

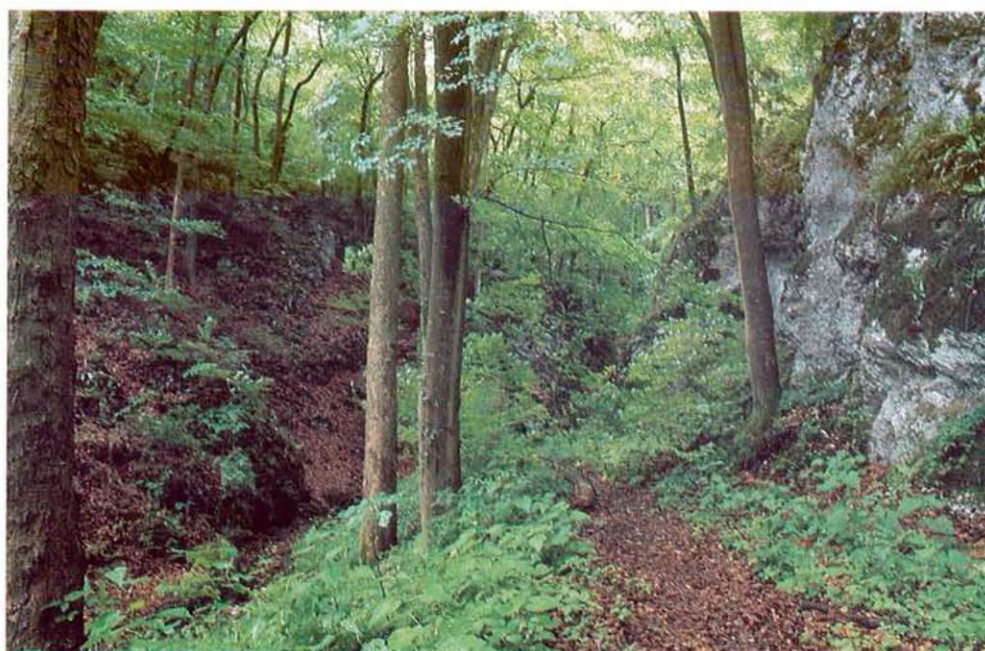


Cellule d'Application en Ecologie
Université de Bourgogne

PRÉÉTUDE EN VUE D'UNE TYPOLOGIE DES STATIONS FORESTIÈRES

DU
JURA ALSACIEN

ENGREF
Centre de Nancy
Ecologie Forestière



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
Centre de Nancy
Ecologie Forestière

PREETUDE
EN VUE D'UNE TYPOLOGIE
DES STATIONS FORESTIERES
DU JURA ALSACIEN (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)

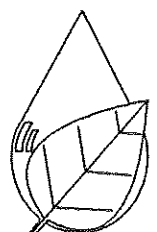
Maquette - Dactylographie : G. MENY
(Cellule d'Application en Ecologie)

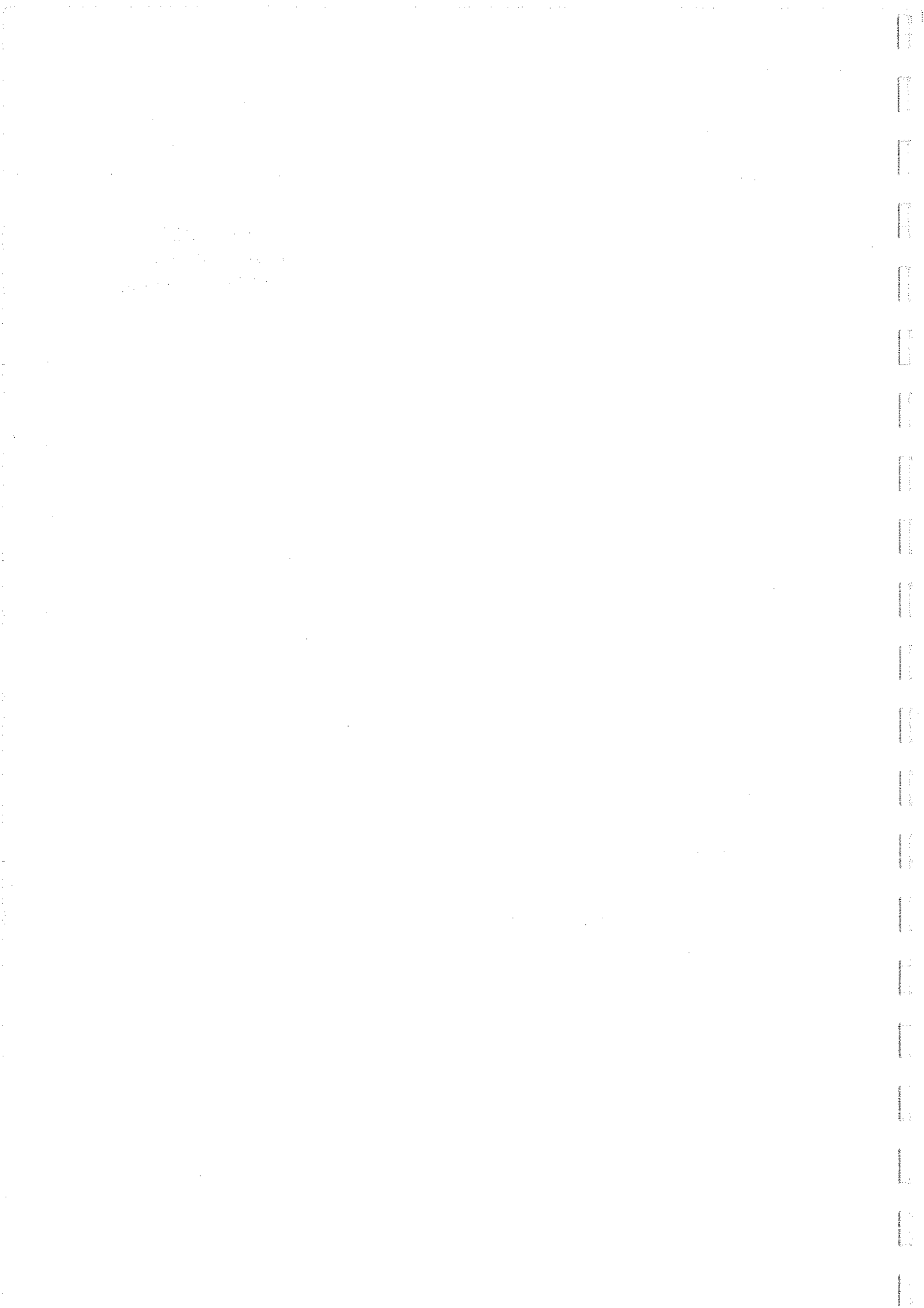
Avec la participation financière du
CONSEIL REGIONAL ALSACE

35, Avenue de la Paix
67000 STRASBOURG

CELLULE D'APPLICATION EN ECOLOGIE

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





AVANT-PROPOS

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.

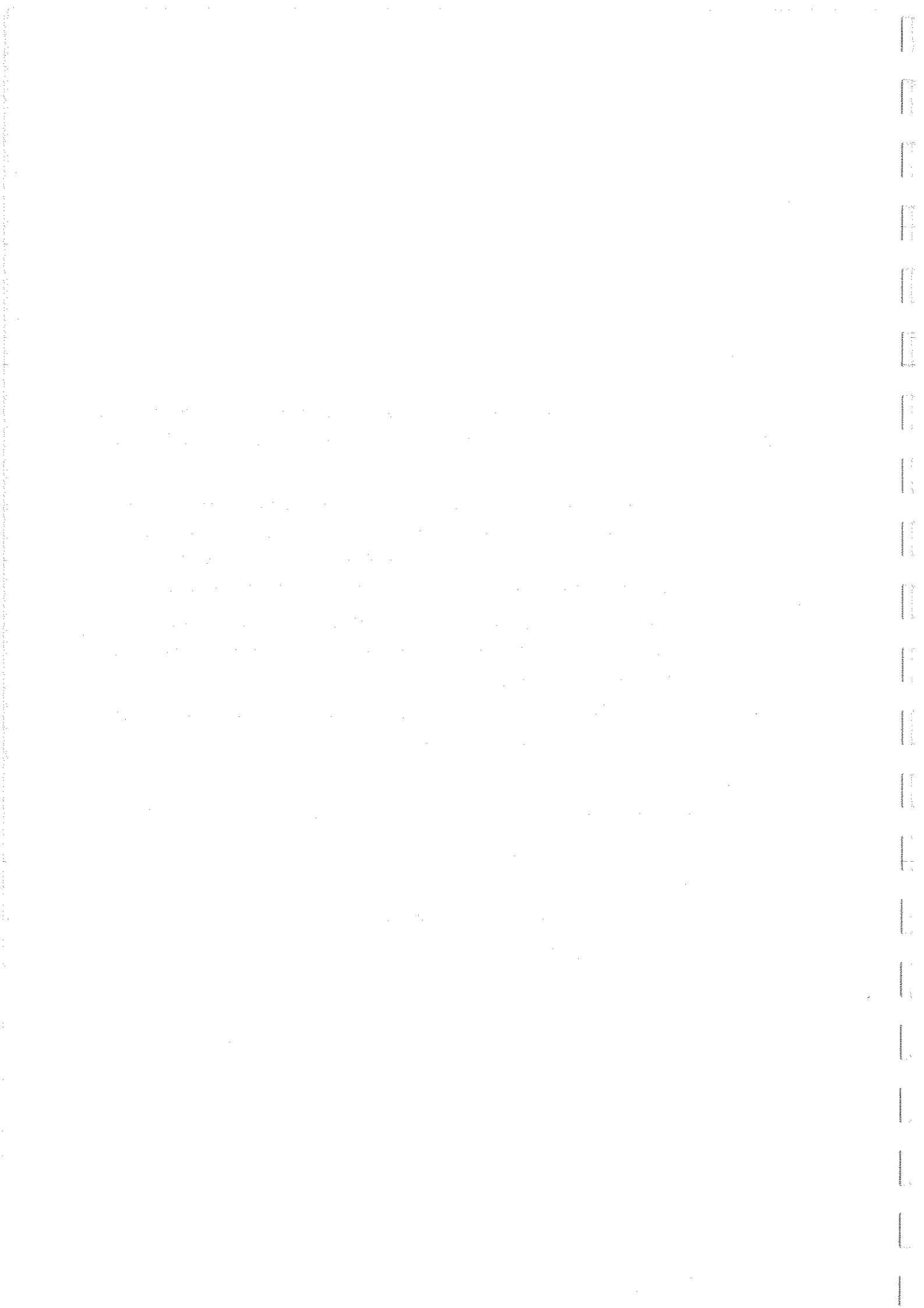
Sous l'impulsion de l'OFFICE NATIONAL DES FORETS (Direction Régionale Alsace), du CENTRE REGIONAL DE LA PROPRIETE FORESTIERE de Lorraine-Alsace, de la DIRECTION REGIONALE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET, avec le concours financier de la REGION ALSACE, a été envisagée l'élaboration d'un catalogue des types de stations forestières sur le Jura Alsacien.

Le présent ouvrage se veut une synthèse bibliographique de divers travaux réalisés à ce jour sur la région forestière du Jura alsacien. Ces travaux abordent différents domaines : climatologie, géologie, pédologie, flore et végétation...

Rappelons que la préétude reste en matière de typologie forestière, la première étape nécessaire à l'élaboration du catalogue de types de stations forestières.

Elle doit permettre :

- une meilleure appréciation de l'homogénéité de la région (délimitation précise de la région),
- l'individualisation de sous-régions éventuelles et des principales strates du plan d'échantillonnage,
- la mise en évidence des problèmes forestiers spécifiques,
- la réalisation d'un plan d'échantillonnage préparatoire à la phase de terrain.



SOMMAIRE

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE..... 1

- ① Dans la chaîne jurassienne..... 1
 - ② En Alsace 1
-

II. TOPOGRAPHIE 4

III. CLIMATOLOGIE 4

- ① Les températures 4
 - 1.1. Les paramètres thermiques 6
 - 1.2. Influences du relief sur les paramètres thermiques 6
 - ② Les précipitations 7
 - 2.1. Les précipitations moyennes annuelles 7
 - 2.2. Répartition mensuelle des précipitations : régime pluviométrique 7
 - 2.3. Les précipitations nivéales 9
 - ③ Les vents 9
 - ④ Conclusion 9
-

IV. GEOLOGIE 11

- ① Structure générale..... 11
- ② Stratigraphie 11
- ③ Description structurale 17
 - 3.1. Les plis du Jura alsacien..... 17
 - 3.2. Histoire géologique 17



V. PEDOLOGIE	18
① Processus de formation et morphologie des sols : notion d'horizon.....	18
1.1. Altération physico-chimique des roches carbonatées	19
1.2. Evolution de la matière organique issue de la litière végétale.....	19
1.3. Les transports d'éléments.....	23
② Les principaux types de sol rencontrés ou susceptibles d'être rencontrés dans la région d'étude	25
2.1. Les sols calcimagnésiques	25
2.2. Sols évolués, brunifiés ou lessivés	29
③ Facteurs écologiques et pédogenèse	30
3.1. Facteurs bioclimatiques généraux	30
3.2. Facteurs stationnels	30
④ Le sol et la fertilité forestière.....	33
4.1. Influence des propriétés chimiques du sol sur la fertilité forestière	33
4.2. Influence du pédoclimat sur la fertilité forestière	34
VI. FLORE ET VEGETATION : ANALYSE ECOLOGIQUE.....	35
① Eléments de flore : caractères phytogéographiques	37
② La végétation.....	39
2.1 Variations édaphiques	40
2.2. Variations mésoclimatiques.....	42
2.3. Les unités phytogéographiques du massif	42
2.4. Dynamique de la végétation	44
2.5. Les unités phytoécologiques du Jura alsacien.....	46
VII. SITUATION ACTUELLE DE LA FORET	48
① Répartition des surfaces	48
② Répartition des types de propriétés.....	48
2.1. Les forêts soumises au régime forestier	48
2.2. Composition des peuplements forestiers.....	49
2.3. Surface des boisements - reboisements et conversions de feuillus.....	49
VIII. CONCLUSION.....	50
① Etape analytique	50
1.1. Constitution d'un plan d'échantillonnage	50
1.2. Stratification des facteurs écologiques	51
1.3. Collecte des données sur le terrain	52
② Etape synthétique.....	53
2.1. Analyse des données floristiques	53
2.2. Prise en compte des données stationnelles	53
2.3. Prise en compte de la dynamique de la végétation.....	54

BIBLIOGRAPHIE	53
---------------------	----

CARTES

Carte n°1 : Les grands ensembles structuraux du Jura	2
Carte n°2 : Régions forestières du Haut-Rhin	3
Carte n°3 : Schéma structural du Jura Alsacien	4
Carte n°4 : Isohyètes pour le Haut-Rhin.....	8
Carte n°5 : Direction des vents	10
Carte n°6 : Esquisse géologique simplifiée	12

TABLEAUX

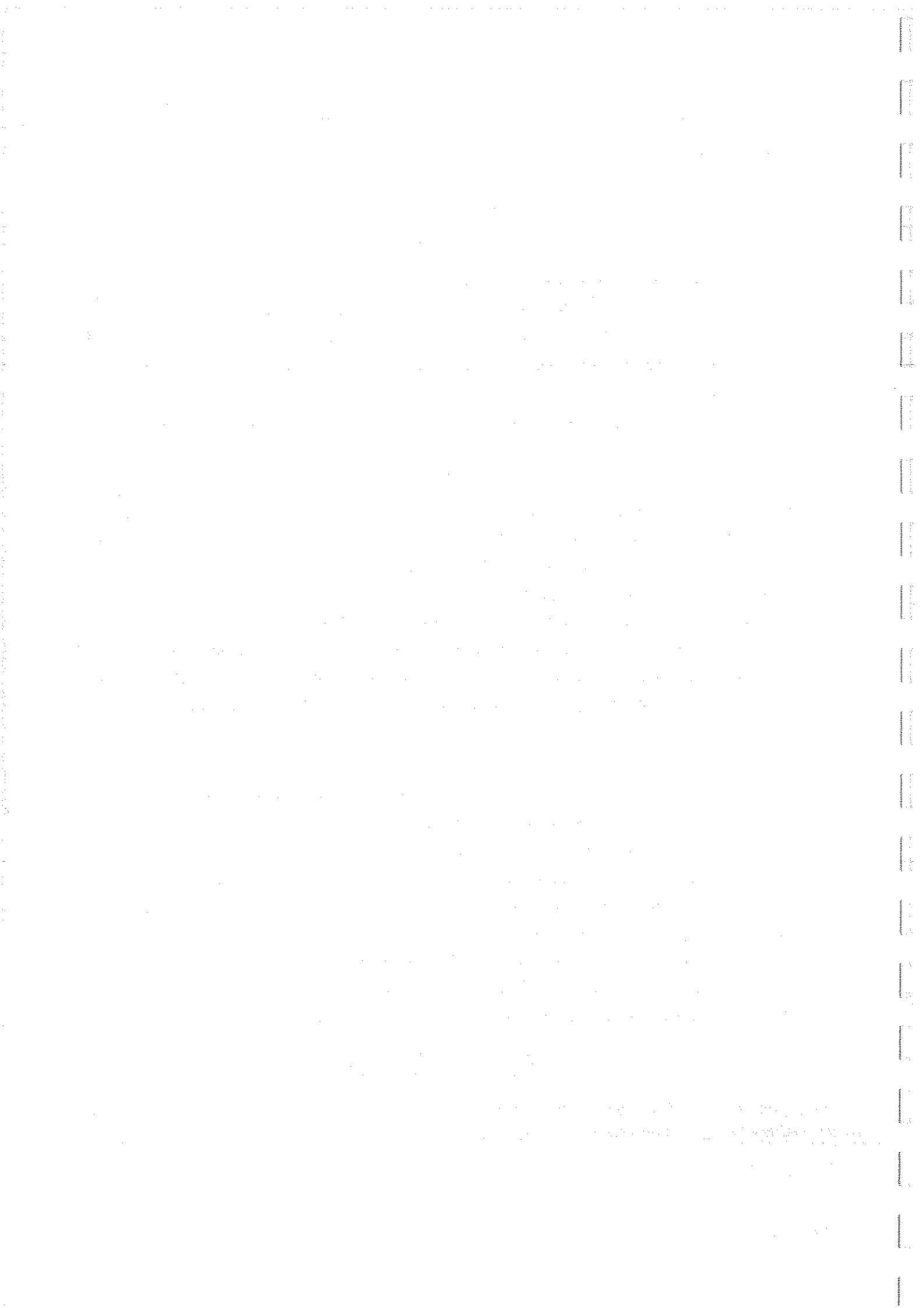
Tableau n°1 : Températures moyennes maximales et minimales mensuelles exprimées en °C	6
Tableau n°2 : Série stratigraphique du Jura Alsacien.....	14, 15
Tableau n°3 : Log stratigraphique du Jura Alsacien	16
Tableau n°4 : Typologie morphologique des humus.....	21
Tableau n°5 : Typologie des formes d'humus forestiers en conditions d'aérobie.....	23
Tableau n°6 : Formation boisée de production, surface par essence prépondérante et type de propriété.....	49
Tableau n°7 : Surfaces de boisements, reboisements et conversions de feuillus par types de propriété	49
Tableau n°8 : Surfaces de boisements et reboisements par essences et classe d'âge	50

FIGURES

Figure n°1 : Principaux types de sol rencontrés ou susceptibles d'être rencontrés dans la région d'étude. 27, 28	
Figure n°2 : Influence du lessivage oblique sur l'évolution des sols.....	32
Figure n°3 : Conformation des versants	33
Figure n°4 : Chaînes de sols sur roche-mère calcaire	34
Figure n°5 : Climax climatiques du Jura Alsacien	39
Figure n°6 : Diagramme combinant les gradients trophique et hydrique de répartition des espèces	41
Figure n°7 : Variations mésoclimatiques en fonction de la topographie.....	42
Figure n°8 : Ontogenèse du climax	46
Figure n°9 : Etagement bioclimatique de la végétation	51

SCHEMAS ET DIAGRAMMES

Schéma n°1 : Démarche utilisée en typologie forestière	55
Diagramme n°1 : Répartition mensuelle des précipitations	7



I. SITUATION GEOGRAPHIQUE

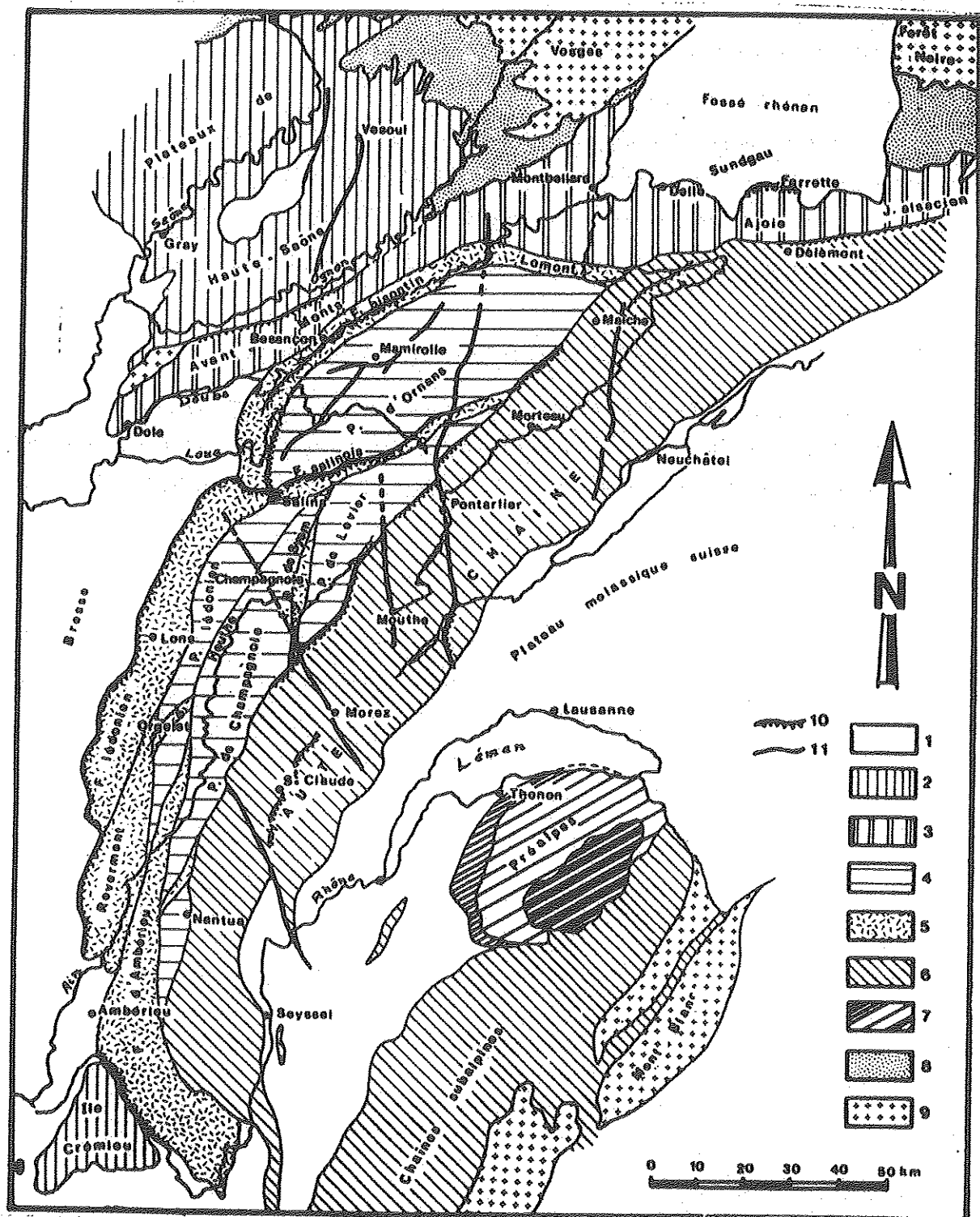
① Dans la chaîne jurassienne (voir carte n° 1).

Située à l'Est de la France, englobant l'ensemble de la Franche-Comté, mais débordant aussi sur ses voisins, suisses à l'Est, bugistes et savoyards au Sud, alsaciens au Nord, la chaîne du Jura s'allonge sur un arc montagneux tourné vers le Nord-Ouest, qui s'étend de la Forêt Noire aux Alpes qu'elle jouxte au niveau de la Savoie et du Dauphiné.

Le Jura alsacien ou Jura de Ferrette constitue l'extrémité septentrionale du Jura franco-suisse.

② En Alsace (voir carte n° 2, d'après l'Inventaire Forestier National).

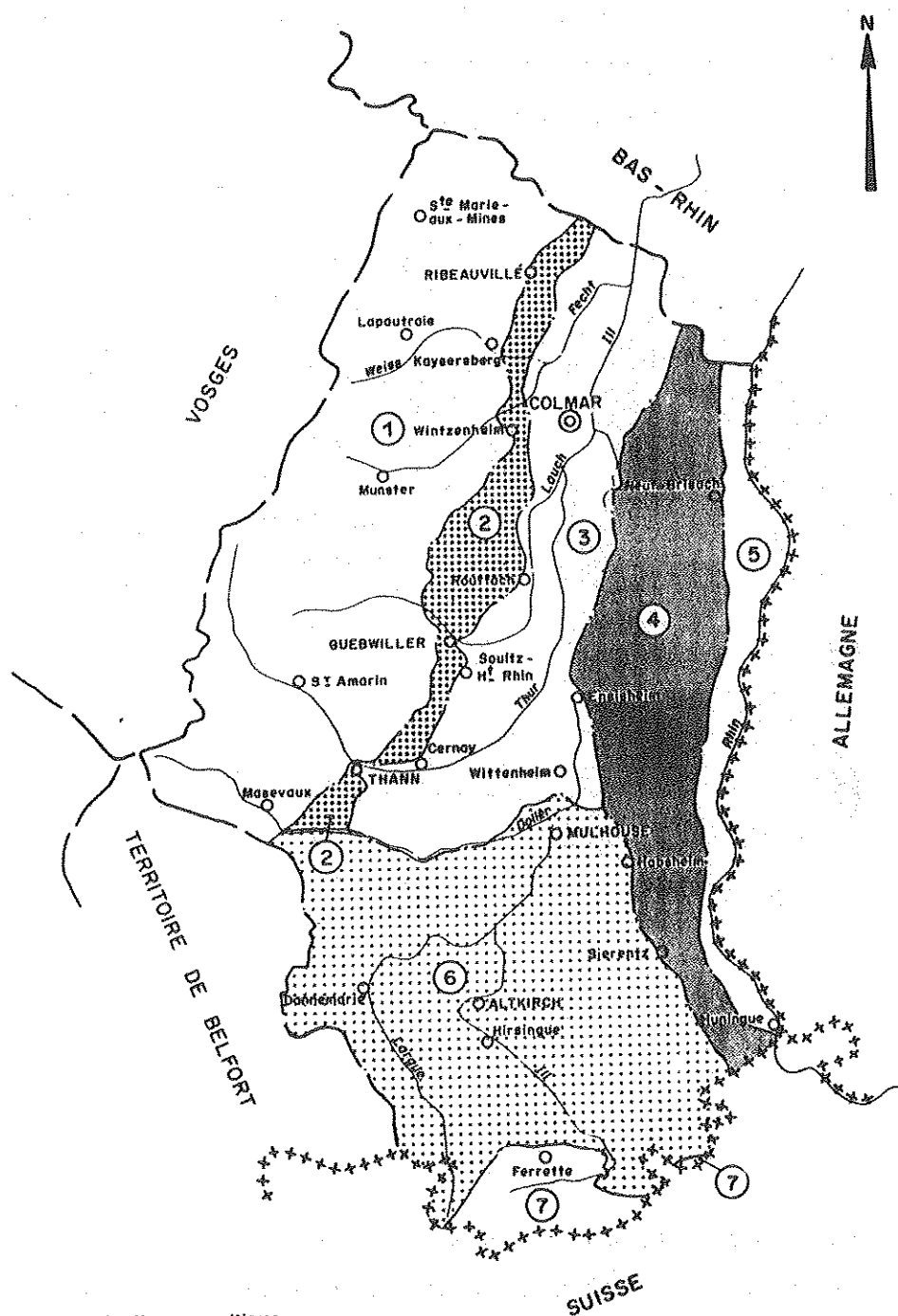
Le Jura alsacien est situé dans le département du Haut-Rhin. Il limite au Sud ce département avec la Suisse. Il comprend les contreforts septentrionaux des monts du Jura jusqu'aux collines du Sundgau. A l'Est, il s'étend jusqu'à la trouée de BALE, à l'Ouest jusqu'à la trouée de BELFORT.



Carte n°1 : Les grands ensembles structuraux du Jura

1. Dépressions tertiaires et quaternaires. - 2. Plateaux de Haute-Saône et île Crémieu. - 3. Avant-Monts et collines préjurassiennes. - 4. Plateaux du Jura externe. - 5. Faisceaux plissés. - 6. Haute-Chaine et chaînes subalpines. - 7. Préalpes. - 8. Dépressions structurales triasiques. - 9. Massifs cristallins. - 10. Chevauchements. - 11. Failles

RÉGIONS FORESTIÈRES DU HAUT - RHIN



- 1 - Vosges granitiques
- 2 - Collines sous-vosgiennes
- 3 - Plaine de l'Ill
- 4 - Hardt
- 5 - Vallée du Rhin
- 6 - Sundgau
- 7 - Jura alsacien

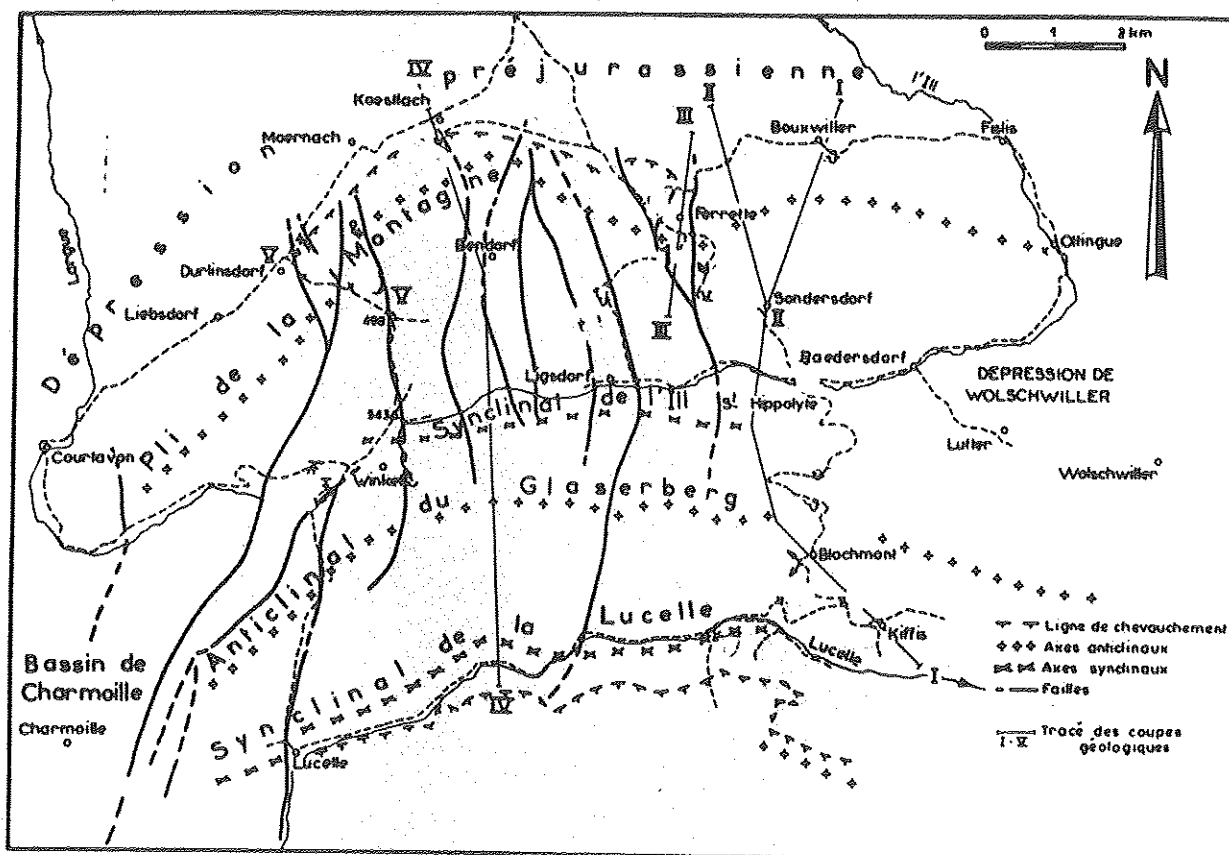
Échelle : 1/800000

Carte n°2 : Régions forestières du Haut-Rhin

II. TOPOGRAPHIE (voir carte n° 3)

Le Jura de Ferrette occupe deux chaînons anticlinaux sensiblement parallèles d'orientation Est-Ouest, séparés par le cours supérieur de l'III. Deux rivières sillonnent les deux synclinaux de Wolschwiller et de Kiffis, respectivement l'III et la Lucelle.

L'altitude du Jura alsacien s'échelonne entre 400 et 811 mètres.



Carte n°3 : Schéma structural du Jura alsacien

III. CLIMATOLOGIE

L'exposition générale nord-sud et l'altitude relativement élevée (600 m en moyenne) des chaînes du Jura de Ferrette, donne au climat régional un caractère rude et contrasté, typique de moyenne montagne, caractérisé par des températures faibles tout au long de l'année et des précipitations abondantes.

① Les températures

A l'échelle de la région, les climats de montagne doivent être analysés comme résultant de deux facteurs : l'altitude et le relief (pente et exposition).

☐ L'altitude :

Les effets de l'altitude sont multiples :

- diminution de la pression atmosphérique,
- augmentation de l'acuité des radiations solaires,
- abaissement de la température.

Les études faites sur les variations de la température en montagne avec l'altitude reposent toutes sur la notion de gradient moyen ⁽¹⁾ . Pour l'ensemble de la France, ce gradient moyen est de l'ordre de 0,55 (la température chute de 1°C chaque fois que l'on s'élève de 182 m).

Par ailleurs, ce gradient subit des variations saisonnières; il est plus faible l'hiver que l'été. Les plus forts gradients s'observent en fin de printemps, lorsque la couverture de neige refroidit encore les sommets.

Cette variation de température en fonction de l'altitude suscite une variation de la période végétative. Cette période est définie par la persistance de températures moyennes diverses au-dessus d'un seuil donné de température : +6°C (ce seuil variant selon les espèces : +4,1°C pour l'Epicéa, +5,2°C pour le Sapin pectiné). La durée de la période végétative tend à diminuer à mesure que l'on s'élève en altitude : la faible productivité des peuplements forestiers de haute altitude traduit ce phénomène... .

Cependant, le facteur altitudinal à lui seul n'explique pas la variation verticale de température (mis en relief par le gradient moyen) : il faut tenir compte également de la topographie.

☐ Le relief

Un premier effet du relief est de favoriser certains versants par rapport à d'autres : pour une même vallée, l'adret (exposition sud) apparaît toujours plus chaud que l'ubac (exposition nord).

Dans son étude sur les Vosges, M. BECKER a émis l'hypothèse que les variations d'exposition pouvaient interférer avec "l'altitude brute" et proposé une notion nouvelle : l'**altitude compensée**, mesurée en fonction de l'exposition et de la pente du versant, formulée comme suit :

$$Ac = Ao + 440 (1 - Ir)$$

Ac : altitude compensée

Ao : altitude brute du lieu

Ir : indice lu sur graphique (M. BECKER, 1979), condensant variables exposition et pentes :
pente du versant et pente de la direction du sommet du versant opposé.

Ainsi, pour une pente de 30°, le passage de l'exposition plein sud à l'exposition plein nord

(1) On appelle ainsi la différence de température qui correspond à une différence d'altitude de 100 m.

correspond, sur le plan de la résultante climatique, à une élévation de 430 m d'altitude. de ce fait, l'étagement bioclimatique n'apparaît pas homogène d'un versant à l'autre. Précisons que cette formule et les graphiques qui s'y rapportent ont été établis pour une latitude de 48° nord et peuvent donc être appliqués pour le Jura alsacien.

En second lieu, la topographie de détail des versants diversifie à l'extrême climats locaux et microclimats. Si les vallées et fond de vallons sont abrités des vents froids dominants, la durée de l'insolation y est en revanche plus faible.

1.1. Les paramètres thermiques

Le poste de KIFFIS (seul poste établi à ce jour sur le Jura alsacien) n'étant que pluviométrique, nous ne sommes pas en mesure d'étudier l'évolution saisonnière des températures régionales.

Notons toutefois que la température moyenne annuelle est de l'ordre de 8°C environ.

Le tableau n°1 répertorie, à titre indicatif, les principales données thermiques mesurées au poste météorologique de Courtavon. Située dans le Sundgau, cette station reste assez proche géographiquement et topographiquement de Kiffis.

KIFFIS (1979)	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	ANNEE
$\overline{T_n}$	-7.0	-2.1	1.4	0.7	4.5	9.9	11.5	8.8	6.0	4.2	-1.0	-0.7	3
$\overline{T_x}$	-1.6	4.8	8.7	12.5	19.3	24.0	26.8	23.9	20.8	15.4	7.0	6.1	14
$\overline{T_n + T_x / 2}$	-4.3	1.4	5.1	6.6	11.9	17.0	09.2	16.4	13.4	9.8	3.0	2.7	8
T_n	-19.0	-12.0	-4.0	-5.0	-5.0	4.0	5.0	2.0	-2.0	-3.0	-7.0	10.0	-
T_x	6.0	12.0	15.0	22.0	32.0	31.0	35.0	33.0	30.0	26.0	12.0	14.0	

Tableau n°1 : Températures moyennes maximales et minimales mensuelles exprimé en degré Celsius.

1.2. Influences du relief sur les paramètres thermiques : les inversions de température

Il s'agit des inversions de température qui se produisent par atmosphère calme (haute pression) presque chaque hiver en Alsace.

L'air froid, lourd, stagne dans les vallées et dans les plaines alors que l'air chaud qui le surmonte intéresse la partie supérieure des Vosges et du Jura alsacien.

En plaine, le refroidissement nocturne des masses d'air les porte à une température inférieure à la température de saturation; des brouillards se forment et le rayonnement solaire devient insuffisant pour élever la température de ces masses d'air stagnantes.

En montagne, au-dessus de la "mer de nuages", le temps est ensoleillé et chaud, avec un contraste thermique de 8 à 15°C avec la plaine. L'accroissement de température peut atteindre près de 10°C en moins de 1000 m d'augmentation d'altitude. Le ciel est clair à peu nuageux, le soleil éclatant et le vent souffle de Sud-Ouest, faible à modéré.

② Les précipitations

Les précipitations recueillies sur le Jura sont des précipitations orographiques classiques. La barrière que constitue le massif jurassien pour les masses d'air humides venues de l'Ouest oblige celles-ci à s'élever et à se refroidir par détente. Ainsi, sur les versants montagneux, les précipitations s'accroissent avec l'altitude.

2.1. Les précipitations moyennes annuelles

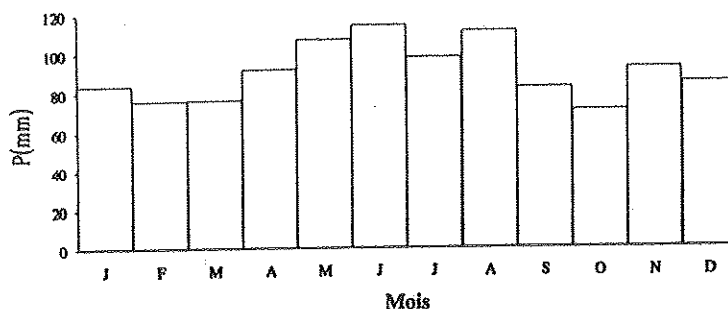
Les précipitations moyennes mensuelles varient (voir carte n°4) de 800 mm (à la latitude de Ferrette) à 1000 mm (à la latitude de Courtavon et Kiffis), du Nord au Sud du massif.

2.2. Répartition mensuelle des précipitations : régime pluviométrique

Une seule station (KIFFIS) répertorie les données pluviométriques sur l'ensemble de la région : voir diagramme n°1. Elles permettent néanmoins de définir pour le massif :

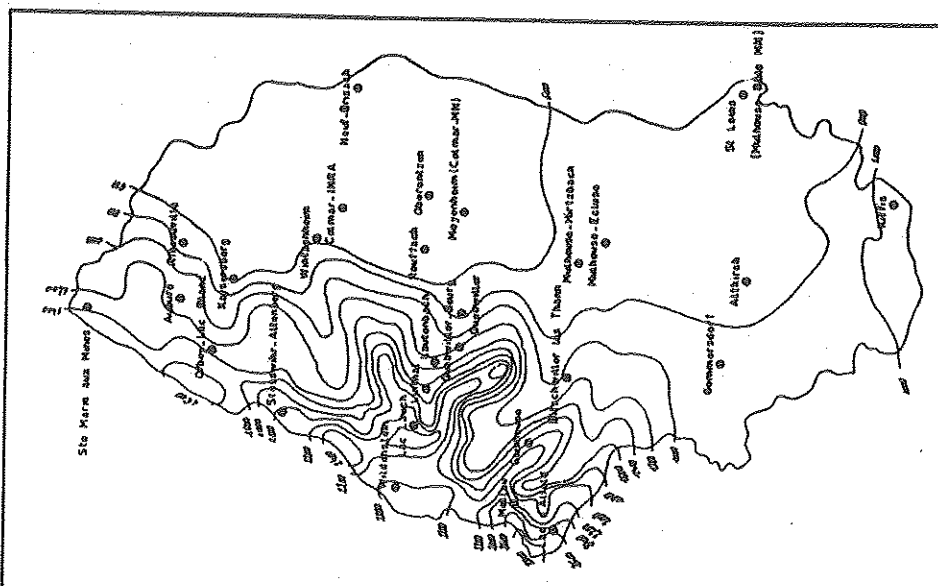
- un régime pluviométrique transitoire à dominante continentale. La pluviométrie abondante et assez uniformément répartie sur l'année oscille entre 800 mm et 1000 mm, avec un maximum en été. On constate par ailleurs qu'en année normale, les précipitations estivales sont dans l'ensemble supérieures aux précipitations hivernales;
- un régime pluviométrique transitoire à dominance océanique correspondant à une zone limitée par les isohyètes 1000 mm et 1500 mm (zone des crêtes sommitales du Glaserberg).

Diagramme n°1 : Précipitations moyennes mensuelles à Kiffis (1949-1985)

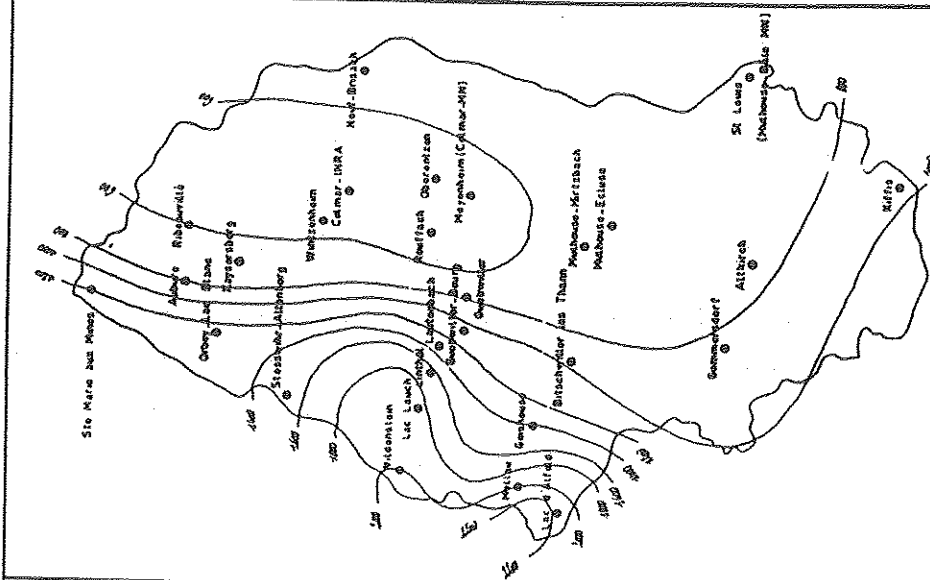


Carte n°4 : Isohyètes du Haut-Rhin (précipitations exprimées en mm)

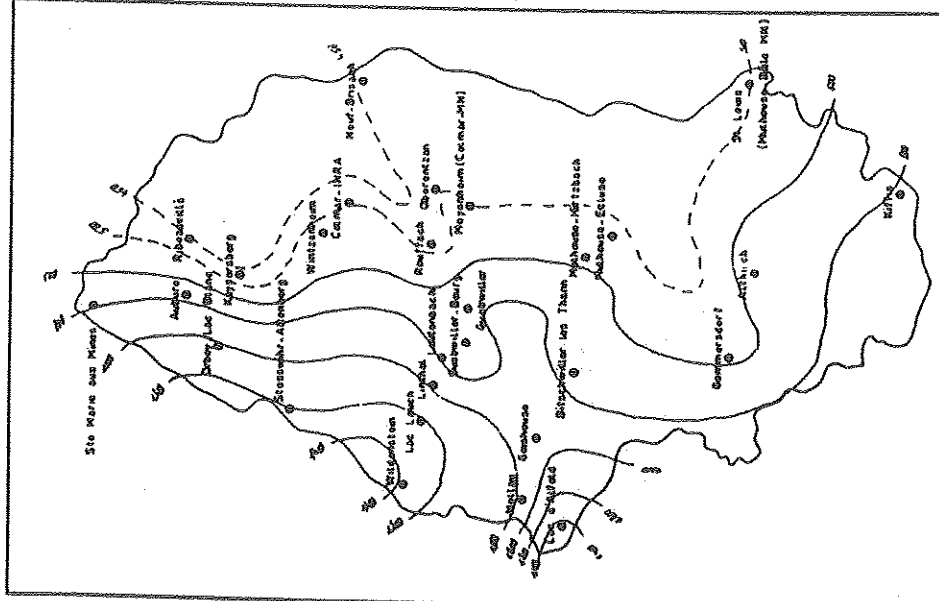
Année 1980
(Exemple d'année pluvieuse)



Normale 1951/1980
(moyenne sur 30 ans)



Année 1976
(Exemple d'année sèche)



En année normale, il n'y a pas de mois sec au sens de Gaussen⁽¹⁾.

KIFFIS (1949 à 1985) 560 m	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	TOTAL
	83.8	75.9	76.4	91.7	107.0	114.0	97.5	110.8	82.1	70.6	91.7	84.4	1085.1

2.3. Les précipitations nivéales

Le régime d'enneigement du Jura alsacien est assez proche de celui des Vosges méridionales. Il reste très sensible aux variations de l'isotherme 0°C : cet isotherme remonte souvent jusqu'à 1600 m d'altitude à l'arrivée des perturbations océaniques, fréquentes en hiver.

Toutefois, un faible enneigement hivernal est souvent compensé par un enneigement important aux saisons de transition.

La durée moyenne annuelle du manteau neigeux s'élève à 30 jours environ vers 550 m d'altitude (KIFFIS).

Le poids des neiges tombées massivement sur les arbres, neiges fréquemment humides et collantes, peut causer de gros dégâts en forêt (résineux notamment), d'autant plus que le vent, violent à cette époque de l'année (vent de Sud-Ouest), balance les cimes ayant perdu leur souplesse du fait de leur surcharge.

③ Les vents

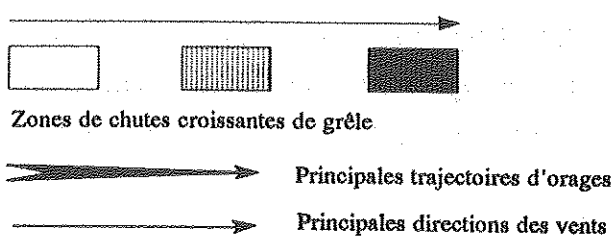
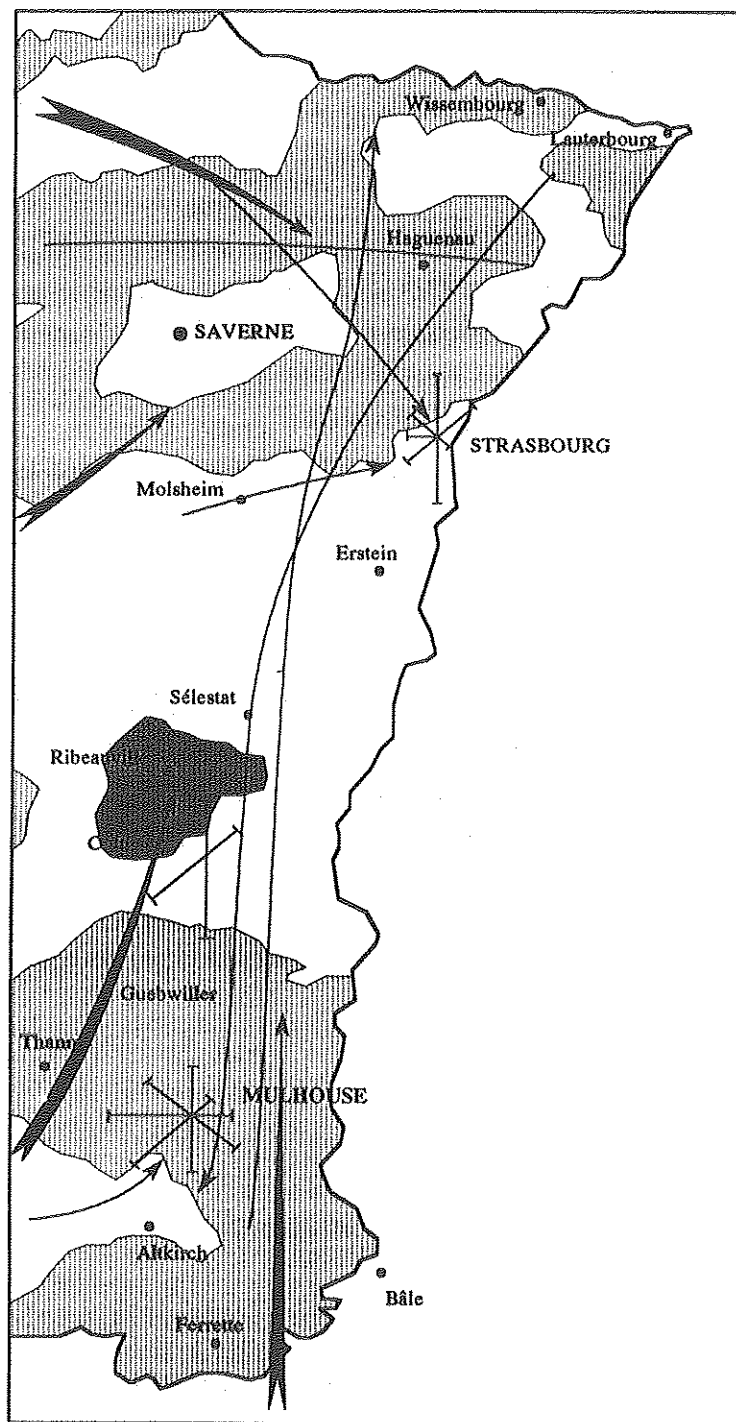
Les vents circulent selon trois directions dominantes : voir carte n°5

- Ouest - Sud Ouest (240 à 260°) : vents doux et humides (les plus fréquents) canalisés par la porte de Bourgogne;
- Sud : vents secs canalisés par le massif alpin et entretenu ensuite par le Jura (à l'origine du "foehn");
- Nord : vents canalisés par le fossé rhénan.

④ Conclusion

L'extrême pauvreté des données météorologiques recueillies sur le massif (un seul poste) ne nous permet pas de proposer un modèle climatique régional. Tout au plus pouvons nous rapprocher le climat régnant sur le Jura de Ferrette de celui régnant sur les Vosges (altitude comprise entre 500 et 900 m); sans oublier que la topographie de détail des versants jurassiens (d'expositions très tranchées Nord-Sud) est à l'origine des variations importantes du climat local.

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



Carte n°5 : Direction des vents

IV. GEOLOGIE

① Structure générale

Le Jura alsacien constitue l'extrémité Nord du Jura franco-suisse, où il occupe une place particulière par sa position avancée entre deux plateaux tabulaires, l'Ajoie à l'Ouest et le Jura bâlois à l'Est (voir carte n°6).

Ses reliefs dominent la partie méridionale du fossé rhénan à soubassement tertiaire, sur lequel il chevauche. La zone de chevauchement frontal est particulière au Jura alsacien.

Contre le plateau de l'Ajoie, formé de tables horizontales faiblement plissées dans leur partie septentrionale, la limite Ouest du Jura est décrochée et se manifeste par l'allongement des plis le long de la zone de décrochement.

A l'Est, c'est un jeu de failles serrées dans le prolongement de la flexure rhénane qui marque le passage au Jura tabulaire bâlois adossé au Dinkelberg.

Les plis du Jura alsacien sont essentiellement constitués de terrains jurassiques. Quelques rares dépôts tertiaires également plissés, couronnent la série secondaire. Le Jurassique inférieur et le Trias n'affleurent pas. Le soubassement profond de la région comprend le socle ancien d'âge hercynien vraisemblablement granitique et sa couverture détritique permo-triasique constituée de Permien, de Trias gréseux (Buntsandstein) et de Muschelkalk inférieur (Wellenkalk et grès coquiller).

Cette couverture sédimentaire ne participe pas aux plissements jurassiens.

② Stratigraphie

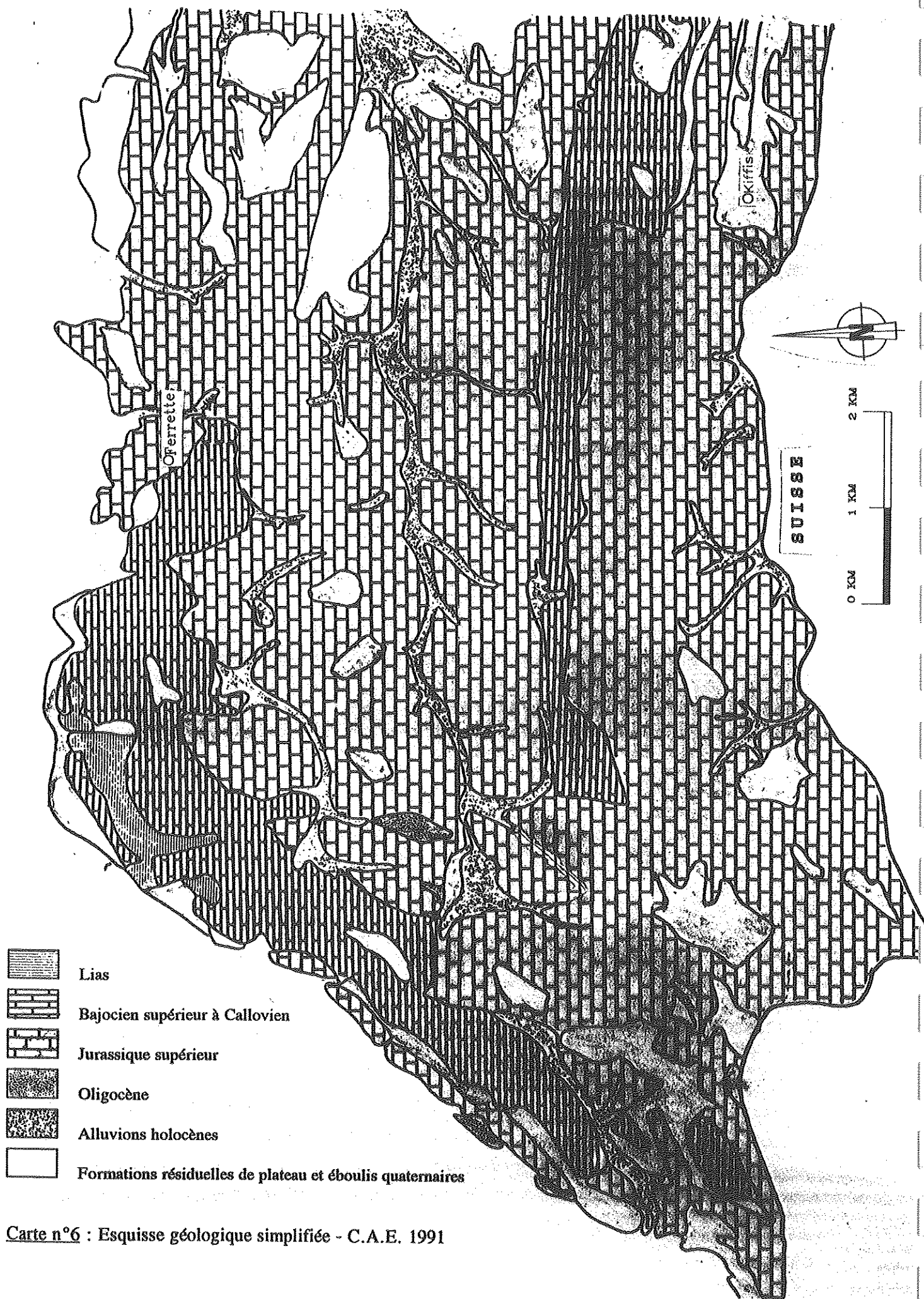
La description stratigraphique des terrains constituant les plis du Jura alsacien est présentée dans les tableaux n°2 et 3 (d'après les travaux de GILLET et SCHNEEGANS, 1933; SCHNEEGANS et THEOBALD, 1934; SCHIRARDIN, 1957-1958; FISCHER, 1965, SITTLER, 1965).

Ces tableaux stratigraphiques appellent un certain nombre de remarques :

- Les dépôts quaternaires sont de deux sortes :

a/ dépôts de surface, loess et rares épendages de graviers; sous cette dénomination, peuvent être regroupés :

* des formations résiduelles de plateau, en place ou remaniées : constituées de limons éluviaux d'âge pliocène et quaternaire et de limons de pente (loess et lehms non compris). Dans le cadre régional, ces limons argilo-sableux, mêlés de fragments calcaires silicifiés ou rubéfiés, sont en général des produits d'altération superficielle des terrains sous-jacents;



Carte n°6 : Esquisse géologique simplifiée - C.A.E. 1991

* des éboulis, bordant fréquemment les falaises jurassiques. Les éboulis de pente contiennent des éléments de petites tailles; provoqués par la gélifraction, les éboulis sont bien classés, meubles ou liés par des argiles de décalcification ou encore cimentés par des dépôts de calcite. Sur des pentes plus fortes, les éboulements ou blocs éboulés en dépôts irréguliers comprennent des éléments de tailles variables.

b/ dépôts alluvionnaires dans les fonds de vallée; on y distingue plusieurs terrasses.

- Les dépôts tertiaires sont nettement localisés dans de petits bassins. Sur les chaînons plissés, quelques rares affleurements sont conservés. On peut observer :

* des sables et cailloutis vosgiens (Pontien) : il s'agit de graviers vosgiens disposés dans un sillon Nord-Sud, s'étendant de CHARMOILLE au bois de Raube. Les graviers (grauwackes, porphyres rouges) alternent avec des lentilles de sables, de marnes ou de calcaires gréseux

* des dépôts côtiers : conglomérats et sables marins. Des grès calcaires et des calcarénites soulignent les lignes successives du rivage

* des argiles sidérolithiques à concrétions limonitiques : les produits d'altération superficielle se sont déposés lors de l'émersion de la région, du Crétacé au début du Tertiaire, en nappe sur d'anciennes surfaces fossiles de type karstique ou concentrés en poches profondes dans les joints élargis des calcaire jurassiques. Les argiles rouges "bolus" accumulées sur 5 à 7 m à OLTINGUE renferment régionalement à leur base, le minerai de fer sidérolithique sous forme de concrétions limonitiques.

- Les dépôts secondaires :

* les calcaires argileux et les marnes du Kimméridgien supérieur sont largement entamés par l'érosion, manquent dans le Nord-Est et subissent en outre d'importantes variations de faciès et d'épaisseur.

* la "Grande Oolithe" du Bajocien supérieur au Bathonien inférieur souligne les grandes directions structurales des principaux anticlinaux (chaîne du Glaserberg).

Tableau n°2 : Série stratigraphique du Jura Alsacien

SUBDIVISIONS STRATIGRAPHIQUES		NATURE DES TERRAINS	ZONES D'AFFLEUREMENTS
QUATERNAIRE		Phénomènes dus à l'érosion : - éboulements et masses glissées - éboulis de pente - dolines et alignements de dolines Dépôts : - tufs calcaires autour de résurgences - limons loessiques et lehms	. NE du Glaserberg . combes oxfordiennes . Rauracien, Sud de Ferrette et Sud du Landskron . Sud du plateau de la Lucelle . synclinaux et combes, bordure N du Jura
PLIOCENE		cailloutis de recouvrement	. bordure N du Jura, atteint l'altitude de 420 m à Werentzhouse
MIOCENE	Helvétien	sables grossiers coquilliers	. synclinal de la Lucelle : Kiffis
OLIGOCENE	Chattien	molasse alsacienne, grès micacés à restes de plantes	. Lutter, Kiffis
	Rupélien	schistes à Mélettes, argiles et marnes micacées schistes à Poissons marnes à Foraminifères marnes, sables et conglomérats	. Wolschwiller, Oltingue . Oltingue . Sud de Wolschwiller
	Lattorfien	conglomérats grossiers et niveaux marneux calcarénites à glauconie sables marneux glauconieux	. Oltingue . Oltingue . Sud de Wolschwiller
EOCENE		Calcaires à Mélanies et Cyrènes Dépôts sidérolithiques: - argiles rouges - pisolithes de fer - sables blancs réfractaires	. Bouxwiller . . Kiffis . Oltingue . Sud de Raedersdorf
KIMMERIDGIEN inférieur		calcaires naeux compacts jaunâtres marnes et calcaires marneux à taches brunes	. Ligsdorf, Winkel, lambeaux sporadiques dans le synclinal de Lucelle
SEQUANIEN	supérieur	bancs de calcaire crayeux surmontant les calcaires compacts en gros bancs	. synclinal de l'Ill et plateau de la Lucelle
	moyen	marnes et calcaires marneux banc d'oolithe grossière calcaire en plaquettes banc de calcaire oolithique	. Ligsdorf
	inférieur	marnes gréseuses calcaires gris	. partie est de Ferrette (niveau d'eau, dépressions à humidité superficielle)

SUBDIVISIONS STRATIGRAPHIQUES		NATURE DES TERRAINS	ZONES D'AFFLEUREMENTS
RAURACIEN	supérieur	calcaire crayeux, riche en bancs siliceux faciès de calcaire récifal	. Nord du Glaserberg . Est du Glaserberg
	inférieur	calcaires spathiques ou oolithiques	
ARGOVIEN		calcaire gris niveaux calcaires à Polypiers	. Sud de Leymen
OXFORDIEN	supérieur	Terrain à chailles supérieur - série marno-calcaire - calcaires - marnes sableuses avec passées de calcaire gréseux silicifié (chailles) - calcaire marneux, sans silicification Terrain à chailles inférieur (marno-calcaire) - calcaire gréseux silicifié très dur - calcaire gréseux compact, silicifié - marnes gréseuses à bancs de calcaire gréseux et lits de miches de calcaire silicifié	
	moyen et inférieur	Marnes oxfordiennes - marnes plus ou moins argileuses	. Sud d'Oberlurg, Winkel, Ferrette, Ligsdorf
CALLOVIEN		oolithe ferrugineuse "dalle nacrée" formée de plaquettes de calcaire échinodermique calcaire marneux spathique	
BATHONIEN		calcaires roux marneux (couches à varians) calcaire oolithique, brun roux, à niveaux marneux	
BAJOIEN	supérieur	calcaire oolithique	
	moyen et inf.	calcaires marneux et calcaires à Entroques	. Moernach
AALÉNIEN	supérieur	calcaires marneux ocre	
	inférieur	argiles grises et bleues épaisses	. Moernach, Koestlach

③ Description structurale

3.1. Les plis du Jura alsacien

Dans les limites du département du Haut-Rhin, le Jura septentrional, chevauchant sur l'avant-pays (extrémité Sud du fossé rhénan) comprend une ligne de plis grossièrement parallèles et d'orientation Est-Ouest.

A l'Ouest, le premier chaînon est arqué; il s'agit de l'anticlinal de la forêt de Montagne (Bürgerwald), qui s'étend de LEVONCOURT à KOESTLACH selon une orientation SW-NE. Le pli se continue vers l'Est, suivant une direction Est-Ouest et est dénommé anticlinal de Ferrette.

A son extrémité orientale, le pli se divise en deux rameaux parallèles. Le rameau Nord s'ennoe à OTLINGUE, le rameau Sud au N-E de RAEDERSDORF à la limite de la dépression de WOLSCHWILLER.

Au-delà de cette dépression qui marque le prolongement du fossé d'ALLSCHWILL, l'anticlinal du Landskron également arqué occupe une position analogue au pli de Ferrette. De l'anticlinal du Landskron, seuls le coeur du pli et son flanc Nord vertical, se situent en territoire français.

A 4-5 km plus au Sud, s'aligne la deuxième ligne de plis. A l'Ouest, le Glaserberg ou anticlinal du Blochmont, long chaînon de 14 km, est tronqué dans sa partie occidentale par une faille qui apparaît nettement dans la morphologie. A son extrémité orientale, on assiste à un rapide ennoyage du périclinal à partir de la ferme du Blochmont..

Le synclinal de l'Ill, large cuvette à fond plat, sépare les deux lignes de plis de Ferrette et du Glaserberg. Au Sud du Glaserberg, s'amorce le synclinal de la Lucelle dont l'axe est emprunté par la rivière, frontière entre l'Alsace et le Jura bernois.

3.2. Histoire géologique

L'histoire du plissement jurassien s'inscrit dans l'évolution tectonique générale de la région jurasso-rhénane.

A l'Oligocène inférieur, après une longue phase d'émersion partielle, un réseau de failles subméridiennes (Nord-Sud et S.SW-N.NE) découpe le Sundgau et le fossé rhénan qui commence à s'affaisser. Le Sundgau est envahi par la lagune du fossé rhénan. Le bassin de Délémont continue à se déprimer et est occupé par un lac. Sur les failles d'orientation S.SW-N.NE du socle profond s'installent des flexures (forêt de la Montagne, Landskron en marge du bassin de Wolschwiller).

A l'Oligocène moyen, la mer envahit toute la région, nivelant failles et flexures. La

surrection des Vosges et de la Forêt Noire au début du Miocène ainsi que le relèvement du fossé rhénan méridional s'accompagnent d'une transgression marine venant du Sud.

Alors commence la phase de plissement jurassien : plis Est-Ouest, déversés vers le Nord, étroitement guidés par les failles et flexures anciennes qui jouent le rôle de rail guide dans les mouvements de décrochement. Ainsi s'individualise l'avancée frontale du Jura alsacien entre les plateaux de l'Ajoie à l'Ouest et le Jura bâlois à l'Est. En outre, les phénomènes tectoniques, soulignés par l'importance des plis, leur déversement et leur chevauchement sont croissants du Nord au Sud. Le plissement se termine après le Pontien, exagérant les plis précédemment édifiés et déformant la surface.

Le drainage de la région s'inverse et se fait vers le Nord. Le Rhin répand ses cailloutis du Sundgau sur l'avant-pays. Le réseau hydrographique actuel s'installe rapidement après les dernières manifestations du plissement.

V. PEDOLOGIE

Lors de la réalisation d'un catalogue des stations forestières, la prise en compte des sols se révèle indispensable à la définition des types de stations. En outre, l'appréciation des potentialités stationnelles passe obligatoirement par l'examen des caractéristiques physico-chimiques des sols.

① Processus de formation et morphologie des sols : notion d'horizon

La formation d'un sol à partir d'un matériau parental (roche mère) et de la végétation fait intervenir quatre catégories de processus :

1. la désagrégation physique (éclatement, fissuration)) altération
2. l'altération chimique (décomposition et dissolution de la roche)) physico-chimique
3. évolution de la matière organique issue de la litière (résidus végétaux) : humification et incorporation de la matière organique à la matière minérale
4. migration à l'intérieur du sol, d'éléments dissous ou de particules en suspension dans l'eau (décarbonation, désaturation, lessivage, recarbonation en profondeur.)

qui se déroulent sous l'action des facteurs écologiques comme :

- le climat
- le matériau minéral ou roche mère
- la topographie
- le temps et les organismes vivants.

1.1. Altération physico-chimique des roches carbonatées

Les calcaires compacts s'altèrent :

- par voie physique et mécanique : la corrosion superficielle (fracturation, fissuration sous l'effet des variations brutales de température) est à l'origine de la désagrégation de la roche mère en éléments grossiers (blocs, cailloux)
- par dissolution superficielle du carbonate de calcium (CaCO_3) qui est entraîné en aval par les eaux de ruissellement. Les résidus non carbonatés de ces calcaires (argiles, limons, silice) s'accumulent dans les fissures mais recouvrent peu souvent la roche.

Les calcaires tendres (marnes et marno-calcaires) s'altèrent :

- par voie mécanique
- par dissolution en profondeur des carbonates.

Le processus d'altération physique de la roche mère (désignée en terme pédologique par la lettre R) aboutit à la formation d'un horizon d'altération désignée par la lettre C.

L'altération chimique provoque une transformation des minéraux primaires (issus de la désagrégation physique de la roche mère) avec formation de minéraux secondaires (principalement des argiles, surtout sur roches calcaires) dont l'ensemble constitue le "complexe d'altération". C'est le processus de brunification.

Cette altération chimique donne naissance :

1. à des produits solubles, sels (généralement carbonates, bicarbonates) à base de cations qui prennent la forme échangeable ou sont lessivés;
2. à des gels colloïdaux par hydratation et polymérisation de cations lourds libérés (Al et Fe);
3. à des éléments microcristallins à structure en feuillet (argiles qui fixent à la surface les hydroxydes de fer et d'aluminium.

L'altération chimique des éléments constitutifs de l'horizon C conduit à la formation d'un horizon brun désigné par la lettre B. Cet horizon (structural) repose directement sur l'horizon C et est surmonté d'un horizon organo-minéral A. Cet horizon brun peut subir par la suite un enrichissement par des apports verticaux en provenance des horizons de surface.

1.2. Evolution de la matière organique issue de la litière végétale

Les débris végétaux (litière) de toute nature, feuilles, rameaux, qui tombent sur le sol, constituent la source essentielle de la matière organique qui recouvre le sol minéral; au cours de sa décomposition, la matière organique donne naissance d'une part, à des

éléments minéraux solubles ou gazeux, tels que NH_3 , CO_2 , nitrates, sulfates, d'autre part, à des composés amorphes qui contractent des liaisons avec des éléments minéraux, argiles notamment pour former des complexes argilo-humiques.

Cette matière organique transformée (processus d'humification) constitue l'humus au sens strict, plus stable et résistant à la biodégradation que la matière organique fraîche.

L'humus est donc constitué par l'ensemble des couches qui contiennent de la matière organique résultant des transformations biologiques et chimiques des débris végétaux de la litière. Cette matière organique est plus ou moins bien incorporée au profil pédologique par l'activité de la microfaune ou de la microflore du sol. Cette incorporation aboutit à la formation d'un horizon organo-minéral désigné par la lettre A.

L'humus au sens strict et l'horizon A constituent la "forme d'humus" (Référentiel pédologique français).

1.2.1. Eléments constitutifs des formes d'humus

- **L'humus au sens strict** : formé d'un ensemble de couches de surface contenant la matière organique, plus ou moins transformée en condition aérobie. Cet ensemble est désigné par la lettre O.

L'horizon O est divisé en sous-horizons (voir tableau n°4) :

- OL : ou litière brute, formée de résidus foliaires peu ou pas évolués. La forme originelle des débris est aisément reconnaissable à l'oeil nu. Cet horizon ne contient pas de matière organique fine (boulettes fécales). La litière brute est située à la partie supérieure des horizons O et peut reposer directement sur l'horizon A. On distingue 3 sous-horizons OL selon l'état et le mode de transformation des débris végétaux (voir tableau n°4).

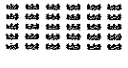
- OF : horizon formé de résidus végétaux surtout d'origine foliaire, plus ou moins fragmentés, reconnaissables à l'oeil nu, en mélange avec des proportions plus ou moins grandes (moins de 70 % en recouvrement) de matière organique fine.

L'activité biologique est le fait principalement de la faune épigée et des champignons. On distingue deux sous-horizons OF selon l'état de transformation des débris végétaux (tableau n°4).

- OH : horizon contenant plus de 70 % en volume de matière organique fine. Cet horizon se présente comme un produit de teinte noire à structure coprogène ou particulière.

Quand il existe, il se situe sous l'horizon OF; le passage entre OF et OH est en général assez rapide.

Tableau n°4 : Typologie morphologique des humus (d'après A. BRETHES., J.J. BRUN., B. JABIOL., F. TOUTAIN).

HORIZONS	SOUS-HORIZONS		NATURE ET CARACTERISTIQUES
OL LITIERE BRUTE  Accumulation de débris végétaux non ou peu évolués.	OLn		- "LITIERE BRUTE" - Restes de végétaux n'ayant pas subi de transformations visibles à l'oeil nu: feuilles ou aiguilles entières.
	OLv		- Débris végétaux modifiés depuis le moment de leur chute, partiellement ou totalement décolorés, peu fragmentés - Action des pourritures blanches - 10% de matière organique fine.
	OLt		- Débris végétaux fragmentés - Absence de matière organique fine - Horizon reposant toujours directement sur l'horizon A.
OF LITIERE FRAGMENTEE  Résidus végétaux plus ou moins fragmentés, reconnaissables à l'oeil nu. Proportion variable de matière fine et déjections animales.	OFr		- Horizon contenant des restes végétaux (aériens) très reconnaissables et une faible proportion de matière organique fine (10 à 30%).
	OFm		- Horizon contenant une quantité équivalente de restes végétaux plus ou moins fragmentés et un amas de matière organique fine (30 à 70%).
OH	Non différencié ici		- Horizon contenant 70% de matière organique fine sous forme de déjections animales. - Proportion faible ou nulle de résidus végétaux reconnaissables.
A1			- Horizon organo-minéral, formé à la base des horizons holorganiques lorsqu'ils existent, sinon à la partie supérieure du solum.
OL, OF, OH HORIZONS HOLORGANQUES (organiques purs) A1 HORIZON HEMIORGANIQUE			

Age croissant, fragmentation croissante
 mais débris végétaux reconnaissables

□ **L'horizon A** : formé à la base de l'horizon O et contenant en mélange de la matière organique et de la matière minérale. C'est là que se produisent les processus primaires de l'humification.

En considérant les études déjà réalisées sur la zone du Jura alsacien et les régions limitrophes (DUBURGUET, GILLET., 1986), il semble que plusieurs familles de formes d'humus soient représentées (voir tableau n°5) :

- les mull :
 - * présentant une litière (OL) peu épaisse ainsi qu'une discontinuité brutale entre la litière et l'horizon A1, de la forme (OL)A ou OL/A;
 - * A1 biomacrostructuré (à forte activité lombricienne).
- les moder :
 - * présentant un horizon O épais (< 10 cm) et un passage continu entre OH et A, de la forme OL + OF + (OH)/A.
 - * A1 microcopogène (juxtaposition de débris coprogènes et d'une partie minérale)

Selon les cas, on distingue :

- sur roche acide (alluvions vosgiennes) : un moder type présentant une continuité entre O et A1;
- sur roche calcaire superficielle à dessèchement important (sol humocalcaire ou humo-calcique) : tangel présentant une discontinuité structurale et fonctionnelle entre O et A1.

1.2.2. Ecologie de l'humification biologique

Les facteurs écologiques influençant l'humification peuvent être classés en 3 groupes :

- les facteurs pédoclimatiques,
- le milieu minéral,
- la composition des litières.

□ **Le pédoclimat**

Le pédoclimat qui intègre les facteurs dépendant du climat général et ceux qui correspondent au climat interne du sol, exerce une influence dominante et relativement indépendante des autres facteurs du milieu.

a/ le climat général : c'est la température moyenne qui joue le rôle fondamental; d'une manière générale, on peut dire que la vitesse de décomposition des litières est en gros proportionnelle à la température moyenne, lorsque les conditions d'humidité sont favorables. A température égale, les alternances saisonnières très contrastées accélèrent la décomposition de la matière organique peu évoluée.

Tableau n°5 : Typologie des formes d'humus forestiers en conditions d'aérobie
(propositions inspirées du projet "Référentiel Pédologique Français")

A1	FAMILLE	SUCCESSION DES HORIZONS		HUMUS	CARACTERISTIQUES DES HORIZONS	
BIOMACROSTRUCTURE : forte activité de vers de terre	MULL	OL/A1 OU OL+OF/A1	OLn/A1	Mull carbonaté	Discontinuité structurale et continuité fonctionnelle	- OLn discontinu, de 0,5 à 2 cm d'épaisseur - A1 carbonaté, forte activité biologique.
				Mull calcique		- OLn discontinu, de 0,5 à 2 cm d'épaisseur - A1 carbonaté, forte activité biologique.
				Mull eutrophe		- OLn pratiquement absente.
			OLn+(OLv) +(OLt)+(OF) /A1	Mull mésotrophe		- OLn + continu, peu épais < 2 cm présence possible de OLv; souvent action des pourritures blanches.
			OLn+OLv +OF/A1	Mull oligotrophe		- OLn continu, peu épais - OLv discontinu, OLt peu épais - OF peu épais - Présence de pourritures blanches.
faible activité de vers de terre		OL+OF+(OH)+A1		Mull-Moder	Continuité structurale et fonctionnelle	- OL continu, assez épais - OF épais, 1 à 2 cm.
activité dominante des enchytraéides et des microarthropodes	MODER	OL+OF+OH+A1 continuité entre O et A1		Moder		- OL continu, épais - OH < 1 cm.
				Dysmoder		- OL continu, épais - OH > 1 cm.

En montagne, aux altitudes élevées et aux expositions froides (N-NE), la basse température moyenne favorise la formation d'humus peu évolué (tangel); à l'inverse, aux expositions chaudes (S-SW), le fort ensoleillement et l'intensité des radiations provoquent d'importants contrastes pédoclimatiques (température et humidité) qui accélèrent la décomposition des litières.

b/ condition locale de pédoclimat : une certaine humidité est indispensable à la bonne décomposition des litières : en milieu très sec, elle se fait mal et l'humification est très lente.

□ Action du milieu minéral

Le taux de saturation en base (appelé S/T) du complexe absorbant du sol et le pH du sol exercent une action importante sur l'humification. Elle est plus active, plus rapide dans les milieux neutres ou peu acides. En milieu acide, elle est ralentie. De même, en milieu carbonaté (sol à fort taux de calcaire actif), elle est sensiblement ralentie, voire bloquée.

□ Action de la composition de la litière

Les litières des essences forestières à rapport carbone sur azote moyen (Chêne sessile, Hêtre, Sapin) se décomposent lentement en libérant peu d'azote minéral et donnent des humus très différents selon les conditions de milieu.

1.3. Les transports d'éléments

L'eau qui circule dans les pores du sol (eau de gravité) entraîne avec elle certains éléments, soit en solution, soit sous la forme de suspension : c'est l'origine des migrations (le plus souvent descendantes). Une grande partie des éléments ainsi mobilisés peut être entraînée hors profil (perte globale); une autre partie peut être au contraire redistribuée vers le milieu inférieur du profil. Il se différencie deux grands groupes d'horizon :

- l'ensemble des horizons de surface A1 est appauvri $\Rightarrow$ formation d'horizons dits **elluviaux** : **A2**;
- l'ensemble des horizons de profondeur (B) est enrichi $\Rightarrow$ formation d'horizons dits **illuviaux** : **Bt** (enrichissement en argile),
 Bca (enrichissement en carbonates réprécipités).

Si la majorité des migrations est orientée verticalement, les migrations obliques ou latérales interviennent fréquemment le long des pentes.

1.3.1. Transports d'éléments sur roches calcaires

Les phénomènes principaux de transport sur roche mère calcaire sont la décarbonatation et la désaturation.

☐ **La décarbonatation**

Elle consiste en une disparition du calcaire actif dans la partie supérieure du profil. Ce processus, pour se dérouler normalement, nécessite un climat suffisamment humide. La décarbonatation intervient par entraînement de bicarbonate de calcium, sous l'influence des eaux pluviales plus ou moins chargées en CO_2 dissous. La plus grande partie des bicarbonates provenant du processus de décarbonatation, est éliminée du profil en climat humide par drainage profond; il n'en est pas de même en climat sec (continental ou semi-continental) ou au moins à saison sèche marquée; il se forme en profondeur un horizon calcique par la réaction inverse de celle qu'a provoqué l'entraînement de ces carbonates (recarbonatation). Cette réaction inverse se produit dans les sols biologiquement actifs, par suite de la diminution en profondeur de la tension de CO_2 (liée à l'activité biologique plus faible qu'au sein des horizons humifères de surface): c'est l'accumulation biologique du carbonate de calcium sous forme discrète et faiblement concrétionnée.

☐ **La désaturation**

Ce processus intervient en conditions de climat suffisamment humide, mais il est très progressif dans les milieux biologiquement actifs (humus de la forme mull).

A mesure que les cations basiques (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) les plus mobiles sont entraînés, ils sont remplacés par des ions acides: H^+ ou plus couramment dans les roches carbonatées Al^{3+} . Cette désaturation du complexe absorbant entraîne une baisse relative du pH du sol qui toutefois est rarement inférieur à 5.

1.3.2. Transports d'éléments sur roches non carbonatées

Les phénomènes principaux de transport sur roche mère non carbonatée sont la désaturation (cf. § 1.3.1) et le lessivage.

☐ **Le lessivage**

Ce terme indique le processus d'entraînement mécanique des particules dispersées, en l'espèce les argiles et le fer. Lorsque cet entraînement est orienté verticalement, les particules fines d'argiles et de fer sont déposées en (B) sur les parois des vides, ou à la périphérie des unités structurales, formant ainsi des enrobements à molécules

orientées appelées cutanes ou argilanes. De tels horizons d'accumulation sont désignés par le symbole Bt. Ils sont surmontés d'un horizon appauvri en argiles et en fer, désigné par le symbole A2. Dans les sols saturés (sols carbonatés), le carbonate de calcium assure la floculation des argiles et empêche leur entraînement par lessivage.

L'indice I d'entraînement en argiles ou en fer permet d'apprécier l'intensité du lessivage

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

Si $I < 2$, le sol est un sol brun lessivé, si $I > 2$, le sol est un sol lessivé.

Quand les limons se superposent aux argiles de décarbonatation, l'indice est alors difficile à apprécier.

② Les principaux types de sol rencontrés ou susceptibles d'être rencontrés dans la région d'étude (voir figure n°1)

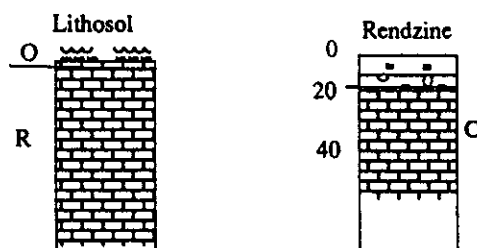
2.1. Les sols calcimagnésiques

Nous les énumérons ici en fonction de leur évolution croissante :

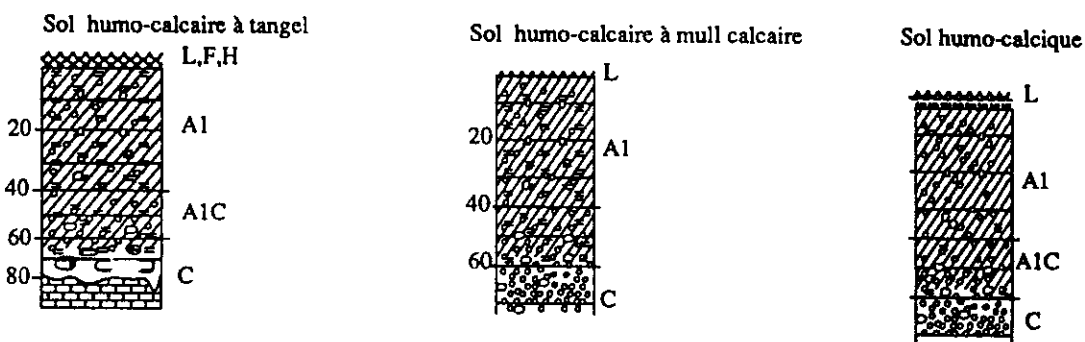
- ☐ Sol lithocalcique :
 - * profil OL + OF + OH/C ou OL + OF + OH/R
 - * l'humus est un tangel, reposant directement sur la dalle calcaire peu ou pas altérée (ex: lapiaz des hautes chaînes jurassiennes).
- ☐ Rendzine :
 - * profil A1 C,
 - * A1 : mull carbonaté pouvant être très humifère (12 à 15 % de; matière organique) et de couleur brun noir épaisseur moyenne de 30 à 40 cm. La terre fine est formée de gros grumeaux irréguliers très stables. La teneur en CaCO_3 est très variable, mais minimale au sommet (où la décarbonatation intervient plus rapidement). Les rendzines caractérisent soit les affleurements de calcaires tendres très purs, soit les colluvions calcaires.
- ☐ Rendzine brunifiée :
 - * profil A1 (B) C,
 - * A1 foncé et épais, de type rendzinique, riche en matière organique, saturé en calcium mais décarbonaté,
 - * (B) brun peu épais, décarbonaté, mais saturé en calcium.

Figure n°1 : Types de sols du Jura alsacien

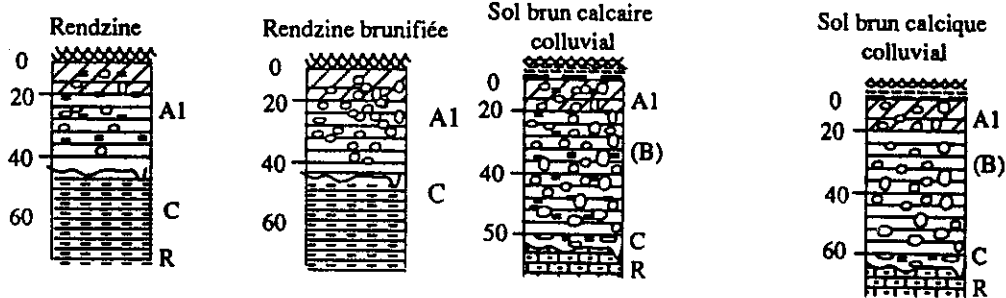
-- sur dalle rocheuse :



- sur éboulis de gros blocs et/ou cailloux calcaires mobiles :



Versant sur pente forte/moyenne/faible
avec une certaine quantité d'argile



Versant sur pente forte, parfois sur pente moyenne
avec une faible quantité d'argile :

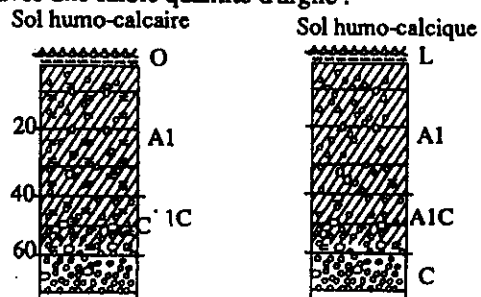
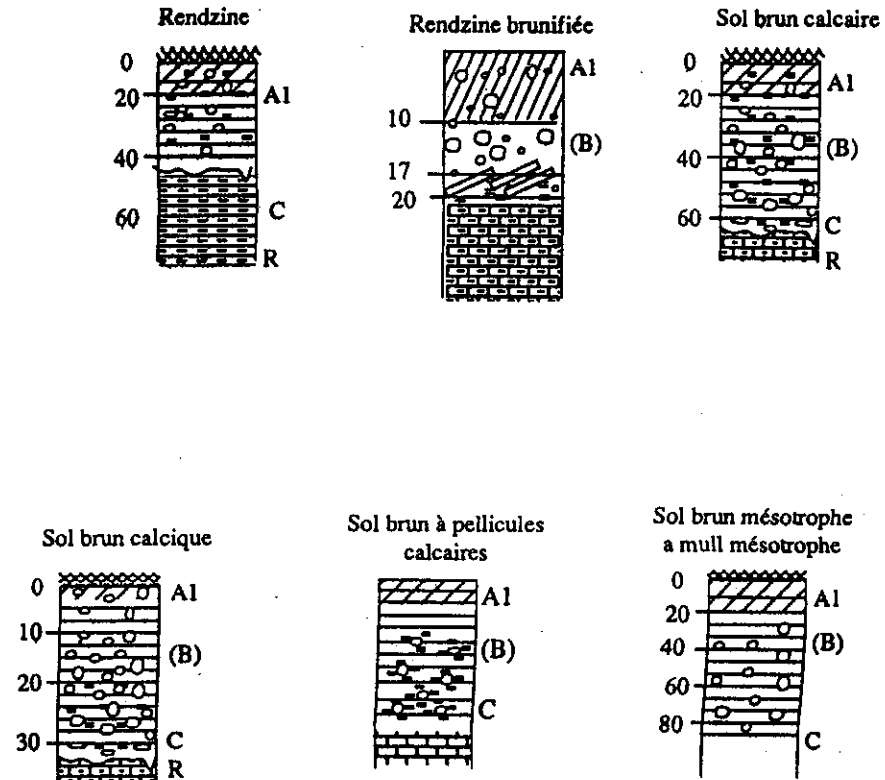
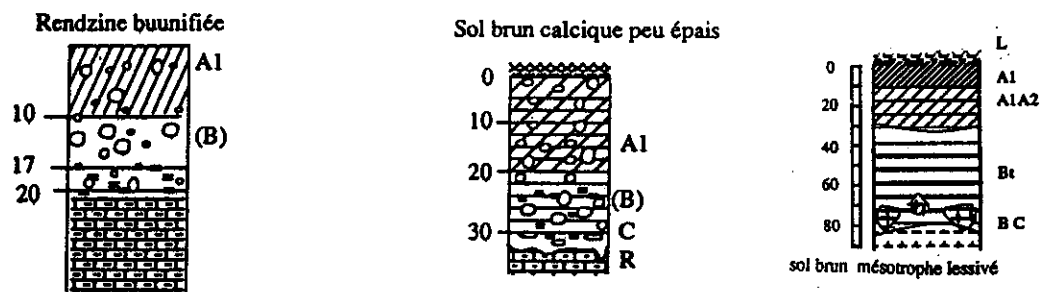


Figure n°1 : Types de sols du Jura alsacien (suite)

- Sols sur altérites des roches marneuses ou calcaréo-marneuses

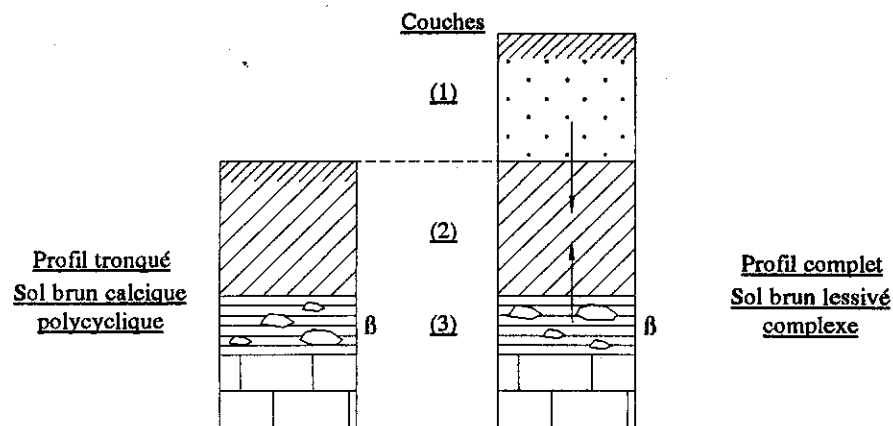


- Sols sur argiles de décarbonatation :



- Sol brun calcaire :
- * profil A1 (B) C,
 - * A1, mull carbonaté, moins épais et moins riche en matière organique que l'horizon A1 des rendzines,
 - * (B) brun, relativement bien développé, à structure polyédrique, encore carbonaté,
 - * fréquent sur éboulis de bas de pente.
- Sol brun calcique :
- * profil A1 (B) C,
 - * A1, mull calcique, (décarbonaté), peu épais à faible taux de matière organique,
 - * (B) brun, bien développé, carbonaté seulement en profondeur.

Une place à part doit être faite aux sols bruns (calciques) polycycliques, formés sur **terra fusca**⁽¹⁾. Une recarbonatation secondaire, généralement très modérée, de tout ou partie de l'horizon (B) résulte du mélange de fragments de calcaire et de terra fusca, par pédoturbation (souvent cryoturbation), suivie d'une altération modérée des fragments de calcaire incorporés.



Sous la forêt mixte (Sapin, Hêtre) à l'étage montagnard, les sols calcimagnésiques deviennent humifères et perdent rapidement leur calcaire actif (sauf sur éboulis constamment renouvelés); le plus souvent, un squelette calcaire grossier subsiste dans le profil. Il s'agit de :

(1) Un temps très long (plus de cent mille ans) est nécessaire pour que s'édifie à la surface des affleurements calcaires, une couche d'argile de décarbonatation en général riche en oxyde de fer, de quelques décimètres d'épaisseur. Une telle couche est appelée **terra fusca**.

- Sol humo-calcaire : * profil A1 C,
 * A1 noirâtre, rendzinique, contenant plus de 20 % de matière organique de type tangel ou mull carbonaté, pouvant dépasser 80 cm d'épaisseur,
 * fréquent sur éboulis de bas de pente.
- Sol humo-calcaïque : * profil A1 C,
 * A1 très épais, noir, calcique, riche en calcium échangeable; de type tangel ou mull calcique, riche en matière organique (20 à 40%)
 * structure en gros agrégats, l'ensemble du profil est parsemé de cailloux calcaires résultant le plus souvent de gélifraction.

2.2. Sols évolués, brunifiés ou lessivés

Les sols bruns proprement dits offrent un profil de type A1 (B) C dans lequel l'horizon A1 superficiel est un mull, peu épais, à turnover rapide.

Sur matériaux calcaires, la brunification passe nécessairement par une décarbonatation totale du profil, puis d'une désaturation partielle du complexe absorbant donc d'une légère acidification.

Il y a formation d'un sol brun eutrophe puis d'un sol brun mésotrophe selon le taux de désaturation;

- Sol brun eutrophe : * profil A1 (B) C,
 * litière pratiquement absente,
 * A1, mull eutrophe, biomacrostructuré,
 * (B) totalement décarbonaté, mais à complexe absorbant saturé ($S/T > 80 \%$).
- Sol brun mésotrophe : * profil A1 (B) C,
 * litière épaisse de 1 à 2 cm,
 * A1, mull mésotrophe, biomacrostructuré,
 * (B) totalement décarbonaté et partiellement désaturé ($S/T < 8 \%$).

Lorsque le complexe absorbant est fortement désaturé ($S/T < 30 \%$) sur matériaux pauvres, non carbonatés (alluvions d'origines vosgiennes), il se forme un sol brun acide.

- Sol brun acide : * profil A1 (B) C,
 * litière épaisse d'au moins 2 cm,
 * A1, mull acide, biomacrostructuré.

Sur les argiles de décarbonatation, ou sur les limons résiduels, peut intervenir un processus secondaire : le lessivage, qui se superpose à la brunification. Modéré, il conduit à la formation d'un sol brun lessivé.

- ☐ Sol brun lessivé :
 - * profil A1 A2 Bt C,
 - * A1, mull mésotrophe, brun foncé, à teneur moyenne en matière organique,
 - * A2 brun clair, horizon appauvri en argile,
 - * Bt brun rouille, enrichi en argile; argilanes parfois visibles autour des unités structurales; structure polyédrique nette.

③ Facteurs écologiques et pédogénèse

En montagne, le sol naît de l'interaction :

- des facteurs bioclimatiques,
- des facteurs stationnels.

3.1. Facteurs bioclimatiques généraux

Leurs influences sur la pédogénèse et l'évolution de la matière organique ont été relatées au chapitre V, § 1.2.2.

3.2. Facteurs stationnels

Il s'agit des "facteurs du milieu, indépendants du climat général, qui interviennent de façon locale" (DUCHAUFOR, 1977).

Deux facteurs stationnels agissent le plus souvent simultanément :

- la nature de la roche mère ou celle du matériau parental,
- la topographie : pente et position de la station sur le versant.

3.2.1. Nature de la roche mère

La nature de la roche mère influence :

- * les caractéristiques physiques du sol (texture et structure) par sa composition minéralogique : la dureté et la composition granulométrique et minéralogique de la roche influencent considérablement la rapidité de l'altération. La pédogénèse est lente sur roches dures (calcaires bathociens) ou au contraire, sur roches tendres peu perméables; elles progressent rapidement sur les matériaux perméables et riches en minéraux altérables (marnes).

La granulométrie du sol est souvent en relation étroite avec celle du matériau d'origine. Le lessivage de l'argile dépend en grande partie du matériau : il est

beaucoup plus marqué sur les roches sédimentaires meubles, suffisamment perméables (limons loessiques, calcaires marneux, certaines marnes).

- * les caractéristiques chimiques du sol;
- * les caractéristiques hydriques comme le drainage.

3.2.2. La topographie

Le relief même modéré exerce une action importante sur la pédogenèse par la modification du régime des eaux qu'il impose; les sols varient de façon continue le long des pentes.

La pente influence l'évolution du sol : une pente forte favorise l'érosion et le rajeunissement du sol et limite la pédogenèse du fait de l'érosion mécanique qu'elle provoque par gravité (voir figure n°2).

Une pente plus faible peut permettre l'installation d'un sol plus ou moins superficiel, mais provoque souvent un rajeunissement du profil (forte pluie).

Une pente très faible ou nulle permet l'évolution du profil pédologique par décarbonatation et brunification (forces érosives atténuées).

La position de la station sur le versant détermine des zones de rajeunissement (hauts de pente) et de colluvionnement (bas de pente).

La forme du versant (versant bombé ou versant en creux) est à l'origine de variations pédoclimatiques.

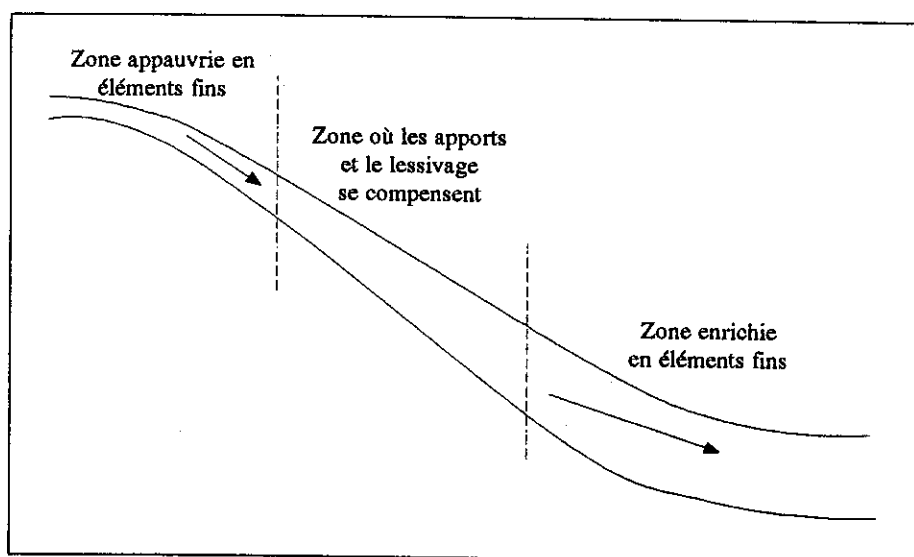


Figure n°2 : Influence du lessivage oblique sur l'évolution des sols (Duchaufour P., 1956)

Une conformation en "creux" de versant (fond de vallon étroit) engendre un microclimat particulier avec une hygrométrie supérieure et une température moyenne plus fraîche; par ailleurs, le sol étant plus profond, les réserves en eau sont élevées. Une conformation bombée du versant (crête secondaire) engendre des conditions plus sèches; le sol est en effet moins profond et le drainage important.

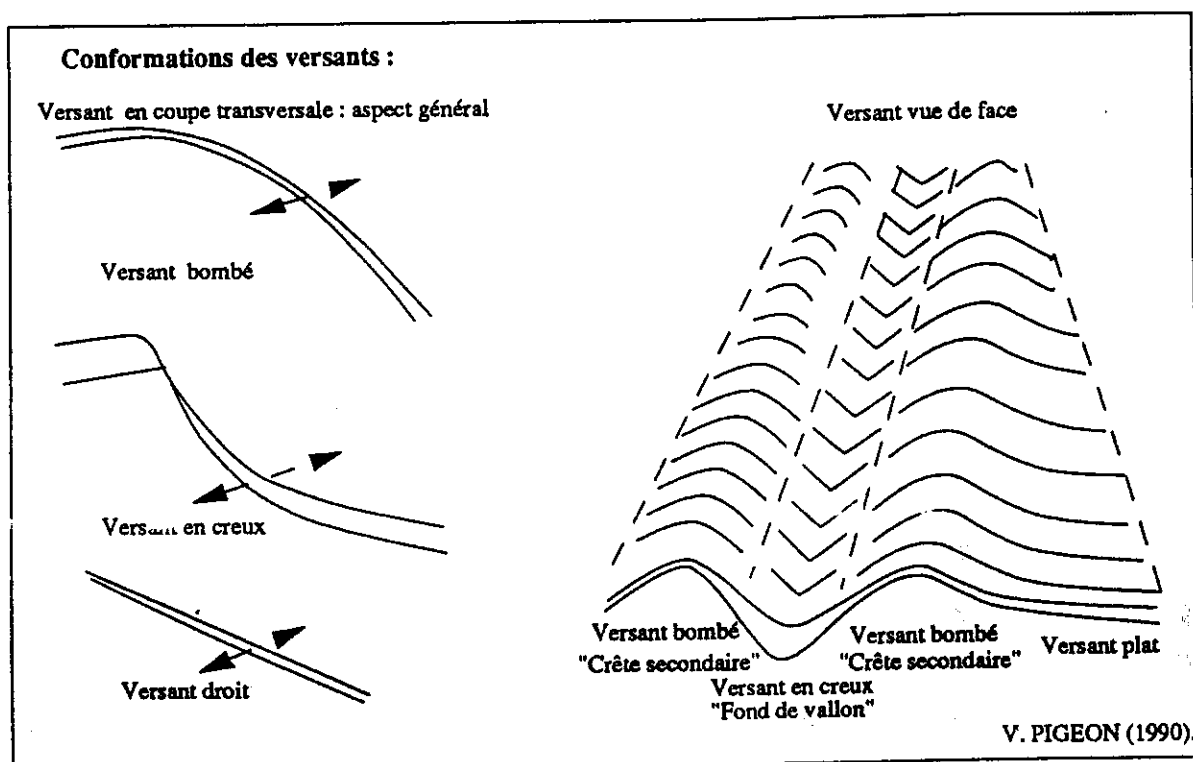


Figure n°3 : Conformation des versants

Ces successions régulières de sols en fonction de la topographie constituent les chaînes de sols (catenas, toposéquences ou topolithoséquences si elles se compliquent de variations des affleurements géologiques le long de la pente) : ainsi, il existe un lien géométrique entre les sols successifs d'une pente donnée. Les principaux processus qui interviennent le long d'une pente peuvent se résumer comme suit :

- érosion globale provoquant un rajeunissement des profils en haut de pente (enlèvement) comme en bas de profil (colluvionnement);
- entraînement mécanique des particules fines (lessivage oblique) et des composés solubles.

Exemple de toposéquence sur roche mère calcaire :

sur roche mère calcaire, recouverte d'argile de décalcification ou de limons résiduels, les phénomènes d'érosion dominant, car la couche d'argile limoneuse est entraînée dans son ensemble; on trouve des sols jeunes, dans la zone où l'érosion est la plus intense, c'est-à-dire au sommet de la pente.

La chaîne des sols peut être la suivante (voir figure n°4).

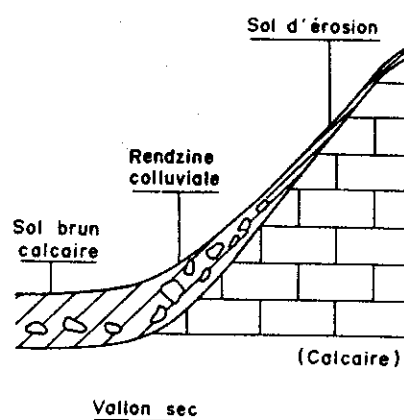
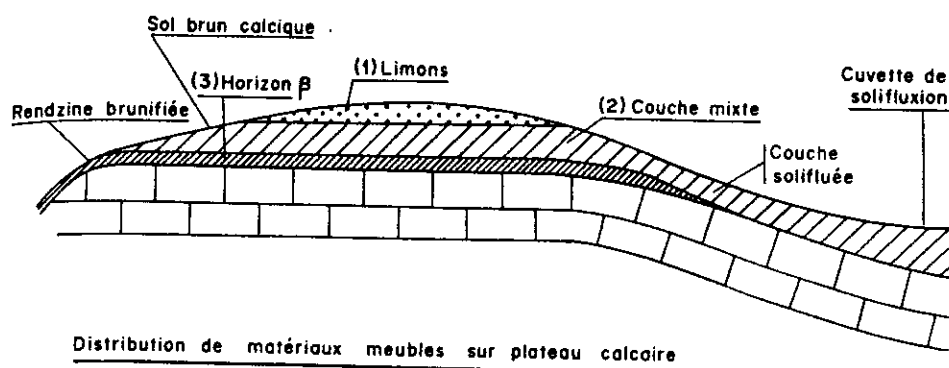


Figure n°4 : Chaînes de sols sur roche mère calcaire

④ Le sol et la fertilité forestière

4.1. Influence des propriétés chimiques du sol sur la fertilité forestière

La haute teneur en carbonate de calcium dans les sols non décarbonatés reposant sur des roches mères calcaires ou calcaréo-marneuses pose un problème de mise en valeur des sols forestiers.

En effet, en présence de carbonate de calcium, les formes du phosphore assimilable deviennent insolubles par cristallisation et de ce fait, ne participent plus aux échanges. Le phosphore insoluble ne contribue plus à l'alimentation de la plante.

Il en est de même pour le manganèse, l'aluminium et différents oligo-éléments (bore, cuivre, zinc cobalt) qui passent, en présence d'une forte concentration, à une forme inassimilable pour la plante.

Le carbonate de calcium se comporte donc en facteur limitant les potentialités forestières (baisse de la fertilité de la station = baisse de l'accroissement, limitation du choix des essences).

4.2. Influence du pédoclimat sur la fertilité forestière

Le pédoclimat dépend d'une part, des propriétés physiques intrinsèques du sol (texture, porosité, perméabilité); d'autre part, des conditions du climat général et enfin des facteurs stationnels :

- la texture, la porosité, la perméabilité du sol définissent sa capacité de réserve en eau utile et son aération;
- le climat général intervient par la température moyenne et la pluviosité;
- les facteurs stationnels génèrent des microclimats ou accentuent les phénomènes de drainage qui entraînent des variations sur une petite échelle.

☐ **Influence de l'altitude**

L'augmentation de l'altitude entraîne une diminution de la température et une hausse de la pluviosité, et donc une augmentation de l'hygrométrie.

☐ **Influence de l'exposition**

Sur un ubac, la température moyenne est plus fraîche et l'humidité atmosphérique plus élevée que sur un adret.

☐ **Influence de la pente**

Plus la pente est forte, plus les effets mésoclimatiques (d'adret et d'ubac) sont accentués. La pente joue un rôle important dans le drainage et donc l'économie en eau du sol; elle règle l'épaisseur du sol et sa capacité de rétention en eau.

☐ **Influence de la microtopographie**

Une conformation en creux de versant engendre un microclimat particulier avec une hygrométrie supérieure et une température plus fraîche; le sol est plus profond et ses réserves en eau sont importantes.

Une conformation bombée de versant engendre des conditions plus sèches; le sol est moins profond et le drainage important.

☐ **Influence des matériaux parentaux**

Ils modifient la capacité de rétention en eau du sol (le drainage est très important sur des sols riches en éboulis calcaires mal stabilisés).

☐ **Influence de la roche mère**

Une roche mère "calcaire compact" voit sa capacité de rétention en eau réduite (l'eau ruisselle sur la roche).

VI. FLORE ET VEGETATION : ANALYSE ECOLOGIQUE

La végétation d'une région est la résultante de l'action combinée dans le temps et l'espace de nombreux facteurs (écologique ou non) qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à l'édification, à la structure des groupements forestiers actuels.

Ces facteurs sont les suivants :

- présence d'un stock floristique sous la forme de cortèges floristiques (groupes d'espèces nées dans une même région et ayant subi des déplacements d'ensemble mis en place au cours de migrations successives (Holocène) ;
- les conditions écologiques actuelles (macroclimat, mésoclimat, sol) ;
- la dynamique de la végétation avec l'ontogenèse des climax (évolution linéaire ou série) et la sylvigénèse (évolution cyclique assurant la pérennité des climax ;
- la 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 d'un traitement sylvicole propre à chaque faciès ;
- les dégâts imputables au grand gibier (chevreuil).

① Eléments de flore : caractères phytogéographiques

La flore jurasso-alsacienne est représentative du :

- domaine médio-européen,
- secteur alpien (caractérisé par les remontées de plantes échappées de la région méditerranéenne par la vallée du Rhône et de ses affluents),
- sous-secteur delphino-jurassien,
- district du Jura,
- sous-district du Jura septentrional.

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

<i>Anemone nemorosa</i>	Anémone des bois
<i>Athyrium filix-femina</i>	Fougère femelle
<i>Carex sylvatica</i>	Laîche des bois
<i>Convallaria maialis</i>	Muguet
<i>Geum urbanum</i>	Benoîte des villes
<i>Hepatica nobilis</i>	Hépatique
<i>Milium effusum</i>	Millet diffus
<i>Oxalis acetosella</i>	Oxalide petite oseille
<i>Sambucus racemosa</i>	Sureau à grappes
<i>Stachys sylvatica</i>	Epiaire des bois
<i>Viburnum opulus</i>	Viorne obier

L'influence océanique (atlantique), marquée sur le Jura par des précipitations assez abondantes est relevée par un important groupes d'espèces européennes subocéaniques :

<i>Arum maculatum</i>	Gouet maculé
<i>Carex pendula</i>	Laîche pendue
<i>Crataegus monogyna</i>	Aubépine monogyne
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Fougère mâle
<i>Fagus sylvatica</i>	Hêtre
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne
<i>Galium odoratum</i>	Aspérule odorante
<i>Lamium strumarium</i>	Lamier jaune
<i>Melica uniflora</i>	Mélique
<i>Neottia nido-avis</i>	Néottie nid d'oiseau
<i>Polygonatum multiflorum</i>	Sceau de Salomon
<i>Quercus petraea</i>	Chêne sessile
<i>Senecio nemorensis</i> subsp. <i>fuchsii</i>	Séneçon de Fuchs
<i>Viola reichenbachiana</i>	Violette des bois

L'influence continentale est représentée par un groupe non moins conséquent d'espèces sub-continentales.

<i>Acer platanoides</i>	Erable plane
<i>Aquilegia vulgaris</i>	Ancolie vulgaire
<i>Berberis vulgaris</i>	Epine vinette
<i>Carex montana</i>	Laîche des montagnes
<i>Carpinus betulus</i>	Charme
<i>Galium sylvaticum</i>	Gaillet des bois
<i>Hordelymus europaeus</i>	Orge d'Europe

Les espèces montagnardes à tendance péréalpine caractérisent les étages montagnards inférieur et moyen.

<i>Abies alba</i>	Sapin pectiné
<i>Cardamine heptaphylla</i>	Dentaire pennée
<i>Centaurea montana</i>	Centauree des montagnes
<i>Daphne mezereum</i>	Joli bois
<i>Polygonatum verticillatum</i>	Sceau de Salomon à feuilles verticillées
<i>Rosa alpina</i>	Rosier des Alpes
<i>Sesleria albicans</i>	Seslérie blanchâtre
<i>Stachys alpina</i>	Epiaire des Alpes

Un certain nombre d'espèces ont une aire de répartition plutôt méridionale.

<i>Acer campestre</i>	Erable champêtre
<i>Clematis vitalba</i>	Clématite
<i>Cornus sanguinea</i>	Cornouiller sanguin
<i>Orchis purpurea</i>	Orchis pourpre
<i>Rhamnus catharticus</i>	Nerprun purgatif
<i>Sorbus aria</i>	Alisier blanc
<i>Viburnum lantana</i>	Viorne lantane

voire méditerranéo-atlantique

<i>Anthericum liliago</i>	Phalangère à fleur de lis
<i>Buxus sempervirens</i>	Buis
<i>Daphne laureola</i>	Lauréole
<i>Hedera helix</i>	Lierre grimpant
<i>Ilex aquifolium</i>	Houx
<i>Sanicula europaea</i>	Sanicle d'Europe
<i>Stellaria nemorum</i>	Stellaire des bois
<i>Tamus communis</i>	Tamier commun

② La végétation

La figure n°5 représente un transect théorique⁽¹⁾ de la végétation zonale jurassienne ou climax climatique⁽²⁾, caractérisée par sa composition dendrologique dominante. On peut ainsi distinguer deux étages bioclimatiques :

- l'étage collinéen : domaine de la hêtraie-chênaie-charmaie,
- l'étage montagnard :
 - * inférieur : domaine de la hêtraie,
 - * moyen : domaine de la hêtraie-sapinière.

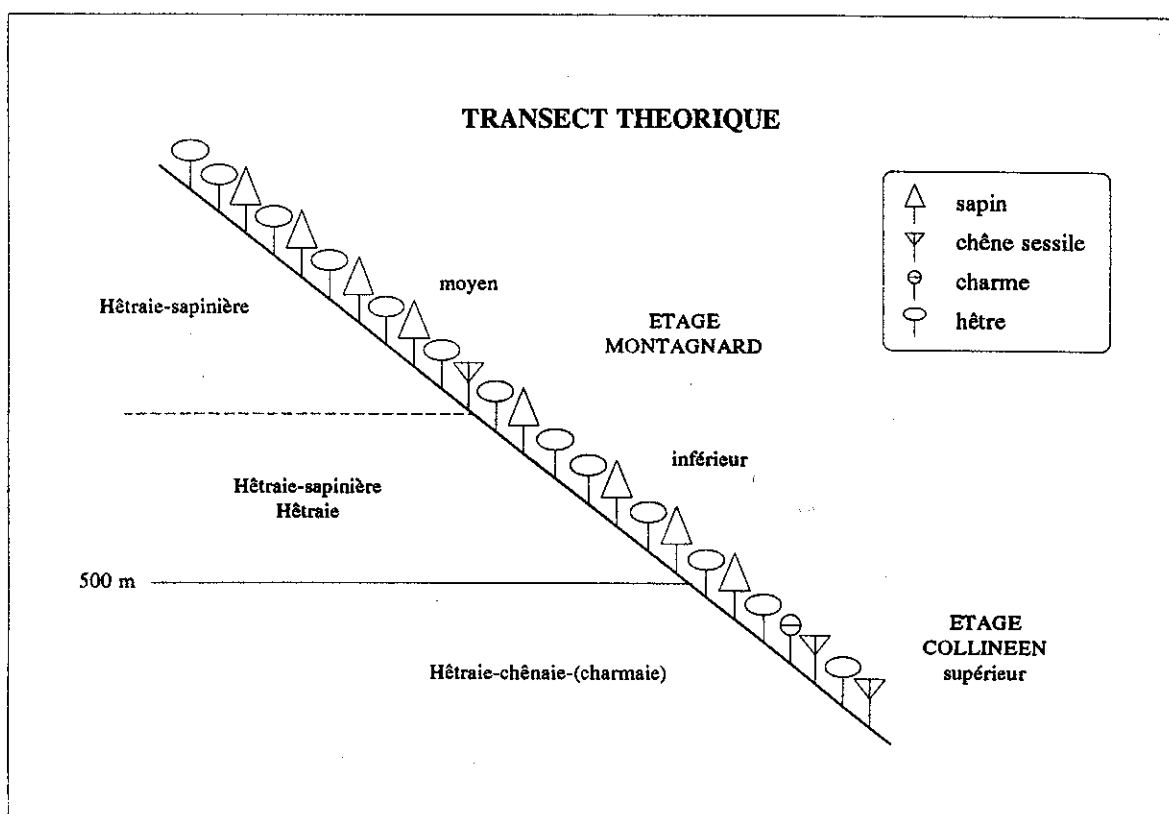


Figure n°5 : Climax climatiques du Jura alsacien

(1) Ce transect a été élaboré à partir de la carte phytogéographique de J.P. BOUDOT et des premières synthèses ONF.OLAM.

(2) Toute communauté non susceptible de maturation sylvigénétique plus poussée et demeurant ainsi distincte des autres, du fait de l'existence de blocages, est à considérer comme un climax. Un climax climatique est un écosystème homéostable avec les seules conditions macroclimatiques.

A ces climax climatiques, il convient d'ajouter :

- des climax édaphiques (blocages édaphiques prépondérants)
 - * aulnaie-frênaie sur sol relativement bien drainé
- des climax stationnels (blocages édaphiques et mésoclimatiques)
 - + *sur éboulis instables*
 - * érable - tiliaie à Scolopendre
 - + *sur affleurement calcaire (sol superficiel), en exposition chaude (S,W)*
 - * hêtraie thermoxérophile.

Du fait de la diversité des caractères édaphiques (niveau trophique et teneur en eau du sol) et des caractères mésoclimatiques déterminés par la topographie, quelques variations peuvent apparaître pour chacun des grands types forestiers cités précédemment (climax climatiques).

2.1 Variations édaphiques

Le diagramme de la figure n°6 inventorie les quelques situations que l'on peut rencontrer par rapport aux deux facteurs principaux déterminants : pH, richesse trophique, et teneur en eau du sol.

On peut distinguer ainsi :

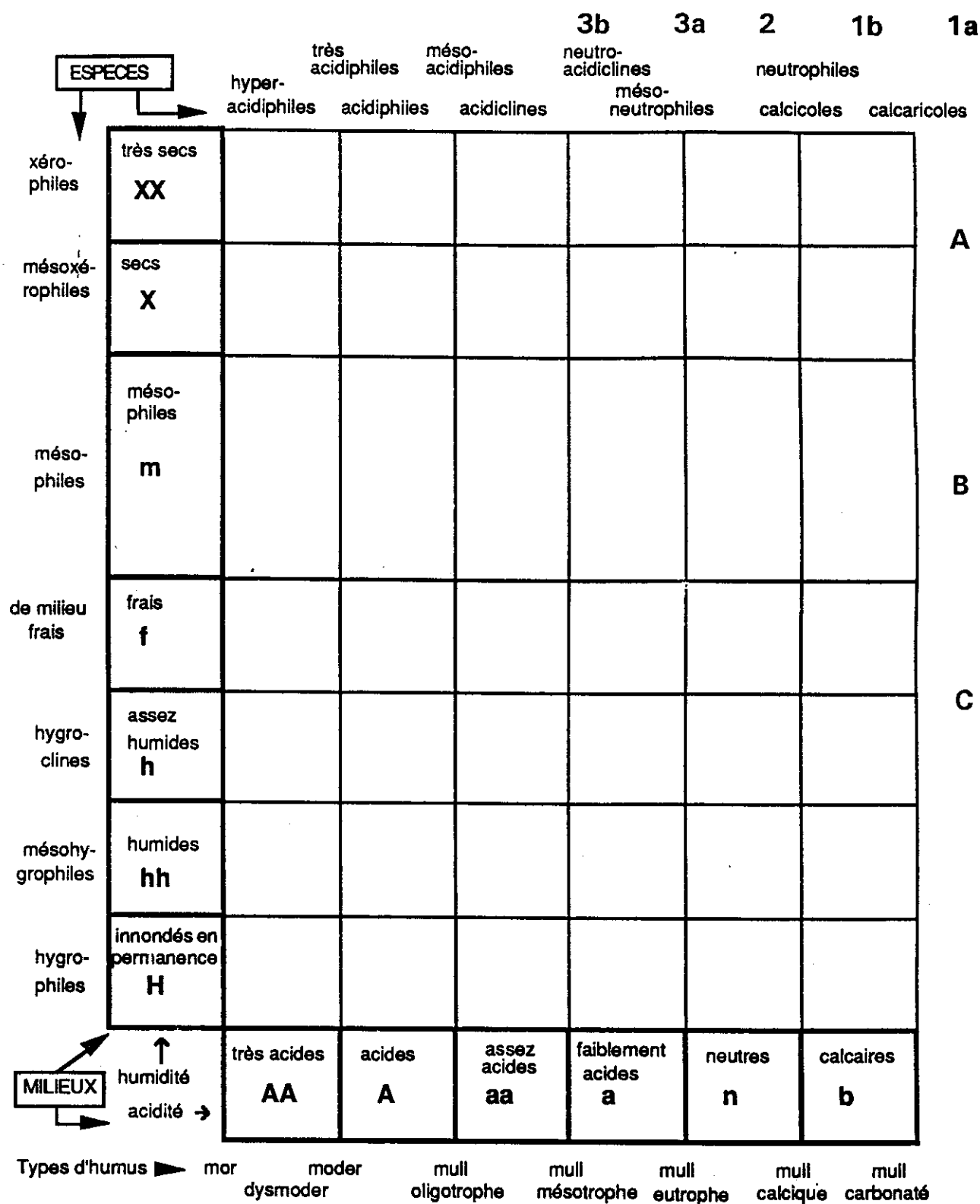
- selon le gradient trophique et d'acidité :

- 1a - milieu calcaricole avec présence de calcaire actif dans la terre fine ;
- 1b - milieu calcicole, avec une grande richesse en calcium du complexe absorbant ;
- 2 - milieu neutrophile riche en cations divers ;
- 3a - milieu mésoneutrophile avec légère désaturation du complexe absorbant ;
- 3b - milieu acidocline avec désaturation plus nette du complexe absorbant.

- selon le gradient de teneur en eau :

- A. milieu xérique : sol superficiel, pente d'adret souvent avec thermophilie accentuée ;
- B. milieu mésophile : sol plus ou moins profond, bien drainé ;
- C. sol frais à très frais : marmorisation plus ou moins poussée.

Figure n°6 : Diagramme combinant les gradients trophique et hydrique de répartition des espèces



2.2. Variations mésoclimatiques

La figure n°7 donne un aperçu des principales situations que l'on peut observer en fonction de la topographie :

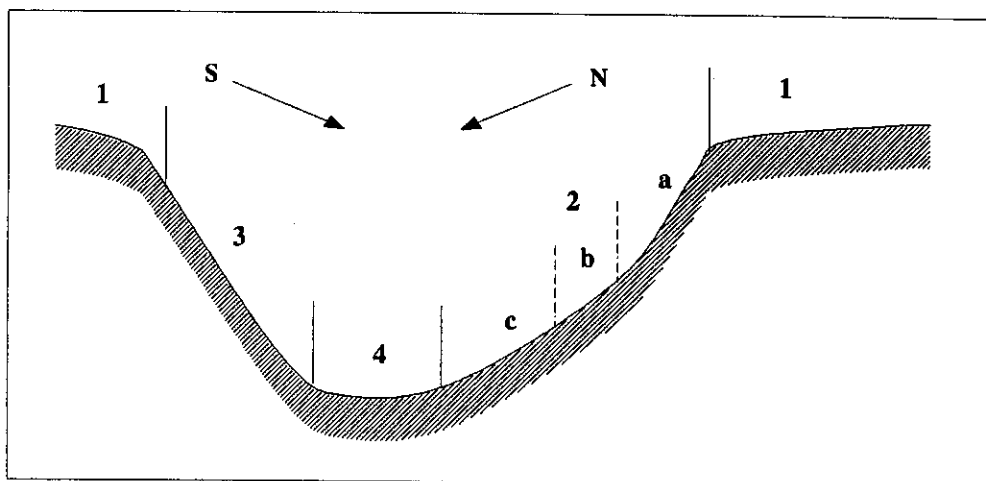


Figure n°7 : Variations mésoclimatiques en fonction de la topographie

- 1 - situation de plateau où s'exprime le macroclimat;
- 2 - l'adret dont le caractère thermophile s'exprime avec des intensités différentes selon la situation sur la pente : maximum en a (milieu chaud et sec), encore élevé en b et très faible en c;
- 3 - fond de vallon ou de vallée dans lequel l'air froid s'accumule. L'humidité atmosphérique y est très forte;
- 4 - l'ubac, versant ombragé bénéficiant d'une humidité atmosphérique élevée et subissant des conditions thermiques plus sévères.

2.3. Les unités phytogéographiques du massif

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.

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 (GEHU, RIVAS-MARTINEZ, 1981).

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 (*-eneae*). Les milieux forestiers du Jura alsacien se rangent dans une seule classe.

□ Classe des Quercu-Fagetea :

- . rassemble les forêts, caducifoliées, collinéennes ou montagnardes ;
- . *Acer campestre*, *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*;
- . *Corylus avellana*, *Crataegus laevigata*, *Hedera helix*, *Ilex aquifolium*, *Lonicera xylosteum*;
- . *Anemone nemorosa*, *Carex sylvatica*, *Convallaria maialis*.

△ Ordre des Fagetalia sylvaticae :

- . regroupe les forêts à frêne, aulne, chêne, charme, hêtre, hêtre et sapin ;
- . *Acer platanoides*, *Melica uniflora*, *Lamiastrum galeobdolon*, *Milium effusum*, *Paris quadrifolia*, *Dryopteris filix-mas*, *Mercurialis perennis*, *Viola reichenbachiana*.

○ Sous-ordre des Carpinio-Fagenalia :

- . forêts les plus répandues à l'étage collinéen avec hêtre, chêne sessile et charme dominants
- . *Carpinus betulus*, *Prunus avium*, *Vincetoxicum*.

▽ Alliance du Carpinion :

- . Sous-alliance du *Daphno-Carpinenion*
- . forêts à flore calcicole à neutrophile ;
- . *Daphne mezereum*, *Asarum europaeum*, *Mercurialis perennis*.

○ Sous-ordre du Cephalanthero-Fagenalia

- . forêts collinéennes, submontagnardes à flore xéro ou mésoxérocalcaricole ou calcicole ;
- . hêtraie xérophile et calcicole ;
- . *Carex alba*, *Cephalanthera* sp., *Sesleria alba*, *Carex montana*, *Carex digitata*, *Thlaspi montanum*...

○ Sous-ordre de l'Abieti-Fagenalia

- . forêts montagnardes

▽ Alliance du Fagion

- . regroupe les forêts de hêtre et de sapin, de l'étage montagnard ;
- . *Abies alba*, *Prenanthes purpurea*, *Festuca sylvatica*, *Polygonatum verticillatum*, *Senecio nemorensis* subsp. *fuchsii*, *Sambucus racemosa*.
- . Sous-alliance de l'*Asperulo-Fagenion*
- . hêtraies, hêtraies-sapinières neutrophiles et calcicoles ;
- . optimum de *Hordelymus europaeus*, *Arum dioicus*, *Cardamine heptaphylla*.

▽ Alliance du *Lunario-Acerion*

- . groupements inféodés aux pentes d'éboulis calcaires s'étageant du collinéen au sous-alpin;
- . dominance des essences nomades : *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia phatyphyllos* ;
- . *Phyllitis scolopendrium*, *Lunaria rediviva*.

○ Sous-ordre de l'*Alno-Ulmenia*

- . forêts riveraines ou de suintements.

▽ Alliance de l'*Alno-Padion*

- . *Alnus glutinosa*, *Carex pendula*, *Carex remota*, *Circaea lutetiana*, *Lysimachia nemorum*.

- . Sous-alliance de l'*Alnenion glutinosae-incanae*
- . petites vallées et vallées moyennes, suintements.

2.4. Dynamique de la végétation

Un groupement forestier en état d'équilibre apparent est en réalité le siège d'une évolution cyclique caractérisée par la succession dans le temps et l'espace de différentes phases sylvogénétiques. Ces phases reproduisent l'invariance de l'état initial tant que les conditions macroclimatiques restent constantes et que l'action de l'Homme n'induit pas de modifications profondes.

Les cycles sylvogénétiques ou évolution cyclique de la forêt

Différentes étapes physiologiques (liées à la croissance des espèces) se succèdent dans le temps, se traduisant par des motifs structuraux qui s'agencent en mosaïque : taches d'arbres d'avenir, d'arbres du présent, d'arbres du passé. L'ensemble des processus qui régissent le développement et l'organisation de cette mosaïque constitue la sylvigénèse.

Le chablis (en dehors de toute action humaine) est le moteur de la sylvigénèse. La composition du futur peuplement dépend de la fréquence, de la dimension et du moment du chablis, mais surtout du potentiel séminal local et du comportement forestier des espèces représentées dans ce potentiel.

On classe généralement les essences forestières en trois groupes selon les stratégies adaptatives :

* Les pionnières :

Elles colonisent les milieux ouverts perturbés : bouleau verruqueux, aulne glutineux, alisier blanc.

Elles recherchent la pleine lumière dès les premiers stades et sont donc soumises tout au long de leur développement à l'action du macroclimat. Leur production abondante de semences, leur adaptation à la dissémination par le vent leur confèrent un potentiel d'invasion élevé.

*** Les post-pionnières :**

Elles succèdent aux pionnières : chênes, frêne, érables, tilleuls, certains alisiers. Leur croissance est rapide. Leur tempérament est héliophile ou semi-héliophile dès leur jeune âge. Leur fécondité est plus ou moins élevée et elles présentent de nombreux moyens de dissémination. Les post-pionnières passent obligatoirement par une trouée au sein du massif pour leur régénération : stratégie forêt-trouée.

*** Les dryades :**

Cette dernière catégorie regroupe les espèces d'ombre au stade juvénile : sapin, hêtre, if. Leur développement est beaucoup plus lent. Ces essences adoptent une stratégie forêt-forêt.

La dynamique forestière est de plus compliquée par l'action de l'Homme qui bloque souvent l'évolution naturelle de la végétation. Le forestier a depuis longtemps remplacé le cycle sylvogénétique naturel par un ensemble de cycles (sylvofaciès) qu'il contrôle et dirige par l'intermédiaire de traitements sylvicoles : futaie, taillis-sous-futaie, taillis.

Le traitement en taillis-sous-futaie s'écarte plus du schéma naturel. Les perturbations sont rapprochées mais partielles (15 à 30 ans) avec exploitation régulière du taillis et des réserves mûres. Cette conduite du peuplement favorise les essences peu tolérantes à l'ombrage (pionnières et post-pionnières) : merisier, frêne, érables, chênes et entraîne l'éradication des essences d'ombre. On comprend alors les difficultés qui peuvent apparaître sur l'interprétation de ces peuplements pour la définition des types de stations (exemple : accru en érables et tilleul pouvant être confondu avec une érablière naturelle d'éboulis).

Dynamique linéaire ou ontogénèse du climax

Le chablis peut induire une dynamique plus ou moins poussée amenant l'individualisation de groupements végétaux ou stades correspondant chacun à un niveau de dégradation particulier. Toutefois, cette dynamique dite "régressive" est le plus souvent le fait de l'action de l'Homme : coupe, feu, pâturage... Il résulte de ces perturbations à grande échelle une dynamique dite "linéaire" que l'on peut imager par la figure suivante :

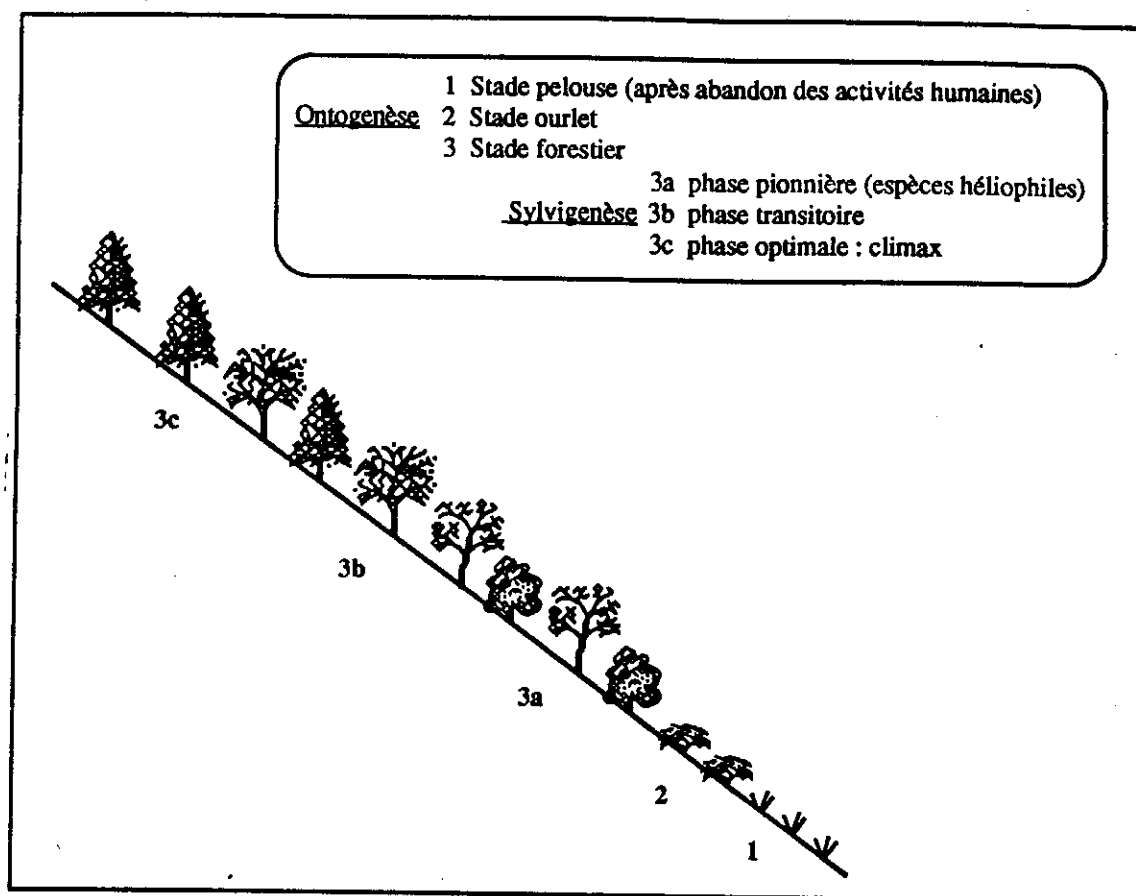


Figure n°8 : Ontogénèse du climax

Chaque stade stabilisé peut être à l'origine d'une dynamique progressive si les pressions extérieures le permettent avec retour plus ou moins rapide au climax. L'ensemble des stades constitue une succession ou série de végétation.

pelouse $\Rightarrow$ ourlet extensif $\Rightarrow$ fourré-manteau avec ourlet linéaire
 $\Rightarrow$ phase forestière pionnière $\Rightarrow$ climax.

2.5. Les unités phytoécologiques du Jura alsacien

d'après les travaux de B. CUIILLER et P. MERIAU (1980), J. TIMBAL (1985)

A l'étage collinéen

* hêtraie-chênaie-charmaie : ce type représente la forme la plus basique et la plus sèche de la hêtraie-chênaie alsacienne, développée généralement sur rendzine plus ou moins brunifiée à mull calcaire, voire sur sol brun calcique, souvent en exposition sud.

A l'étage montagnard

- inférieur :

* hêtraie calcaricole xérothermophile à *Sesleria albicans* : ce type de hêtraie assez rare se rencontre là où le calcaire affleure, sur des sols superficiels de type rendzinique, en versant exposé (sud à ouest). La strate herbacée est riche en espèces xérocalcaricoles et calcicoles, avec un fort recouvrement de l'espèce la plus caractéristique : *Sesleria albicans*.

C'est un type de faible productivité du fait des conditions stationnelles assez drastiques (sol se : à faible réserve utile en eau) mais de grand intérêt biologique par sa rareté et sa flore.

CUILLER et MERIAU rattachent le type à l'association jurassienne du *Seslerio-Fagetum* (sous-alliance du *Cephalanthero-Fagenion*).

- moyen :

* hêtraie-sapinière neutro-méso-acidiphile : décrite par CUILLER et MERIAU, développée sur sol brun calcique ou brun eutrophe relativement profond. La strate herbacée abondante, montre un fort recouvrement d'espèces neutro-clines : Lamier jaune, Asperule odorante, Fougère mâle, Laïche des bois. La Dentaire pennée et l'Orge d'Europe peuvent être également très présentes.

* hêtraie-sapinière mésohygrophile, de plateau, sur argiles de décarbonatation assez épaisses, développée sur sol brun eutrophe à brun légèrement lessivé.

Du fait des fortes réserves en eau du sol et de son bon approvisionnement latéral, (signalé par la présence abondante de la Laïche pendue), c'est un type à fort potentiel de production.

* hêtraie-sapinière xérocalcaricole à *Mercuriale pérenne* et *Laïche digitée* sur éboulis grossiers, développée sur rendzine ou rendzine brunifiée en exposition chaude.

* hêtraie-sapinière xérocalcaricole à *Laïche blanche* de bas de versant sur colluvions de cailloutis ou de grouine, développée sur rendzine colluviale ou sol brun calcaire.

* hêtraie-sapinière mésoneutrophile à *Mercuriale pérenne* et *Dentaire pennée* : c'est un type moins rare qu'on le pense, localisé sur les zones les plus élevées du Jura alsacien, sur forte pente et développé sur sol colluvial à mull eutrophe à mésotrophe (colluvion calcaire profond). La strate herbacée, de recouvrement souvent totale, est riche en espèces diverses. Outre la Dentaire pennée et la Mercuriale pérenne, on y trouve fréquemment l'Asperule odorante, le Lamier jaune, le Prénanthe pourpre, la Mélisse et la Fétuque des bois. Le sol très fertile explique la forte productivité du sapin et du hêtre, dans ce type de station.

VII. SITUATION ACTUELLE DE LA FORET

① Répartition des surfaces

En moyenne, la forêt couvre 58 % de la surface totale du Jura de Ferrette.

Région forestière	Surface totale (ha)	Surface totale boisée (ha)	Taux de boisement (%)
Jura alsacien	10 238	5 910	57,73

Taux de boisement : source IFN, 1990.

A ces surfaces boisées, il convient d'ajouter les landes (associées aux boisements ou délaissés de culture) qui couvraient en 1990, 62 ha.

② Répartition des types de propriétés

Les types de propriétés se divisent en deux groupes :

- * les forêts soumises au régime forestier - domaniales
- communales
- * les forêts non soumises au régime forestier

2.1. Les forêts soumises au régime forestier

Elles couvrent une surface de 4 695 ha, soit 79 % de la surface forestière.

2.1.1. Les forêts domaniales

Une seule forêt domaniale : la forêt de St Pierre Lucelle. Elle occupe 642 ha, soit 11 % de l'ensemble des forêts soumises. Constituée principalement de résineux (546 ha contre 96 ha de feuillus - hêtre essentiellement), elle est plantée pour moitié d'épicéa (375 ha), ce qui lui confère un rôle de production.

2.2.2. Les forêts communales

Elles totalisent 4 053 ha, soit 69 % de l'ensemble des forêts. Elles sont partagées entre 23 communes.

Constituées aux 2/3 d'essences feuillues (hêtre principalement), leurs rôles sont la production forestière et la protection des sols.

2.2.3. Les forêts privées

Elles ne couvrent que 1 184 ha soit 20 % de la surface totale forestière. Elles sont constituées à part égale d'essences feuillues et d'essences résineuses.

2.2. Composition des peuplements forestiers

Pour l'ensemble des forêts de la région du Jura alsacien, les essences se répartissent comme suit : voir tableau n°6.

Essences prépondérantes	Forêt domaniale (ha)	Forêt communale (ha)	Forêt privée (ha)	Total en ha
Hêtre	96	2545	559	3200
Chêne sessile	-	59	-	59
Frêne	-	59	146	205
Tilleuls	-	32	-	32
Erables	-	137	-	137
Total feuillus	96	2832	705	3633
Epicéa	375	211	280	866
Sapin pectiné	75	1010	143	1228
Pin sylvestre	96	-	56	152
Total résineux	546	1221	479	2246
Total structure en ha	642	4053	1184	5879

Tableau n°6 : Formation boisée de production ; surface par essence prépondérante et type de propriété.

2.3. Surface des boisements - reboisements et conversions de feuillus

Les essences de reboisement sont essentiellement des résineux : l'épicéa, plus résistant au froid et à l'action du vent, est largement utilisé en altitude ; le pin sylvestre, mieux adapté à la chaleur et à la sécheresse, prédomine sur les versants chauds. L'enrésinement n'a cessé de se développer jusqu'à la période actuelle.

Le tableau n°7 rassemble les surfaces des boisements, reboisements et conversions de feuillus par types de propriétés.

Propriétés soumises au régime forestier			Propriétés non soumises		
Boisement artificiel ha	Reboisement artificiel ha	Conversion feuillus ha	Boisement artificiel ha	Reboisement artificiel ha	Conversions feuillus ha
-	393	-	125	124	156

Tableau n°7 : Surfaces des boisements, reboisements et conversions de feuillus par type de propriété

Le tableau n°8 répertorie les surfaces couvertes par les essences introduites dans les boisements et reboisements par classe d'âge (toutes propriétés confondues).

Essences introduites	Surface des essences introduites par classe d'âge (en ha)						Surface totale boisée ou reboisée (en ha)
	0 - 4 ans	5 - 9 ans	10 - 14 ans	15 - 19 ans	20 - 29 ans	30 - 39 ans	
Pin sylvestre	45	-	-	-	-	-	45
Epicéa commun		196	107	47	121	120	581
Mélèze d'Europe	-	6	-	-	-	-	6

Tableau n°8 : Surface de boisements et reboisements par essences et classe d'âge

VIII. CONCLUSION

Cette étude constitue l'étape préalable nécessaire à la réalisation d'une typologie des stations forestières du Jura alsacien. Elle nous a permis de rassembler un certain nombre d'éléments dont nous devons tenir compte pour parvenir à une étude la plus exhaustive possible de la région. Cette étude nécessitera la réalisation de 100 relevés phytoécologiques, afin de couvrir l'ensemble du territoire.

Nous ferons appel à la méthode phytoécologique habituellement utilisée en matière d'étude stationnelle ; elle est basée sur l'observation simultanée de la végétation et des conditions stationnelles (altitude, pente, exposition, sol, action de l'homme) débouchant sur la délimitation de types de stations forestières définies :

- par un certain cortège floristique,
- par un ensemble de conditions stationnelles (mésoclimatiques, édaphiques, géologiques...) les déterminant, à l'origine de potentialités particulières homogènes (essences climaciques ou pouvant être introduites, production, qualités des bois, régénération naturelle).

① Etape analytique

1.1. Constitution d'un plan d'échantillonnage

L'étude monographique a permis de mettre en évidence les facteurs écologiques à l'origine de la diversité de la végétation associée de substitution.

Il est matérialisé par un réseau de transects, dans le sens de la pente (du fond de vallée vers les crêtes) et le long des courbes de niveau, recoupant les différents éléments de la diversité écologique (altitudinale, géomorphologique, géologique, formations végétales...).

L'échantillonnage s'appuie sur la structuration des facteurs écologiques résumés ci-dessous.

1.2. Stratification des facteurs écologiques

1.2.1. Les variations climatiques

Elles permettent d'expliquer la répartition des grandes unités de végétation.

□ par l'influence directe de l'altitude, plusieurs étages bioclimatiques se succèdent, subdivisés en horizons (voir chapitre VI 1.2.) :

- * étage collinéen : hêtraie - chênaie - charmaie,
- * étage montagnard inférieur : hêtraie,
- * étage montagnard supérieur : hêtraie - sapinière.

□ par la topographie

○ influence de l'exposition :

Un décalage des limites altitudinales des étages bioclimatiques s'observe au niveau des versants selon l'exposition générale $\Rightarrow$ effets du mésoclimat.

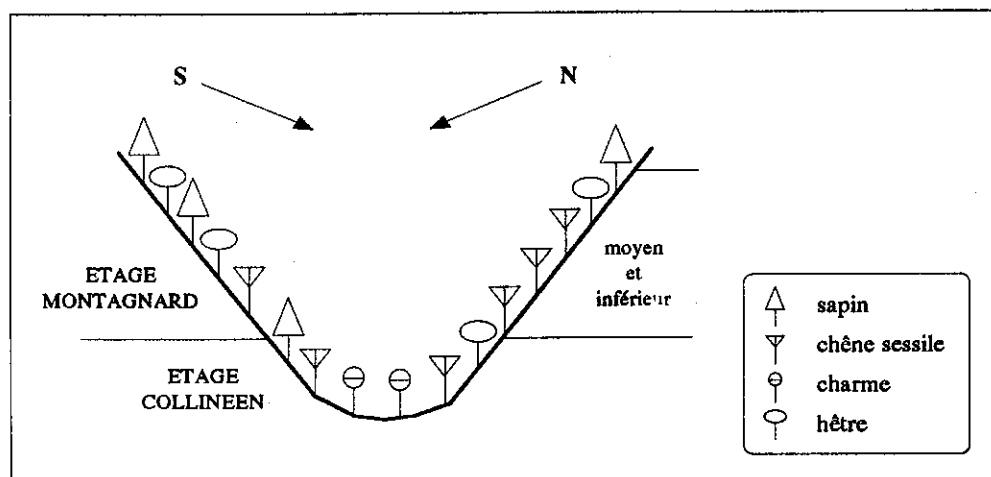


Figure n°9 : Etagement bioclimatique de la végétation

○ influence de la pente :

- les effets du mésoclimat (d'adret ou d'ubac) sont intensifiés par l'accentuation de la valeur de la pente.
- la pente intervient également dans l'évolution pédogénétique des sols : influence sur le drainage, l'épaisseur du sol... Le phénomène de colluvionnement est intense sur pente forte : accumulation de colluvions hétérométriques en bas de pente.

1.2.2. Le substrat géologique ou matériau parental

Il est à l'origine de la diversification, de la fertilité et de la capacité de rétention en eau des sols :

- calcaire compact, dur, limitant l'évolution des sols : sols de type rendzine, rendzine brunifiée... Sols superficiels, filtrants, à faible rétention en eau;
- calcaire marneux, marno-calcaire, marne : à l'origine de sols évolués et plus ou moins désaturés.

1.2.3. Les formations superficielles

Elles recouvrent parfois le substrat d'origine sur les plateaux sommitaux et les bas de pentes. On peut distinguer :

- les argiles de décarbonatation (appelées "formations résiduelles des plateaux");
- les éboulis et colluvions de versants.

1.2.4. Influence anthropique

- abandon de la pression agricole dans les vallées $\Rightarrow$ recolonisation par la végétation forestière avec constitution de manteaux arbustifs puis de manteaux arborescents (à base d'essence héliophiles : frêne, érables...);
- plantation de substitution avec modification des conditions stationnelles : ex : épicéa substitué au sapin et au hêtre.

1.3. Collecte des données sur le terrain

Les relevés phytoécologiques sont effectués par le cheminement sur les transects précédemment définis à chaque fois que la végétation ou les conditions stationnelles varient.

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, mais elle peut varier.

Le relevé prend en compte :

- l'ensemble des espèces végétales présentes (cortège floristique) notées par strate (arborescente, arbustive, herbacée et muscinale) ; chaque espèce étant caractérisée par deux coefficients :
 - . abondance - dominance
 - . sociabilité.
- les données stationnelles : altitude, exposition, pente, roche-mère, matériaux d'origine du sol, caractères fondamentaux du sol, action de l'Homme.
- les caractéristiques du peuplement forestier ou de la formation végétale de substitution.

② Etape synthétique

Il s'agit d'exploiter toutes les données recueillies lors de la saison de terrain afin d'établir des discontinuités dans l'ensemble des relevés phytoécologiques.

2.1. Analyse des données floristiques

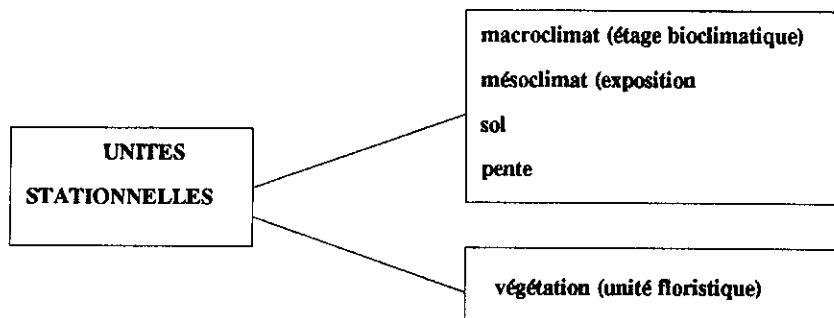
Dans un premier temps, tous les relevés sont triés et regroupés en unités selon leurs affinités floristiques. La végétation intègre en effet à peu près l'ensemble des facteurs écologiques d'un milieu :

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

Le grand nombre des données à traiter est en faveur de l'emploi de logiciels de traitements statistiques. L'A.F.C. (analyse factorielle des correspondances) associée à une classification hiérarchique ascendante avec partition semble le mieux adaptée pour classer ces données.

2.2. 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 les unités stationnelles.



L'analyse fine de l'amplitude de variation des facteurs écologiques déterminant une végétation identique peut induire 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 obligés de distinguer pour un même cortège floristique, plusieurs types de stations, compte tenu des variations de sol corrélées avec la pente, variations induisant des fertilités assez nettement différentes pour les stations correspondantes.

2.3. Prise en compte de la dynamique de la végétation

Dans le cadre de conditions écologiques identiques, du fait de l'action de l'Homme ou d'événements extérieurs, la végétation peut se trouver à des degrés évolutifs très variés. Il s'agit donc dans une dernière étape d'établir, dans le cadre de conditions écologiques homogènes, les liens dynamiques entre les différentes unités de végétation :

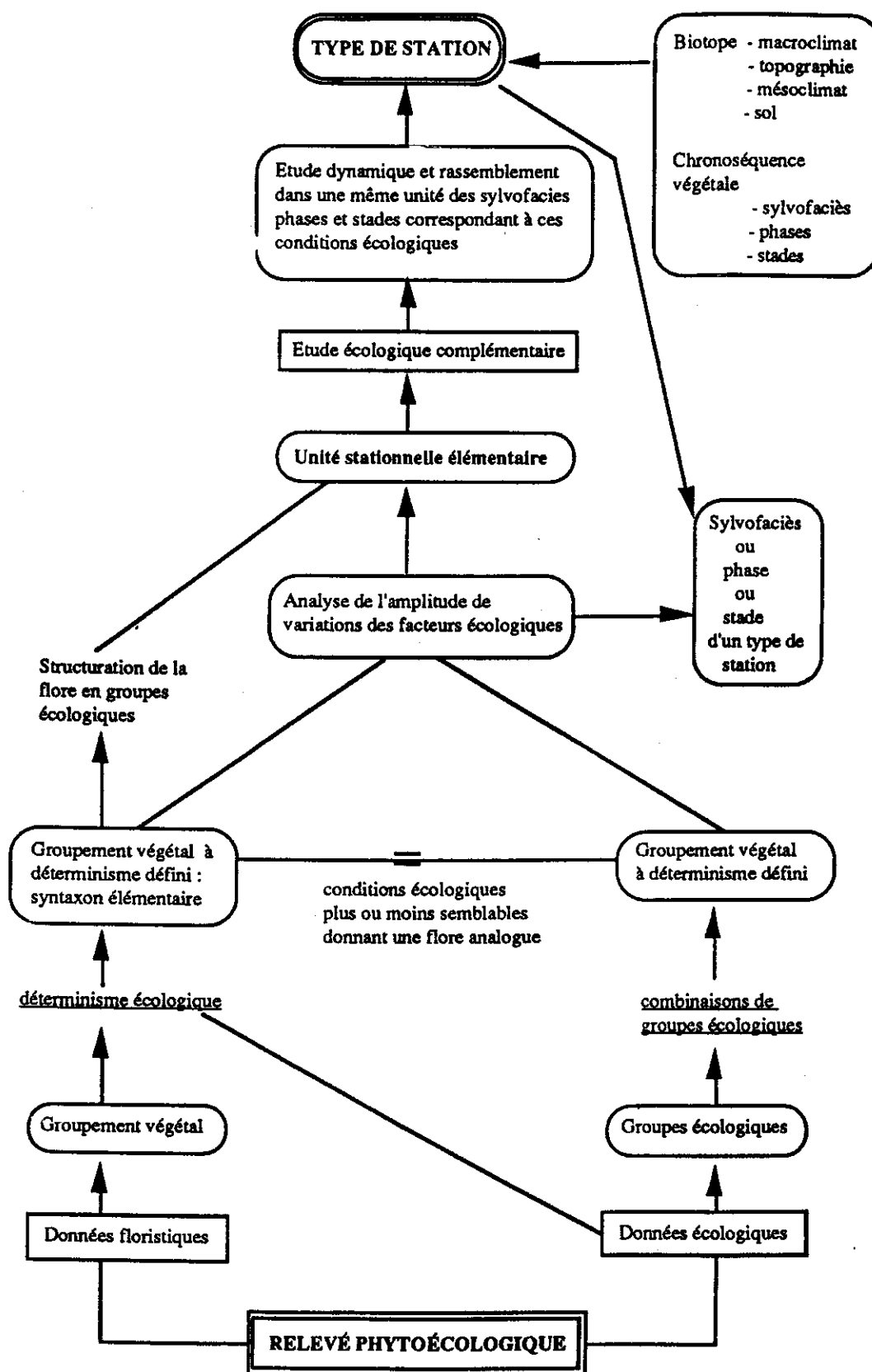
- peuplements climaciques en équilibre avec les conditions naturelles,
- sylvofaciès : peuplements ayant subi des modifications du fait de l'action de l'Homme,
- étapes du cycle sylvigénétique,
- manteaux arborescents et arbustifs,
- végétation herbacée de pelouse.

La démarche aboutit au type de station caractérisé par :

- un ensemble de conditions stationnelles à peu près stables,
- une série de végétation évoluant vers un climax forestier particulier (plusieurs cortèges floristiques correspondent à chacune des étapes), dans laquelle seront situées les plantations étudiées.

Le schéma de la page suivante résume l'ensemble de la méthode utilisée.

Schéma n°1 : Démarche utilisée en typologie forestière



BIBLIOGRAPHIE

- BECKER (M.), 1979. - Les facteurs climatiques et la croissance du Sapin dans les Vosges alsaciennes. Intérêt d'une notion nouvelle : l'altitude compensée. - Compte-rendu des séances de l'Académie d'Agriculture de France, 65, (15), p. 1307-1313.
- CUILLER (B.), MERIAU (P.), 1980. - Définition des 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 2 cartes.
- DUBURGUET (J.), GILLET (F.), 1986. - Typologie des stations forestières des premiers plateaux du Doubs. - Université de Franche-Comté, Besançon, 1, p. 1-4.
- DUCHAUFOR (P.), 1970. - Précis de pédologie. - Masson, Paris.
- GUENAT (C.), 1976. - Contribution à l'étude de typologie des stations forestières de quelques forêts du premier plateau du Jura. - D.E.A., Nancy, 28 p.
- GUINOCHET (M.), 1973. - Phytosociologie. - Collection d'Ecologie. Masson, Paris.
- I.F.N., 1990. - Département du Haut-Rhin. Résultats de l'inventaire forestier.
- JACAMON (M.), SIGWARTH (G.), 1982. - Arbres et Forêts d'Alsace. - Edit. S.A.E.P., Ingersheim, 139 p.
- O.N.F., 1987. - Orientations locales d'aménagement pour la région I.F.N. Jura alsacien. - Colmar, 23 p.
- PEGUY (Ch.), 1970. - Précis de climatologie. - Masson, Paris.
- RAMEAU (J.C.), 1987. - Contribution phytoécologie et dynamique à l'étude des écosystèmes forestiers. Applications aux forêts du Nord-Est de la France. - Thèse de doctorat d'état. Université de Franche-Comté, Besançon, 344 p.
- RASTETTER (V.), 1976. - La forêt en Alsace et plus spécialement dans le Haut-Rhin. - Bull. Soc. Ind. Mulhouse, 765, p. 61-70.
- TIMBAL (J.), 1970. - Principales espèces indicatrices des forêts du Nord-Est de la France. - C.N.R.F.
- 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.

Références cartographiques :

Géologie :

Carte au 1/50.000ème, Ferrette

Topographie :

Cartes au 1/50.000ème, Ferrette
Delle

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)

