophile : interstratification de sables acides vosgiens et limons neutres sundgauviens, reposant sur substrat rhénan carbonaté profond (carbonatation nulle sur au moins 50 cm ; pH < 7);
- neutrophile : limons de débordements non carbonatés de l'Ill, issus du Sundgau et des Vosges, dominants sur 70-100 cm (carbonatation très faible 0-3 % sur 50 cm au moins, augmentant légèrement entre 70 et 100 cm : 10 à 12 % ; pH compris entre 7 et 7,5);
- neutrocalcicole : limons de débordement de l'Ill dominant sur 30 cm (carbonatation très faible : 0-3 % et pH compris entre 7 et 7,5), sur substrat carbonaté rhénan;
- calcicole : interstratification de sédiments carbonatés rhénans et limons de débordement de l'Ill (carbonatation de 12 %, pH > =7,5) sur substrat carbonaté rhénan pur.

Cependant, ces variations n'apparaissent pas de façon très tranchées car les interstratifications de sédiments d'origine différente permettent tous les intermédiaires.

2.3. Répartition de la synusie printanière de géophytes et hémicryptophytes vernaux

Les formes biologiques des synusies vernales sont essentiellement des géophytes (plantes passant l'hiver sous forme de bulbe, de rhizome ou de tubercule). Elles trouvent dans le sol une protection à la fois contre la chaleur estivale et la sécheresse et contre le froid hivernal. Les géophytes alsaciens ont tous leur centre de gravité en Europe de l'Est et la plupart atteignent dans le fossé rhénan, la limite occidentale de leur aire.

Les géophytes s'intègrent donc dans l'écosystème avant la feuillaison et le développement des espèces estivales. Ils doivent en deux ou trois mois de vie active, développer leur appareil végétatif, se reproduire et accumuler des réserves. Ce sont donc des espèces exigeantes en humidité et en éléments minéraux assimilables. Il résulte que les géophytes renseignent très finement sur les conditions édaphiques.

C'est dans le champ d'inondation de l'ILL (Ried gris) que les géophytes trouvent leur optimum

écologique, grâce aux crues de fin d'hiver et aux textures fines, qui entretiennent une bonne humidité atmosphérique.

Le **tableau n°9** dresse la liste exhaustive des espèces vernales par compartiments. Quelques unes d'entre elles sont quasi exclusives à certains compartiments comme *Adoxa moschatellina* dans le Ried noir, *Anemone ranunculoides*, *Corydalis bulbosa* dans le Ried gris.

Hygrophilie	RIED NOIR A ANMOOR	
	faciès : denses de	*Ranunculus ficaria*
	éparpillés de	*Ranunculus auricomus, Adoxa moschatellina, Arum maculatum*
	RIED NOIR A HYDROMULL	
	faciès : denses de	*Allium ursinum, Cardamine pratensis, Scilla bifolia*
	éparpillés de	*Paris quadrifolia, Arum maculatum, Anemone ranunculoides, Anemone nemorosa, Ranunculus auricomus, Primula elatior, Pulmonaria obscura.*
	RIED GRIS A MULL EUTROPHE	
	faciès : denses de	*Corydalis bulbosa, Allium ursinum, Anemone nemorosa, Ranunculus auricumus, Primula elatior, Pulmonaria obscura, Cardamine pratensis.*
Mésohygrophilie	RIED BRUN-GRIS A MULL EUTROPHE-MESOTROPHE	
	faciès : dense de	*Mercurialis perennis*
	éparpillés de :	*Allium ursinum, Scilla bifolia, Anemone nemorosa, Arum maculatum, Paris quadrifolia, Polygonatum multiflorum, Convallaria majalis, Pulmonaria obscura, Primula elatior, Ranunculus ficaria.*

Tableau n°9 : Répartition des géophytes dans le Ried ellan.

2.4. Corrélation entre texture et inondabilité sur la répartition de six plantes vernales dans la dépression marginale

Dans son étude sur l'écologie et la dynamique des forêts alluviales, A.SCHNITZLER a montré le rôle significatif des textures de la couche superficielle des sols dans la répartition de quelques géophytes et hémicryptophytes vernaux de la dépression marginale. Les résultats de cette étude sont résumés dans le **tableau n°10**.

ESPECE	TEXTURE	AMPLITUDE MOYENNE DE LA NAPPE	DUREE D'INONDATION MAXIMALE	LOCALISATION
Scilla bifolia	L.a.s.	60 à 150 cm	quelques jours à une semaine, 2 à 3 fois par an	surtout dans le Ried gris Nord : optimum dans la chênaie-charmaie à aulne et orme diffus
Allium ursinum	L.s.	60 à 150 cm	quelques jours à une semaine, 2 à 3 fois par an	toute la dépression marginale mais optimum dans le Ried gris Sud, dans le secteur d'épandage des cônes de déjections vosgiens (chênaie-charmaie à aulne et orme diffus, aulnaie à frêne
Corydalis bulbosa	S.l.	1 à 2 m	quelques jours tous les 10 ans	stations denses à la pointe du Ried de l'ILL Nord sur les cordons riverains à sols légers : chênaie-charmaie à aulne et orme
Pulmonaria obscura	A.l.s.	60 cm à 2 m	quelques jours à une semaine, 2 à 3 fois par an	optimum dans le secteur du Ried gris d'ERSTEIN dans la chênaie-charmaie à aulne et orme
Anemone ranunculoides	A.l.s.	60 cm à 2 m	quelques jours à une semaine, 2 à 3 fois par an	pointe Nord et Sud du Ried gris ; optimum dans la chênaie-charmaie à orme et aulne (Ried gris Nord) et aulnaie à frêne et à cardamine des prés (Ried gris Sud)
Cardamine pratensis	A.l.	60 cm à 1 m	1 à 2 semaines, 2 à 3 fois par an	dans tout le Ried gris et noir mais optimum dans le Ried gris Sud (forêt de COLMAR), dans l'aulnaie à frêne et à cardamine des prés

Tableau n°10 : Caractéristiques stationnelles des stations à géophytes dans le Ried ellan.

2.5. Dynamique forestière dans la dépression marginale du Grand Ried ello-rhénan

Les forêts de la dépression marginale de l'ILL présentent une dynamique relativement simple. L'absence de crues "catastrophiques" (type rhénan) explique la grande extension des stades de maturité par rapport aux stades pionniers et post-pionniers, ces derniers étant confinés le long des cours d'eau dans d'anciens chenaux en voie de comblement ou dans des trouées.

La structure des stades terminaux est plus simple, en comparaison avec ce que l'on peut observer par exemple en milieu rhénan, moins riche en strate, en lianes arborescentes.

On observe souvent dans les stades dynamiques, l'intrication du stade pionnier à saules et peupliers et du stade post-pionnier à aulne glutineux, bois puant, frêne, chêne pédonculé... . Si les essences pionnières restent étroitement confinées le long des berges et sur les petites îles inondables des anastomoses de l'ILL, à substrat brut, les essences post-pionnières apparaissent d'emblée dans les milieux neufs à substrat enrichi en colloïdes argilo-humiques comme les chenaux étroits en voie d'exondation qui sillonnent l'ensemble de la dépression marginale. Mais ces essences qui participent aux stades post-pionniers et terminaux (orme lisse, orme champêtre) n'atteignent leur optimum écologique que dans le stade de maturité.

2.5.1. Les stades de recolonisation secondaire (à partir des prés de fauche)

La recolonisation forestière à partir des prés de fauche laissés en friche est un phénomène particulier, différent des recolonisations naturelles.

Elle illustre le caractère divergent et l'évolution de la végétation entre cuvettes (Ried noir) et levées (Ried gris).

Nous reprenons ici l'étude de A. SCHNITZLER - R.CARBIENER - 1985, réalisée dans un complexe de prés humides délaissés depuis 30 ans environ, comportant d'anciens chenaux bordant des terrasses surbaissées (50 cm à 1 m de grandeur maximum de dénivelé). Ils se situent dans la commune de BLAESHEIM sur 10 ha (à 20 km au S.W. de STRASBOURG).

Dans les cuvettes, à sol d'anmoor sur gley, inondables par remontée de nappe en fin d'hiver, la recolonisation ligneuse des prés à molinie bleue est rapide : 7 à 8 ans après l'arrêt de la fauche, les saules (*Salix cinerea, Salix cinerea* x *nigricans*) se répartissent le long des cuvettes au détriment des hautes herbes. Ils se propagent très rapidement grâce à une reproduction végétative (rejets racinaires et caulinaires de type marcottage). Les colonies de saules occupent actuellement la quasi-totalité des cuvettes, formant une fruticée très dense et presque exclusive.

Ils constituent un stade pionnier, âgé de 40 ans, peu propice encore à l'établissement rapide d'une forêt climacique de type aulnaie-frênaie (stade terminal potentiel). Les semences d'aulne, très héliophiles, sont éliminées du sous-bois. Seuls émergent par

endroits des merisiers à grappes, qui lorsqu'ils sont suffisamment développés, font mourir les saules sous leur ombre.

Il faudra attendre la sénescence de ces derniers pour que s'installent les arbres des stades post-pionniers à bouleau verruqueux, tremble, aulne et frêne (ce qui peut prendre plusieurs décennies) et enfin la forêt terminale (*Pruno-Fraxinetum*). Cette saulaie dense pionnière représente une végétation d'origine anthropique. On ne la trouve en milieu naturel qu'en plages isolées.

Il arrive cependant que l'aulne forme de petits peuplements pionniers dans ce type de milieu, cotoyant la saulaie (LHOTE, 1985) - aulne et saule germent en même temps -. Ultérieurement, les aulnes nuisent au développement des saules par l'ombre qu'ils leur portent. Mais l'aulne glutineux semble s'établir difficilement dans certaines mégaphorbiées qui se développent après l'abandon de la fauche en raison de la biomasse importante formée par les mégaphorbiées à *Filipendula ulmaria, Valeriana repens, Cirsium arvense...* qui font obstacle à l'ensemencement (DETHIOUX M., NOIRFALISE A., 1984).

2.5.2. Conditions stationnelles pour l'établissement des saules et des aulnes dans la dépression marginale

⇒ **Les saules :**

Sur les sables siliceux des secteurs dynamiques des anastomoses de l'ILL ou des cônes de déjections des torrents vosgiens, s'installe la fruticée pionnière du *Salicetum triandrae*. Cette association comprend deux saules : *Salix triandra* et *Salix viminalis*. *Salix purpurea*, à plus grande amplitude écologique, indifférent ou substrat, se maintient.

Les stations moins instables portent une saulaie arborescente dominée par *Salix fragilis* mais comprend encore *Salix alba* et l'hybride x *rubens*, ainsi que le peuplier noir. Le *Salicetum fragilis* est inféodé aux îles du lit mineur de l'Ill où il forme des forêts assez denses. Il croît également en bandes étroites le long des berges de la rivière, associé à un manteau du *Salicetum triandrae* riche en saule pourpre.

⇒ **Les aulnes :** *Alnus incana* et *Alnus glutinosa.*

L'aulne blanc : (*Alnus incana*) est une essence calcicole neutrophile péri-alpine, des forêts alluviales montagnardes, limitées en France aux chaînes alpines.

Son extension dans la région rhénane est due au régions hydrologiques de type nivoglaciaire du RHIN, ainsi qu'à la présence de sols carbonatés à texture grossière. Dans la dépression marginale, l'aulne blanc s'intègre à l'aulnaie-frênaie (*Pruno-Fraxinetum*) ; on le trouve également dans le Ried gris, sur les levées inondables

occupées par la chênaie-charmaie alluviale à aulne glutineux (*Alno-Carpinetum*) mais en individus isolés.

L'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) forme des peuplements purs dans les parties les plus hydromorphes et marécageuses de la dépression marginale du grand Ried, où le régime hydrique est peu contrasté, les périodes d'immersion plus longues et les substrats décarbonatés, humifères et riches en complexes argilo-humiques. Mais dans les milieux hydromorphes d'anmoor à gley peu profond (40 à 60 cm), il n'atteint pas son optimum de vitalité.

Dans les chenaux temporaires régulièrement inondés l'hiver par les crues et les remontées de nappe, l'aulne glutineux forme avec le frêne, l'association du *Pruno-Fraxinetum* localisée sur les sols un peu moins hydromorphes à gley plus profond (60 à 100 cm) où l'aulne glutineux atteint son optimum.

Son abondance diminue avec la baisse de l'hygrophilie ; on le retrouve dans la strate arborescente à l'état dispersé sur les levées inondables du Ried gris, dans la chênaie-charmaie à aulne (*Alno-Carpinetum*).

⇒ **Cas des peupliers :**

Sur les sols non carbonatés de la dépression marginale, *Populus alba* ne peut se maintenir sauf dans quelques rares sites nommés "enclaves rhénanes" de la dépression marginale, où des galets glaciaires würmiens carbonatés affleurent superficiellement. *Populus canescens* semble se maintenir sur les sols neutres influencés par le soubassement de graviers calcaires en populations localisées.

En revanche, *Populus tremula* devient dominant surtout dans les secteurs proches des cônes de déjections vosgiens, ainsi que sur les limons de débordement non carbonatés de l'ILL.

VIII. SITUATION ACTUELLE DES FORETS

① Répartition et évolution des surfaces forestières

En 1979, la surface de la plaine de l'ILL était de 18 570 ha pour une superficie territoriale (Bas-Rhin et Haut-Rhin confondus) de 130 550 ha, ce qui correspond à un taux moyen de boisement de 14,2 % (respectivement 12,4 % pour le Bas-Rhin en 1979 et 16,5 % pour le Haut-Rhin en 1978).

Il semble que la superficie boisée soit restée à peu près stable au cours de la dernière décennie : 10 481 ha en 1991 contre 9 630 ha en 1979 pour le département du Haut-Rhin*.

On dénombrait également à cette même période, 1 220 ha de landes (310 ha pour la partie bas-rhinoise).

PLAINE DE L'ILL	Surfaces des formations boisées en ha			Taux de boisement en %
	de production	autres	Total	
partie bas-rhinoise	8 600	340	8 940	12,4
partie haut-rhinoise	9 140	490	9 630 (10 481)**	16,5 (17,99)**
Total ha	17 740	830	18 570	

Tableau n°11: Surface des formations boisées d'après sources I.F.N. 1979

② Répartition des surfaces forestières par type de propriété

Les types de propriétés se divisent en deux groupes :

- les forêts soumises au régime forestier (forêts domaniales et communales) ;
- les forêts non soumis : au régime forestier.

Le **tableau n°12** indique pour chaque type de propriété les surfaces boisées :

PLAINE DE L'ILL	Propriétés soumises ha	Propriétés non soumises ha
partie bas-rhinoise	4 940	3 660
partie haut-rhinoise	5 620	3 520
Total ha	10 560	7 180

Tableau n°12 : Formations boisées de production : surfaces par types de propriétés (source I.F.N. 1979).

* Source I.F.N. 1991 ; les données I.F.N. pour le Bas-Rhin ne sont pas encore disponibles à la parution de la préétude.
** Entre parenthèses, chiffres issus de l'I.F.N. 1991.

③ Les types de peuplement ; surfaces forestières par essence

La majeure partie des peuplements de la plaine de l'Ill sont à l'état de mélange futaie-taillis (75 %).

D'après le **tableau n°13**, nous pouvons remarquer la grande place qu'occupe en superficie le chêne pédonculé*** .

TYPE DE PEUPLEMENT		FORETS SOUMISES HA	FORETS NON SOUMISES HA
Futaie régulière	chêne pédonculé	270	200
	chêne sessile	40	-
	hêtre	170	-
	charme	210	-
	autres feuillus	670	400
	pin sylvestre	80	50
	autres conifères	50	40
Total des futaies		1.490	730
Mélange futaie-taillis	chêne pédonculé	3.920	2.130
	chêne sessile	730	270
	charme	490	130
	robinier	-	330
	autres feuillus	2.700	2.230
Total des futaies-taillis		7.840	5.090
Taillis simple	chêne pédonculé	80	-
	charme	190	110
	robinier	340	100
	chêne sessile	-	40
	autres feuillus	550	1.110
Total des taillis simples		1.160	1.720
TOTAL		10.490	7.540

Tableau n°13 : Formations boisées de production : surface par essence prépondérante.

Les "peuplements morcelés feuillus" constituent l'essentiel du reste de la surface boisée. Ils sont soit dispersés au milieu des terrains agricoles, les parcelles qui les portent ayant une surface généralement inférieure à 0,5 ha, soit en massifs d'une certaine importance lorsqu'il y a juxtaposition de ces petites parcelles.

Ils sont constitués de chêne pédonculé, frêne, robinier, aulne, peuplier.

On rencontre enfin, marginalement, des peuplements hétéroclites sous forme de franges boisées le long des cours d'eau. Ce sont essentiellement des forêts privées.

*** L'aulne et le frêne n'apparaissent pas figurés ici. Cependant, ils constituent en surface, l'essentiel de la rubrique "autres feuillus".

IX. CONCLUSION : REALISATION DU CATALOGUE

La préétude constitue l'étape préalable à la réalisation d'une typologie des types de stations forestières de la plaine de l'ILL. Le type de station forestière est une unité descriptive du tapis végétal incluant non seulement la végétation mais aussi les caractères stationnels du milieu.

Cette unité est un concept abstrait qui se dégage de la comparaison d'un ensemble de stations décrites chacune par un **relevé phytoécologique** et possédant en commun les mêmes caractéristiques floristico-écologiques et les mêmes potentialités pour une essence donnée (productivité, qualité du bois...).

L'ensemble des données recueillies lors de la préétude doit nous permettre d'optimaliser la phase de prise de relevés en facilitant la préparation du plan d'échantillonnage.

① Constitution du plan d'échantillonnage

L'échantillonnage est une phase essentielle de l'étude car de lui dépend l'appréciation de la diversité stationnelle de la région.

L'étude monographique préalable a permis de mettre en évidence les facteurs écologiques à l'origine de la diversité de la végétation forestière et de la végétation associée de substitution. Le plan d'échantillonnage s'appuie logiquement sur ces résultats.

Ces facteurs écologiques sont, par ordre d'importance :

A. La nappe phréatique

Par son fonctionnement, son amplitude, elle permet d'expliquer la répartition des grandes unités de végétation (associations); voir **figure n°12 et 13**.

B. L'origine et la texture des sédiments

C. Les types de sol

en étroite relation avec la dynamique de la nappe phréatique et la texture des sédiments.

D. Le macroclimat régional

joue sur la présence d'un certain nombre d'éléments de flore distincts (cortège floristique).

L'association de ces différents facteurs écologiques aboutit à l'individualisation de compartiments géomorphologiques (R. CARBIENER, 1969); voir **tableau n°14**.

Chaque compartiment constitue une petite région naturelle qu'il convient d'échantillonner.

② L'échantillonnage

Il est matérialisé sur les cartes topographiques (1/25.000ème) par :

- un réseau de "microtransects",
- un zonage préalable à mailles plus ou moins larges : maillage systématique.

	W _____ dépression marginale _____ E			
COMPARTIMENTS DU GRAND RIED ELLO-RHENAN	cônes de déjection vosgiens	Ried Gris : champ d'inondation de l'ILL	Ried Noir : dépression hydromorphe centrale	Ried Brun-Gris : terrasse würmienne polyremaniée
PERIODICITE DES CRUES	décennale pour les rivières vosgiennes	annuelles (hiver et printemps)	annuelles (hiver et printemps) uniquement par remontée de la nappe	décenniale à centenaire pour l'ILL (périodes de crue exceptionnelle)
AMPLITUDE ANNUELLE DE LA NAPPE	1 m à 2 m	1 m à 1,5 m	quelques décimètres	1 m à 1,5 m
NIVEAU MOYEN / AN DE LA NAPPE SOUS LA SURFACE DU SOL	> 2 m	1,5 m	0,5 m	1,5 m
ORIGINE DES SEDIMENTS	mixte : vosgeso-ellane	mixte : ello-rhénane - sédiments alpins en sous-bassement, sédiments de l'ILL en surface		
TEXTURE DES SEDIMENTS	limono-sablo-argileux en surface	argilo-limono-sableux en surface graviers à 1-2 m	argilo-limoneux à argileux en surface graviers à moins d'1 m	limono-sableux mêlé de graviers (30 à 60 %) dès la surface
FORME D'HUMUS	mull eutrophe mull mésotrophe (mull acide)	mull à hydromull eutrophe	anmoor neutre à basique	mull eutrophe à mésotrophe
TYPES DE SOL	sol brun eutrophe sol brun mésotrophe sol brun acide sol brun lessivé	sols bruns alluviaux à pseudogley ou gley oxydé profond	sols alluviaux hydromorphes à anmoor sur gley ou tourbe, eutrophes à carbonatés	sols bruns alluviaux eutrophes à mésotrophes

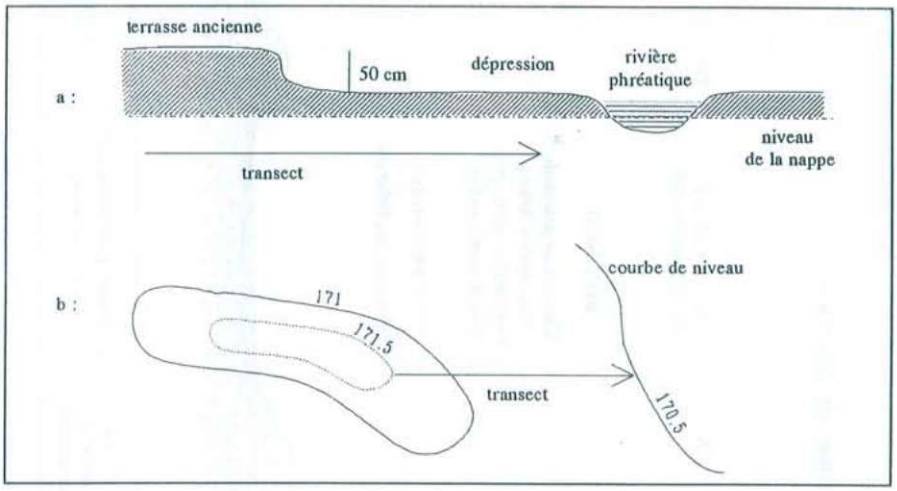
Tableau n°14 : Paramètres écologiques principaux des compartiments du grand Ried ello-rhénan

(d'après A. SCHNITZLER, 1988.- modifié)

Figure n°12 : Distribution spatiale des associations du Grand Ried ello-rhénan

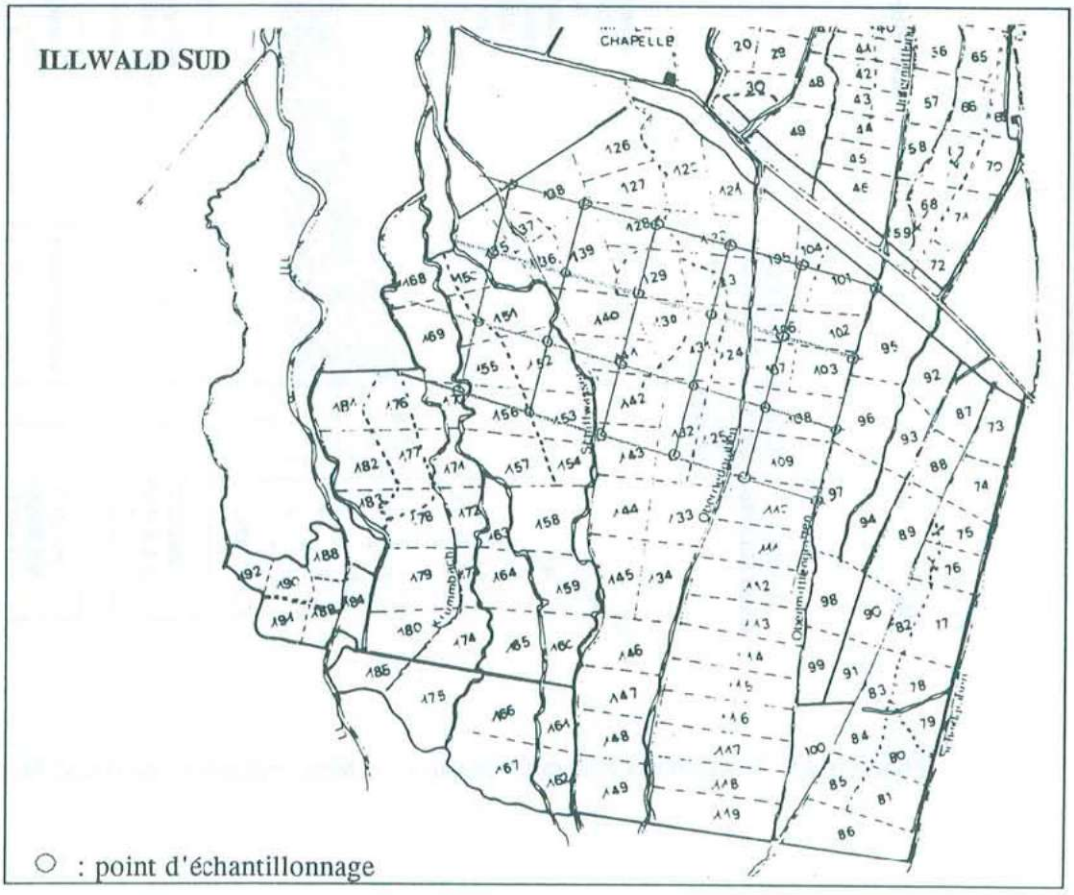
Figure n°13 : Situation des principaux géophytes et hémicryptophytes du Grand Ried ello-rhénan

Dans la pratique, en plaine alluviale, le microtransect n'excède pas 200 à 300 m de longueur. Il suit le modelé topographique, allant d'une zone microtopographiquement élevée vers une zone dépressionnaire.



De sorte, il est plus à même de recouper les différents éléments de la diversité écologique de la région (pédologie, formations végétales...).

Le maillage systématique est utilisé lorsque la zone d'échantillonnage paraît relativement homogène du point de vue de la diversité écologique. Le taux d'échantillonnage par hectare est alors laissé à l'appréciation de l'utilisateur.



③ Collecte des données sur le terrain

Les relevés phytoécologiques sont effectués

- par cheminement sur les microtransects à chaque fois que la végétation ou les conditions stationnelles varient,
- sur les points d'intersection des mailles.

La surface d'étude doit être floristiquement homogène et correspondre à l'aire minimale nécessaire pour contenir la quasi-totalité des espèces présentes sur la surface de végétation homogène considérée (GUINOCHET, 1973). Cette aire est estimée en milieu forestier à 400 m² environ.

Le relevé prend en compte tous les caractères descriptifs du milieu :

- situation topographique,
- nature du substrat,
- pédologie...

La végétation fait l'objet d'un inventaire complet par strate où chaque espèce se voit affectée d'un coefficient d'abondance-dominance et de sociabilité.

A titre indicatif, nous proposons de réaliser 400 relevés phytoécologiques, répartis comme suit :

- 80 relevés dans les cônes de déjection vosgiens (hors NONNENBRUCH),
- 80 relevés dans le Ried Gris,
- 20 relevés dans le Ried Brun-Gris,
- 120 relevés dans le Ried Noir,
- 100 relevés dans le NONNENBRUCH.

④ Exploitation des données

Les relevés phytoécologiques sont dans un premier temps triés et regroupés selon leurs affinités floristiques.

La végétation intègre en effet une majeure partie des facteurs écologiques du milieu :

- une grande partie par la simple liste des espèces présentes,
- mais aussi dans une certaine mesure par l'abondance-dominance des espèces et par leur vitalité,
- et également par le résultat du fonctionnement de l'écosystème forestier traduit en particulier par la hauteur dominante du peuplement.

⑤ Prise en compte des données stationnelles

Chaque unité regroupe un nombre variable de relevés. Les conditions stationnelles notées pour chacun des relevés d'une unité sont alors analysées pour juger de leur homogénéité et définir des **unités stationnelles**.

L'analyse fine de l'amplitude de variation des facteurs écologiques peut conduire à l'individualisation d'une ou plusieurs unités stationnelles possédant alors des conditions stationnelles globalement semblables pour les potentialités forestières.

Le plus souvent, chaque unité floristique correspond à une seule unité stationnelle. Mais nous serons certainement obligé de distinguer, pour un même cortège floristique, plusieurs types de stations, compte-tenu des variations du sol corrélées avec la dynamique de la nappe phréatique, variations induisant des fertilités assez différentes pour les stations correspondantes.

Dans le cadre de conditions écologiques homogènes, des liens dynamiques sont établis entre les différents groupements végétaux caractérisant ces unités stationnelles : leur réunion aboutit au **type de station**.

La **figure n°14** résume la méthode générale qui conduit à la caractérisation des types de stations.

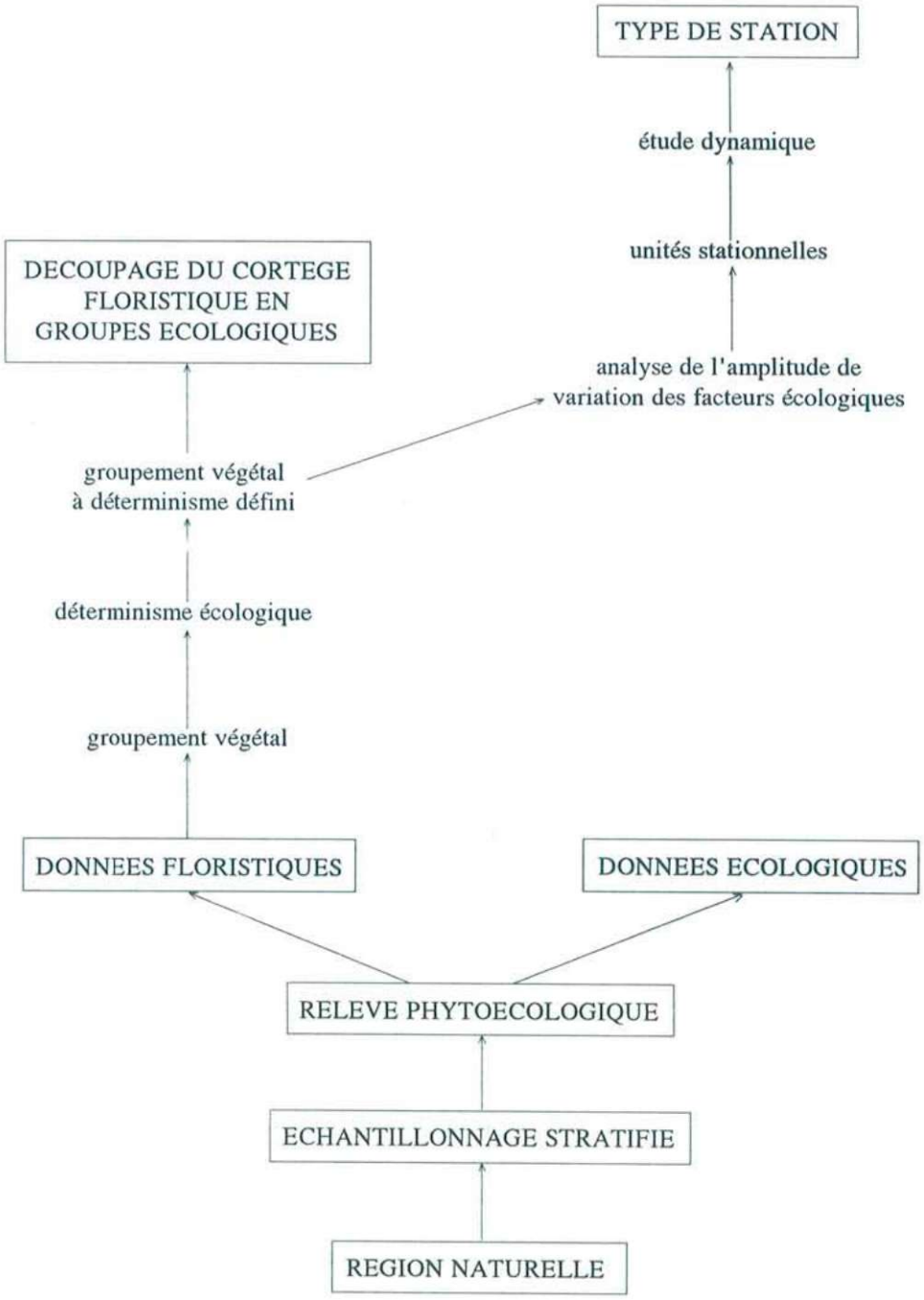


Figure n°14 : Démarche utilisée en typologie forestière

BIBLIOGRAPHIE

BEEKMAN (F.), 1984.- La dynamique d'une forêt alluviale rhénane et le rôle des lianes.- Colloques phytosociologiques, les forêts alluviales.- Strasbourg, 1980, IX. p. 475-501.

BENKRID (K.), 1975.- Etude hydrodynamique de la nappe phréatique rhénane. Secteur Mulhouse-Colmar-Sélestat.- Diplôme d'Ing. des techniques de l'Equipement rural.

CARBIENER (R.), 1969.- Le Ried Centre Alsace.- Bull. Soc. Ind. Mulhouse., 1, p. 15-44.

CARBIENER (R.), 1983.- Le Grand Ried central d'Alsace : écologie et évolution d'une zone humide d'origine fluviale rhénane.- Bull. Ecol., 14 (4), p. 259-277.

CARBIENER (R.), MADESCLAIRE (A.), SCHNITZLER (A.), SICARD (B.), 1990.- Catalogue des stations forestières du Ried ello-rhénan.- C.R.P.F. Alsace-Lorraine, Strasbourg.

CARBIENER (R.), SCHNITZLER (A.), 1985.- Etude de deux séries de reforestation dans une mosaïque stationnelle du Bruch de l'Andlau Nord.- Bull. Assoc. Phil. Als-Lorr., 21, p. 81-110.

CLOOTS, HIRSCH, 1987.- Echanges nappes-rivières et genèse des inondations dans le Ried central de l'Ill. Premiers résultats.- Colloque national Comis. Hydrologie continentale "crues et inondations"., Strasbourg, p. 47-60.

COURTOT (C.), GANNAT (E.), WENDLING (E.), 1972.- Le bassin potassique de Mulhouse et ses environs. Etude du Tertiaire.- Sci. Géol., Bull. 25, 2-3, p. 69-91, Strasbourg.

CUILLIER (B.), MERIAUX (P.), 1980.- Définition de stations forestières du Centre de Mulhouse de l'O.N.F. . Mémoire de stage de 3ème année de l'E.N.I.T.E.F. . Doc offset 130 p. + catalogue simplifié : doc offset 44 p. + tableau et deux cartes.

DELPON (T.) et al, 1956.- Notice explicative de la carte géologique et agronomique du Haut-Rhin au 1/100.000ème.- SCGAL - Colmar.

DUCHAUFOUR (P.), 1977.- Précis de pédologie.- Masson, Paris.

DUPRAT (A.), SIMPLER (L.), Valentin (J.), 1979.- La nappe phréatique de la plaine du Rhin en Alsace.- Thèse collective, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 265 p. .

FAUCHE (S.), 1991.- Contribution à l'étude des stations forestières de la région du Nonnenbruch.- Mémoire de certificat de typologie.- O.N.F. Guebwiller, 76 p.

HOFF (M.), 1976.- Dynamique de la végétation alluviale au bord des rivières vosgiennes en plaine d'Alsace.- Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar., 56ième vol., 1975-1977, p. 61-90.

I.F.N., 1978.- Département du Haut-Rhin. Résultats de l'inventaire forestier., 1-2.

I.F.N., 1979.- Département du Bas-Rhin. Résultats de l'inventaire forestier., 1-2.

I.F.N., 1990.- Département du Haut-Rhin. Résultats de l'inventaire forestier (à paraître).

ISSLER (E.), 1922-1929.- Les associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante.- Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar, 17.

ISSLER (E.), 1965.- Flore d'Alsace.- Société d'étude de la Flore d'Alsace., Strasbourg, 637 p.

METTAUER (H.), 1986.- Atlas des sols d'Alsace.- I.N.R.A., Station d'Agronomie., Colmar.

O.N.F., 1988.- Orientations locales d'aménagement, plaine de l'Ill.- Colmar, 34 p. .

OLLAGNON (H.), 1979.- Propositions pour une gestion patrimoniale des eaux souterraines : l'expérience de la nappe phréatique d'Alsace.- Bull. Inter. Ratio. Cho. Budg., 36, p. 33-73.

PAUL (P.), 1983.- Climats d'Alsace. Encyclopédie d'Alsace.- 3, p. 1769-1777.

RASTETTER (V.), 1976.- La forêt en Alsace et plus spécialement dans le Haut-Rhin.- Bull. Soc. Ind. Mulhouse, 765, p. 61-70.

SCHNITZLER (A.), 1988.- Typologie phytosociologique, écologie et dynamique des forêts alluviales du complexe géomorphologique ello-rhénan (plaine centrale d'Alsace).- Thèse de doctorat d'état., Université Louis Pasteur, Strasbourg, 485 p.

SCHNITZLER (A.), CARBIENER (R.), 1982.- La forêt d'Ichtratzheim : exemple d'une forêt de l'Ill.- Bull. Assoc. Phil. Alsace-Lorraine, 19, p. 107-171.

SOCIETE INDUSTIELLE DE MULHOUSE, 1976.- La forêt en Alsace.- Bull. Soc. Ind. Mulhouse., 4 (765), 242 p.

SOCIETE INDUSTIELLE DE MULHOUSE, 1984.- Sites protégés d'Alsace.- Bull. Soc. Ind. Mulhouse., 4 (795), 208 p.

SOCIETE INDUSTIELLE DE MULHOUSE, 1986.- Le patrimonoine floral de Haute-Alsace.- Bull. Soc. Ind. Mulhouse., 1 (800), 116 p.

SOCIETE INDUSTIELLE DE MULHOUSE, 1989.- Nos Rieds demain.- Bull. Soc. Ind. Mulhouse., 2 (813), 260 p.

TIMBAL (J.), 1978.- Carte de la végétation de la France au 1/200.000ème, carte de l'Alsace.- C.N.R.S., Paris.

TIMBAL (J.), 1985.- Types forestiers d'Alsace.- I.N.R.A., Département des recherches forestières, O.N.F. .

VOGT (H.), 1978.- Agencement des unités géomorphologiques entre le Rhin et les Vosges, à la hauteur de Strasbourg.- Rev. Géog., 7, p. 3-16.

VON ELLER (J.-P.), 1984.- Vosges-Alsace.- Coll. Guides Géologiques Régionaux., Masson., Paris, 182 p.

WALTER (J.-M.), 1976.-Arbres et forêts alluviales du Rhin.- Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar., 55, p. 37-88.

Références cartographiques :

Géologie :	Carte au 1/50.000ème	Strasbourg Molsheim Sélestat Colmar Benfeld Neuf-Brisach Thann Mulhouse
Topographie :	Carte au 1/50.000ème	Strasbourg Molsheim Sélestat Colmar Benfeld Neuf-Brisach Thann Mulhouse

CARTE DE LA SALURE, 1977.- Groupe de travail nappe phréatique rhénane.- AS. Parl. NRP., 5 (28), Strasbourg.

CARTE DEPARTEMENTALE DES TERRES AGRICOLES.- Colmar-Artolsheim, 1/50.000ème.- Ministère de l'Agriculture, DDAF (67-68)., 1984.

Document financé par la Région Alsace, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
et l'Office National des Forêts d'Alsace

Conseil Régional Alsace

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL

Direction Régionale Alsace

Office National des Forêts

Document réalisé par l'Office National des Forêts - Direction Régionale d'Alsace - Section d'appui Technique
Cité administrative 2, rue de l'Hôpital Militaire 67084 STRASBOURG CEDEX (88 76 76 47)