

SOCIÉTÉ FORESTIÈRE DE FRANCHE-COMTE

LE HÊTRE SUR LES PLATEAUX CALCAIRES DE FRANCHE-COMTE :
CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES RELATIONS STATION/PRODUCTION



THEORY

The first part of the theory is the basic principles of the theory.

The second part of the theory is the application of the theory to the practice.

The third part of the theory is the evaluation of the theory.

The fourth part of the theory is the conclusion of the theory.

The fifth part of the theory is the summary of the theory.

The sixth part of the theory is the appendix of the theory.

LE HETRE SUR LES PLATEAUX CALCAIRES DE FRANCHE-COMTE : CONTRIBUTION A L'ETUDE DES RELATIONS STATION/PRODUCTION

Etude réalisée par la Société Forestière de Franche-Comté avec la participation financière de la Région de Franche-Comté et de l'Etat.

Chargé d'Etude : Marc MARIEL
Ingénieur civil des Techniques
Forestières

Concours Technique : - Office National des Forêts
- Centre Régional de la Propriété
Forestière de Franche-Comté

Direction des Travaux : Direction Régionale de l'Agriculture
et de la Forêt (Service Régional de la
Forêt et du Bois)

Le chargé d'étude tient à remercier :

- Les membres de la Commission Nationale Station/Production, pour leurs conseils tout au long de l'étude ;
- Les personnels de l'Office National des Forêts et du Centre Régional de la Propriété Forestière, pour leur contribution aux prospections en forêt.

JANVIER 1992

SOMMAIRE

INTRODUCTION

A - LES DIFFERENTES COMPOSANTES

I. LE MILIEU

1 - Présentation du domaine d'étude

2 - Formation et évolution des sols sur roche calcaire

2.1 - Les différentes étapes

2.2 - Signification en Franche-Comté

3 - Stratégie pour le regroupement théorique des stations

3.1 - Matériaux d'origine des sols

3.2 - Géomorphologie-topographie

3.3 - Pédologie

3.4 - Flore - Végétation

4 - Les séquences sur plateaux calcaires du Nord-Est

4.1 - Présentation des séquences

4.2 - Représentativité en Franche-Comté

4.3 - Sélection de stations

4.4 - Les stations à échantillonner

II. LE HETRE EN FRANCHE-COMTE

- 1 - Haute-Saône
- 2 - Premiers plateaux du Doubs
- 3 - Premier plateau du Jura
- 4 - Récapitulatif - Conclusion

III. LA RELATION MILIEU / PRODUCTION

- 1 - D'une relation station/production à une relation station/fertilité
- 2 - Dispositif et condition pour l'étude d'une relation station/fertilité
 - 2.1 - Construction d'un modèle de croissance en hauteur dominante
 - 2.2 - Utilisation du modèle de croissance en hauteur dominante

B - MISE EN OEUVRE DE L'ETUDE

I - COLLECTE DE PLACETTES

- 1 - Appréciation des peuplements proposés
- 2 - Identification des stations
- 3 - Adéquation peuplements/stations sélectionnées

II. ETUDE DENDROMETRIQUE

- 1 - Les différentes mesures
- 2 - Résultats des mesures

- * TABLEAU DE MENSURATIONS PAR STATION
- * RECAPITULATIF
- * NUAGE DE POINTS HAUTEUR/AGE

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FORETS DANS LESQUELLES DES PEUPLEMENTS
ONT ETE PROPOSES ET VISITES

Peuplement pur : l'essence étudiée doit représenter plus de 80 % de la surface terrière.

Peuplement équienné : l'âge des 100 plus gros arbres par hectare doit être compris dans une fourchette de ± 10 % autour de leur moyenne.

Peuplement complet : peuplement ayant crû en "ambiance forestière", sans trouée importante et qui occupe une surface convenable (surface en ares $> 1/2$ hauteur dominante en mètres).

INTRODUCTION

Les études de typologie forestière connaissent un large développement en Franche-Comté : d'ici deux ans, la zone à vocation feuillue sera entièrement couverte, ce qui représente une dizaine de catalogues.

C'est par conséquent dans une certaine logique de continuité que s'inscrit l'étude des relations entre les facteurs du milieu (synthétisés par les catalogues de stations), la production ligneuse et la qualité du bois pour le hêtre sur les plateaux calcaires.

L'intérêt de cette étude est double :

- intérêt pratique :

il s'agit de fournir aux forestiers locaux une panoplie d'indicateurs pour guider les aménagistes dans leurs objectifs sylvicoles, en terme de choix d'essence notamment, dans une région particulièrement concernée par le traitement en conversion ;

- intérêt scientifique :

le domaine d'étude s'étend sur trois régions naturelles (soit trois catalogues) et présente aussi des variations macroclimatiques intéressantes : on passe de l'étage collinéen moyen à l'étage collinéen supérieur en conservant les mêmes combinaisons stationnelles.

les catalogues répertorient plus d'une centaine de stations, délicates à manipuler ; il est souhaitable de mettre en évidence des ensembles regroupant des stations au comportement semblable vis à vis des facteurs de production et de la qualité.

La mise en oeuvre de ce type d'étude nécessite le déploiement de moyens humains et financiers importants. A cette difficulté, facile à maîtriser, s'ajoutent des contraintes d'échantillonnage inhérentes à la nature des peuplements et à la diversité du milieu, mais surtout liées à l'adéquation peuplements/station :

- dans l'état actuel des connaissances, et pour le choix d'un protocole robuste et dynamique, la relation station-production n'est envisageable que pour des peuplements purs, équiennes et complets ;

- l'exhaustivité des catalogues ne peut pas être prise en compte totalement : une sélection de stations doit s'opérer sur la base des critères les plus pertinents (intérêt pour le gestionnaire, représentativité spatiale etc...)
- il faut une dizaine de "couples" (peuplement - station) pour valider les observations en résultats scientifiques statistiquement reconnus.

En pratique, le protocole comporte plusieurs phases : entre l'exploration, nécessairement longue, et la réalisation proprement dite, dont on attend les résultats :

- 1 - analyse du milieu et sélection des stations
- 2 - recherche de peuplements (indépendamment de la station)
- 3 - confrontation stations-peuplement :
 - * *analyse qualitative et quantitative du matériel d'étude disponible*
- 4 - construction d'un outil (= modèle de croissance en hauteur dominante) à partir d'un échantillon de l'ensemble des couples station/peuplement :
 - * *analyse de tiges ;*
 - * *modélisation : mise en évidence des niveaux de fertilité*
- 5 - utilisation de l'outil sur la totalité des couples peuplement-station :
 - * *attribution d'un niveau de fertilité pour chaque station*
 - * *classement des stations*

En récapitulation, cette étude représente un travail progressif dont le déroulement est conditionné par l'existence d'un bilan positif au niveau des différentes phases.

A - LES DIFFERENTES COMPOSANTES

I. LE MILIEU

1 - Présentation du domaine d'étude

Le domaine d'étude est constitué par les plateaux calcaires de Franche-Comté de l'étage collinéen :

- plateaux calcaires de Haute-Saône (plateaux de Champlitte, Combeaufontaine et Vesoul)

Altitude : 300 à 500 m
Pluviosité : 700 à 950 mm
climat continental mêlé d'influences océaniques

- premiers plateaux du Doubs

* Plateau de Montrond

Altitude : 300 à 500 m
Pluviosité : 1000 mm à 1200 mm

* Plateau d'Ornans et de Pierrefontaine

Altitude : 500 à 750 m
Pluviosité : 1200 à 1500 mm
climat aux influences montagnardes

- premier plateau du Jura

Altitude : 500 à 750 m
Pluviosité : 1300 à 1500 mm
climat montagnard

Le domaine d'étude met en évidence des variations macroclimatiques sensibles que l'on peut traduire à travers deux unités :

- l'étage collinéen moyen, composé des plateaux calcaires de Haute-Saône et du plateau de Montrond ;
- l'étage collinéen supérieur représenté par les plateaux d'Ornans, de Pierrefontaine, et le premier plateau du Jura.

Cette distinction sera prise en compte dans la sélection de stations.

2 - Formation et évolution des sols sur roches calcaires

La plupart des sols Franc-comtois sont issus de l'altération de la roche mère calcaire sous jacente , qui caractérise le Jura.

La figure ci-contre retrace, de façon simplifiée, la formation et l'évolution d'un sol sur roche mère calcaire. La réalité observée dans la région est plus compliquée mais s'explique facilement à partir de ce schéma et en considérant certains facteurs fondamentaux que sont :

- la nature de l'affleurement (richesses en impuretés, dureté)
- la topographie
- le recouvrement par des formations superficielles (limons en particulier)

2.1 - Les différentes étapes

d'après D. SOLTNER, LES BASES DE LA PRODUCTION VEGETALE, TOME II
LE CLIMAT

- La formation d'une RENDZINE

Attaquée par le gel, l'hydratation et la dissolution par l'eau chargée en gaz carbonique, vite colonisée par une végétation pionnière herbacée, une roche ou un éboulis calcaires voient se former en surface un horizon A1 : un mélange de débris calcaires, de mull calcique et de plus ou moins d'argile de décarbonatation, beaucoup s'il s'agit de marnes, très peu s'il s'agit de craie.

La roche fissurée, le LITHOSOL, est passée à une RENDZINE INITIALE. Celle-ci s'approfondit à mesure que la végétation devient arbustive puis arborée et qu'augmente l'apport de matières organiques, qui décarbonate petit à petit le profil : la rendzine initiale devient une RENDZINE TYPE. Elle correspond à un horizon A1 unique, épais de 10 à 30 cm. Dans la région (elle est très rare en position de plateau) elle est colorée en brun ou brun-rouge (abondance de fer) : il s'agit d'une rendzine qui s'est développée sur un calcaire dur recouvert d'une mince couche d'argile de décarbonatation (= terra fusca, ocre, ou Terra rossa, rouge) (voir figure 2 au verso : sol polycyclique).

- la brunification des rendzines : LES SOLS BRUNS CALCAIRES ET BRUNS CALCIQUES

- * si la roche est un calcaire pur, friable, très pauvre en argile, comme la craie, la décarbonatation du profil est impossible tant le calcaire est abondant. La rendzine reste définitivement une rendzine vraie. Cette rendzine peut porter une forêt si la roche est assez profondément fissurée ou sur éboulis.

LA LONGUE FORMATION D'UN SOL POLYCYCLIQUE : LE CAS DES SOLS BRUNS CALCIQUES SUR TERRA ROSSA. CINQ PÉDOGÉNÈSES SUCCESSIVES EN 250.000 ANS ENVIRON

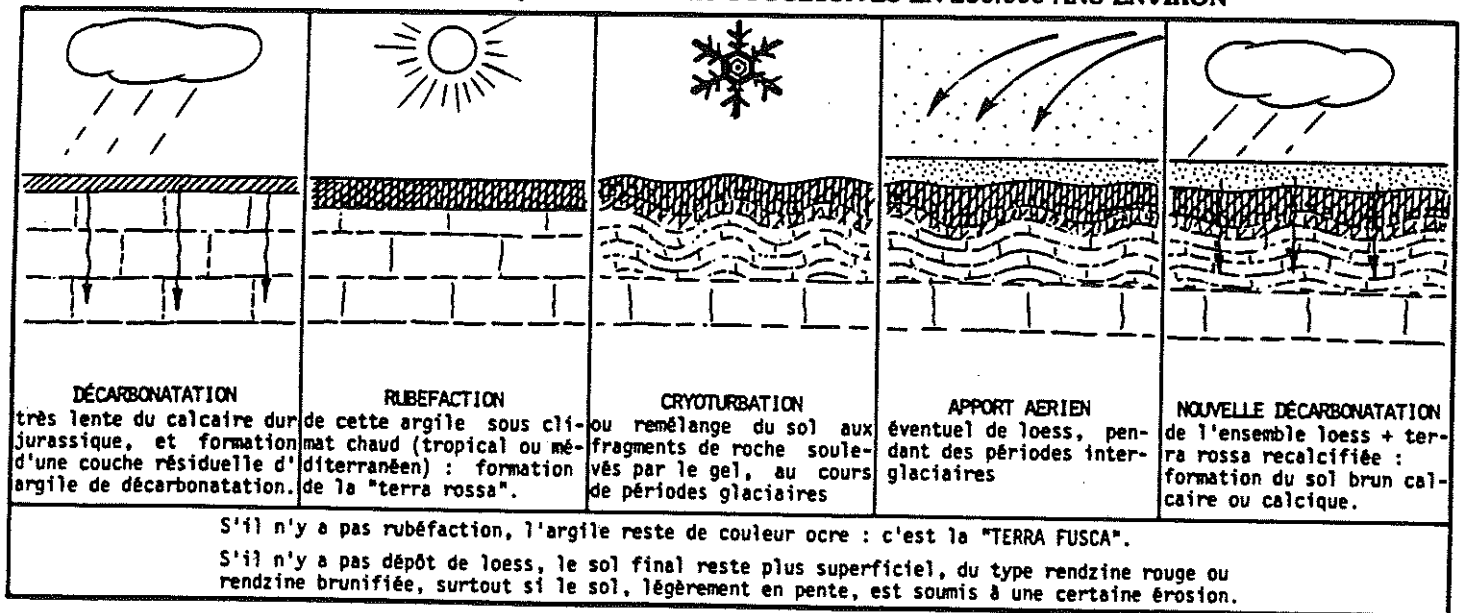


Figure 2 : d'après DUCHAUFOR, Pédologie TOME I- 1977-Masson

la terra fusca, ocre, et la terra rossa, rouge, sont des argiles de décarbonatation qui se sont formées par la décarbonatation des roches calcaires dures il y a plus de 100 000 ans, avant la dernière glaciation ; alors que la France était sous climat méditerranéen ou même tropical. Ce sont en fait des sols fossiles qui s'apparentent aux sols méditerranéens et tropicaux actuels (sols fersialitiques et ferrugineux). Au cours de la dernière glaciation, ces argiles se sont recarbonatées sous l'action du gel qui a éclaté la roche calcaire et en a mélangé les débris avec l'argile : c'est le phénomène de cryoturbation. C'est sur cette nouvelle roche mère que se sont formées les rendzines brunes et les rendzines rouges.

II . NOMENCLATURE ET DÉSIGNATION INTERNATIONALE DES HORIZONS PÉDOLOGIQUES (Mêmes références)

HORIZONS PRINCIPAUX :

- A** : horizon de surface, contenant de la matière organique : souvent appauvri en éléments fins ou en fer par lessivage.
- (B)** : B « structural » ou d'altération, différent d'une part de la roche mère par son degré d'altération plus fort (présence de Fe_2O_3 libre), d'autre part de l'horizon de surface A par sa structure différente.
- B** : horizon enrichi par illuviation en éléments fins ou amorphes : argile, oxydes de fer et d'aluminium, parfois humus.
- C** : matériau originel aux dépens duquel sont formés A et (B) ou B.
- G** : horizon de couleur gris verdâtre, riche en fer ferreux, à taches rouille, se formant au sein ou à la limite supérieure d'une nappe permanente.
- R** : roche dure sous-jacente.

A₁ (ou A_b) : horizon mixte contenant en mélange de la matière organique (moins de 30 %) et de la matière minérale.

A₂ : horizon pauvre en matière organique, souvent lessivé en argile et en sesquioxydes, couleur claire (horizon dit « éluval »).

Horizons B et G :

B_t : accumulation d'argile (T = Ton, argile en allemand).

B_h : accumulation humique.

B_s (ou B_{tg}) : accumulation dominante de sesquioxydes.

B_b : horizon placique : bande aliotique sinieuse.

G_o : gley oxydé à taches et concrétions.

G_r : gley réduit, gris verdâtre à fer ferreux dominant.

Certains indices s'appliquent, suivant les cas, à des horizons principaux différents, A, B ou C :

g : pseudogley, à hydromorphie temporaire banalage de taches grises, blanches et rouille, parfois de concrétions noires.

Ca : horizon enrichi en carbonate de calcium.

Sa : horizon enrichi en sels

SUBDIVISIONS DES HORIZONS PRINCIPAUX :

Horizons A :

- A₀₀ (ou L)** : litière, débris végétaux identifiables.
- A₀ (ou G)** : horizon organique à structure originelle modifiée ou détruite (plus de 30 % de matière organique).

Figure 3

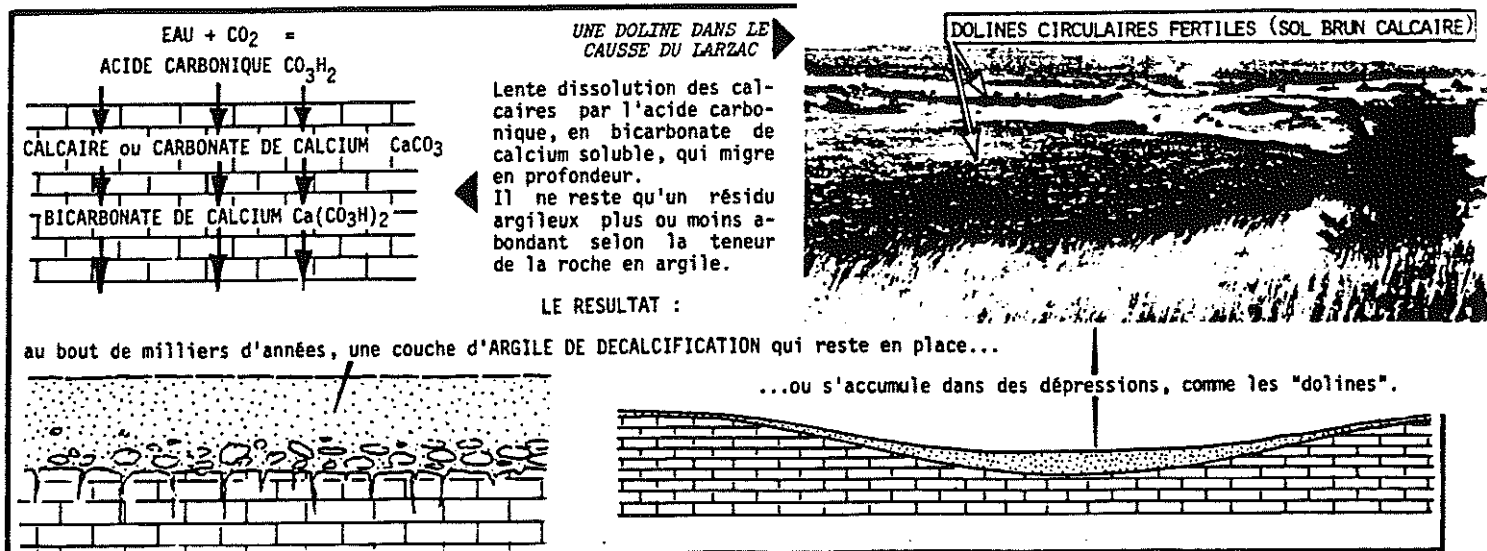
* si la roche est plus riche en argile (marnes, calcaires marneux), la décarbonatation du profil se poursuit, éliminant en quelques milliers d'années tout le calcaire qu'il contenait. Cette élimination a trois conséquences :

- le Mull calcique devient un mull eutrophe formant un horizon A1 moins épais ;
- le calcaire qui servait de "pont calcique" dans la formation du complexe argilo-humique, est progressivement remplacé par le fer ("pont ferrique") pour former un complexe argile-fer-humus ;
- la couleur plus ou moins noire de la rendzine, due à l'abondance de l'humus, s'éclaircit et laisse apparaître la couleur brune de l'association argile-fer : la rendzine se brunifie.

Cette brunification se fait en plusieurs étapes (cf. fig. 1) :

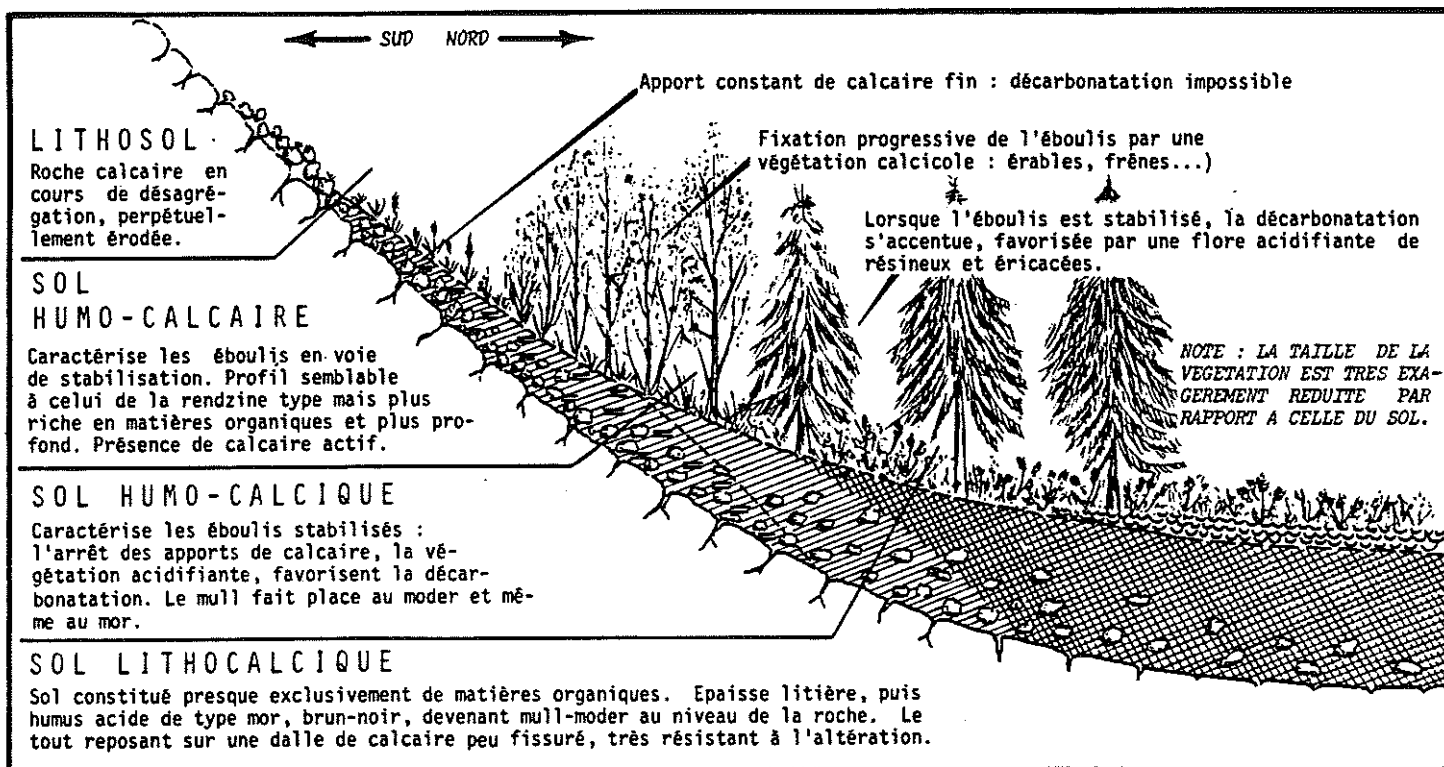
- la rendzine se transforme en RENDZINE BRUNIFIÉE par apparition sous l'horizon A1 d'un horizon B moins humifère ;
- la rendzine brunifiée se transforme en SOL BRUN CALCAIRE, avec un horizon B plus profond. L'ensemble du profil fait effervescence à l'acide , donc contient encore des carbonates ;
- le sol brun se transforme en SOL BRUN CALCIQUE lorsque la plus grande partie du profil ne contient plus de carbonates (seule la base de l'horizon B en contient encore) mais le complexe argilo-humique est encore saturé de calcium .
- si le matériau parental libère suffisamment d'argile et de bases et s'il est assez riche en fer ; le complexe absorbant est mieux garni en cations Ca et Mg : l'horizon B s'approfondit et le sol brun calcique devient un SOL BRUN EUTROPHE.
- lorsque la décarbonatation fait place à la décalcification, la désaturation en calcium du complexe argilo humique provoque une certaine dispersion des argiles qui commencent à migrer en profondeur : le sol brun devient un SOL BRUN LESSIVE (lessivage mécanique des argiles avec le fer ferrique qui leur est lié, le phénomène reste limité). L'horizon B se divise en un horizon A2 appauvri en argile, fer et en bases échangeables , et un horizon Bt, enrichi en ces mêmes éléments.

- LA DISSOLUTION DES ROCHES CALCAIRES



- LA SUCCESSION, OU CHAÎNE DE SOLS, SUR ÉBOULIS CALCAIRES DE MONTAGNE

(D'après Ph. Duchaufour, Pédologie Tome I - 1977 - Masson)



2.2 - Signification en Franche-Comté

Quelle est la validité de ce schéma sur les plateaux calcaires de Franche-Comté ? Plusieurs caractéristiques compliquent ou modifient ce "scénario" simple :

- 1 - Globalement, la forte pluviosité de la région accélère le processus de décarbonatation si bien que les sols carbonatés sont surtout confinés en position de versant ou de bas de pente, où le remaniement des matériaux est important ;
- 2 - La plupart des sols de la région sont polycycliques (fig. 2) : ils sont composés d'une couche d'argile de décarbonatation très ancienne (terra fusca), plus ou moins épaisse, elle même recouverte d'une couche plus ou moins importante de limons (limons éoliens, périodes interglaciaires). La pédogénèse actuelle se développe sur ce type de sol. Selon l'épaisseur du limon, la roche calcaire sous jacente n'a plus d'influence sur la pédogénèse et l'ensemble limon + terra fusca (plus ou moins mélangés) constitue le nouveau matériau parental. Il s'y développe des sols bruns lessivés.
- 3 - Le type de sol et la pédogénèse associée dépendent de la nature de l'affleurement calcaire (dureté, richesse en impuretés argileuses) :
 - les calcaires compacts du jurassique moyen et supérieur répondent au schéma de la figure 1 (avec souvent en plus une couche de limons) ;
 - le faciès argovien, très riche en impuretés argileuses et en débris silicifiés, s'altère plus rapidement et plus profondément. Selon le degré d'évolution, on observe le gradient suivant : du sol brun faiblement lessivé au sol lessivé acide (parfois début de podzolisation en Haute-Saône). La roche mère calcaire n'a plus aucune influence et l'argile à chailles (altérite du faciès argovien) constitue un véritable matériau parental.

3 - Stratégie pour le regroupement théorique des stations

D' après J.C. RAMEAU : "STRUCTURATION DES STATIONS FORESTIERES ; CLASSIFICATION DES TYPES DE STATIONS ET APPLICATION AUX PLATEAUX CALCAIRES DU NORD-EST DE LA FRANCE".

Le mode de classement des types stationnels repose sur une structuration des facteurs écologiques (autres que macroclimatiques) qui entrent dans la définition des unités ; facteurs hiérarchisés en fonction de leur influence respective sur la diversification des types de stations.

L'analyse des catalogues relatifs au domaine d'étude permet de cerner la plus grande partie de l'amplitude de variation des différents paramètres.

3.1 - Matériaux d'origine des sols

Ils sont liés soit directement à la roche mère soit aux formations superficielles qui les recouvrent (cf. paragraphe précédent).

Roche Mère :

C'est la nature du calcaire (richesse en impuretés, dureté) qui détermine les caractéristiques de la roche mère :

- calcaires oolithiques finement gélifs qui donnent des produits d'altération très pauvres en impuretés argileuses ;
- les calcaires compacts ou en plaquettes donnent des argiles de décarbonatation (profondeur variable) sur plateau ou un colluvium carbonaté (ou non) sur pente et fond de vallon ;
- les marnes et calcaires marneux produisent des altérites profondes avec des sols évolués.

Les formations superficielles :

Elles sont de deux natures, et viennent parfois se superposer à la roche mère et son altérite :

- dépôts de limons (origines diverses) sur argile de décarbonatation (fréquents dans le Doubs et le Jura) ;
- limons à chailles (très représentés en Haute-Saône, plus ponctuels dans le Jura et le Doubs)

NB : les limons à chailles représentent un stade avancé de l'altération des argiles à chailles, altérite du faciès marno-calcaire de l'argovien riche en silice. En Haute-Saône, ces limons se sont étalés largement par ruissellement, glissement, solifluxion sur les formations voisines.

Le matériau parental représente "le profil" sur lequel se développe la pédogénèse. Les types de stations établis sur un même matériau parental constituent une séquence. Il est possible d'individualiser plusieurs séquences selon la nature du matériau parental :

- séquence carbonatée
- séquence sur argile de décarbonatation
- séquence sur limons
- séquence sur limons à chailles

3.2 - Géomorphologie-topographie

La structure tabulaire est beaucoup plus marquée sur les plateaux calcaires de Haute-Saône, moins touchés par l'orogénèse. Les pentes sont douces, les massifs forestiers moins accidentés et les affleurements rocheux rares.

La structure plissée est plus accusée dans le Doubs et le Jura avec des accidents topographiques de taille réduite (dépressions, dolines) dans des massifs globalement tabulaires. Les affleurements rocheux sont très fréquents.

- > un même type de station s'observe sur une étendue plus vaste en Haute-Saône ;
- > les stations sont davantage en mosaïque dans le Doubs et le Jura (selon la microtopographie).

Sur l'ensemble des plateaux calcaires de Franche-Comté, la topographie se caractérise par la répétitivité de l'ensemble :

- plateau
- versant
- vallon (et dépressions ou dolines) ; ces reliefs sont plus marqués dans le Doubs et le Jura en liaison avec l'altitude, la vigueur des cuestas.

3.3 - Pédologie

Les caractères pédologiques, directement liés à la nature de la roche mère et aux formations superficielles, s'observent de façon invariante entre les différents plateaux calcaires. Toutefois, les processus pédogénétiques tels que la décarbonatation et la désaturation sont accentués dans les régions où les précipitations sont plus importantes (plateau lédonien, plateau de Vercel).

Inventaire des différents types de sols rencontrés :

* Sols carbonatés :

- sur matériaux finement gélifs : rendzine oolithique, rendzine humifère, sol humo-carbonaté
- matériaux plus grossiers :
 - + sur pente ou en vallon : rendzine ou sol brun calcaire humifère, sol humo-carbonaté
 - + sur plateau : rendzine brunifiée
- sur calcaires marneux et marnes : sols bruns calcaires

* Sols propres aux autres calcaires :

- sol lithocalcique très superficiel sur lapiaz
 - sol humo-calcique intersticiel entre les blocs
 - rendzine brunifiée
 - sol brun calcique
- > à charge en cailloux plus ou moins importante, sol plus ou moins profond
- sol brun à pellicule calcaire
 - sol brun eutrophe

Ces types de sols présentent des variantes colluviales sur les pentes ou les fonds de vallons.

* Sols sur limons :

- argiles polluées par limons, sans lessivage : sol brun mésotrophe ;
- limons lessivés sur argiles : sol brun lessivé et sol lessivé ;
- apparition d'hydromorphie parfois ;
- variantes colluviales.

* Sols sur limons à chailles :

Les variations sont fonction de la charge en chailles, de l'épaisseur, du degré de lessivage, de la granulométrie des éléments siliceux.

- sol brun lessivé, sol lessivé, sol lessivé acide ;
- sol brun acide (sable abondant) pouvant évoluer sur pentes d'adret vers des sols brun ocreux ;
- variantes colluviales.

Neutrophiles à large amplitude : *Carex silvatica*, *Galium odoratum*, *Melica uniflora*, *Viola reichenbachiana*, *Euphorbia amygdaloides*, *Polygonatum multiflorum*, *Stellaria holostea*, *Rosa arvensis*, *Crataegus oxyacantha* et *monogyna*, *Potentilla fragariastrum*, *Dryopteris filix mas*, *Carpinus betulus*, *Prunus avium*, *Vinca minor*, *Fragaria vesca*, *Corylus avellana*, *Poa nemoralis*, *Epipactis helleborine*, *Neottia nidus avis*, *Hordelymus europaeus*

A très large amplitude : *Anemone nemorosa*, *Convallaria maialis*, *Lathyrus montanus*

Acidiclines :

de mull mésotrophe : *Tilia cordata*, *Scrofularia nodosa*, *Luzula pilosa*, *Milium effusum*, *Deschampsia coespitosa*, *Poa chaixii*, *Rubus fruticosus*, *Phyteuma nigrum*, *Atrichum undulatum*

milieux frais : *Circaea lutetiana*, *Angelica sylvestris*, *Athyrium filix femina*, *Festuca gigantea*, *Veronica montana*, *Lysimachia nemorum*, *Polygonatum bistorta*

de mull acide : *Lonicera periclymenum*, *Viola riviniana*, *Luzula silvatica*, *Veronica officinalis*, *Carex pallescens*, *Moehringia trinervia*, *Epilobium montanum*...

milieux frais : *Oxalis acetosella*, *Dryopteris carthusiana*, *Carex umbrosa*

milieux très frais : *Carex brizoides*

Acidiphiles :

de moder : *Luzula luzuloides*, *Hypericum pulchrum*, *Holcus mollis*, *Carex pilulifera*, *Maianthemum bifolium*, *Sorbus aucuparia*, *Mespilus germanica*, *Polytrichum formosum*, *Dicranella heteromalla*, *Pteridium aquilinum*, *Agrostis tenuis*, *Hieracium umbellatum*... *Deschampsia flexuosa*

de mor : *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*

Mésohygrophiles : *Carex remota*, *Carex pendula*, *Carex acutiformis*, *Filipendula ulmaria*, *Cirsium oleraceum*, *Alnus glutinosa*, *Ranunculus repens*, *Agrostis stolonifera*, *Poa trivialis*, *Equisetum maximum* et *hyemale*...

Hygrophiles : *Solanum dulcamara*, *Galium palustre*, *Caltha palustris*, *Iris pseudoacorus*, *Convolvulus sepium*, *Lycopus europaeus*, *Carex riparia*, *Cirsium palustre*, *Lysimachia vulgaris*...

3.4 - Flore - Végétation

La flore est dominée par l'élément médioeuropéen sur l'ensemble des plateaux, avec l'élément montagnard inégalement reparté selon l'altitude et la vigueur de la géomorphologie qui offre des mésoclimats mimant les conditions montagnardes (ubac, fonds de vallons). Les espèces montagnardes sont bien représentées dans le Jura et sur le plateau de Vercel.

Plusieurs groupes d'espèces indicatrices ont été individualisés sur les plateaux calcaires du Nord-est ; ils se structurent de la façon suivante :

Espèces thermophiles et xérophiles :

Calcaricoles et calcicoles : *Melittis melissophyllum*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Rhamnus cathartica*

à large amplitude : *Campanula persicaefolia*, *Vincetoxicum officinale*, *Polygonatum odoratum*, *Anthericum liliago*, *Silene nutans*, *Amelanchier ovalis*, *Hypericum montanum*

Xérocalcaricoles et xérocalcicoles : *Sesleria caerulea*, *Helleborus foetidus*, *Orchis mascula*, *Lithospermum purpureo-coeruleum*, *Hepatica nobilis*, *Rosa spinosissima*, *Geranium sanguineum*, *Laserpitium latifolium*, *Buxus sempervirens*, *Rhamnus cathartica*, *Carex alba*, *Cephalanthera sp.*, *Prunus mahaleb*, *Berberis vulgaris*, *Digitalis lutea*

Calcaricoles et calcicoles : *Daphne laureola*, *Daphne mezereum*, *Viola mirabilis*, *Lathyrus vernus*, *Viburnum lantana*, *Cornus mas*

Neutrocalcicoles : *Mercurialis perennis*, *Carex digitata*, *Carex flacca*, *Ribes alpinum*, *Brachypodium silvaticum*, *Acer campestre*, *Campanula trachelium*, *Carex montana*, *Clematis vitalba*, *Centaurea montana*, *Lilium martagon*, *Melica nutans*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Lonicera xylosteum*, *Evonymus europaeus*, *Asarum europaeum*

Neutronitroclines : *Arum maculatum*, *Primula elatior*, *Paris quadrifolia*, *Heracleum sphondylium*, *Sanicula europaea*, *Ajuga reptans*, *Veronica chamaedrys*, *Euphorbia dulcis*, *Phyteuma spicatum*, *Fraxinus excelsior*, *Ranunculus nemorosus*, *Stachys silvaticus*, *Geum urbanum*...

Neutronitrophiles : *Ranunculus auricomus*, *Ornithogalum pyrenaicum*, *Scilla bifolia*, *Anemone ranunculoides*, *Geranium robertianum*

Hygroneutronitrophiles : *Glechoma hederacea*, *Ficaria verna*, *Adoxa moschatellina*, *Listera ovata*, *Ribes uva crista*, *Rubus coesius*, *Silene dioica*, *Allium ursinum*, *Ribes rubrum*, *Agropyrum caninum*, *Sambucus nigra*, *Corydalis cava et solida*, *Colchicum autumnale*, *Mnium undulatum*, *Thamnium alopecurum*, *Leucojum vernum*, *Aconitum vulparia*, *Galium aparine*, *Alliaria officinalis*, *Aegopodium podagraria*, *Urtica dioica*

Hygrosciaphiles : *Ulmus scabra*, *Cardamine heptaphylla*, *Actaea spicata*, *Scolopendrium vulgare*, *Cardamine impatiens*, *Lunaria rediviva*, *Aspidium aculeatum*

◀ (suite)

4 - Les séquences sur plateaux calcaires du Nord-est

C'est en considérant la notion de séquence qu'on répertorie au mieux les stations forestières des plateaux calcaires du Nord-est. Les différentes séquences peuvent héberger des types de stations homologues selon le macroclimat régional. Le domaine d'étude s'adapte parfaitement aux modèles présentés ci-dessous avec certaines nuances :

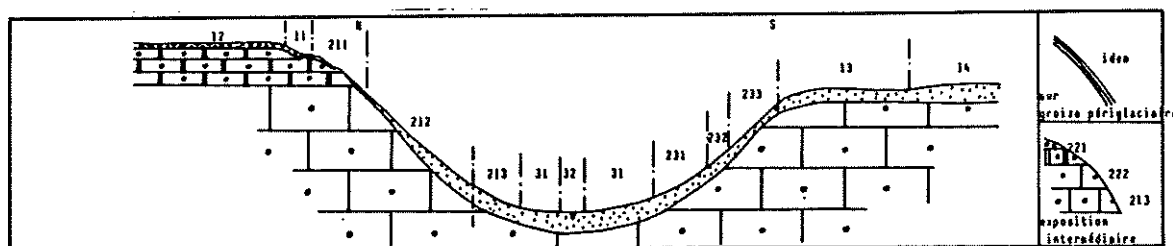
- renforcement du hêtre dans l'horizon collinéen supérieur ;
- remplacement du chêne sessile par le chêne pédonculé dans le Jura central très arrosé ;
- la hêtraie à dentaire et la hêtraie-chênaie thermocalcaricole passent d'une rendzine, à l'étage collinéen moyen, à des sols bruns calciques colluviaux à l'étage collinéen supérieur.

4.1 - Présentation des séquences

1 - SEQUENCE CARBONATEE

Caractérisée par la présence de calcaire actif dans le profil (effervescence à l'acide)

* sous séquence sur calcaire gélif (oolithique surtout) :



Groupe sur plateau : 1 étoile-chêne

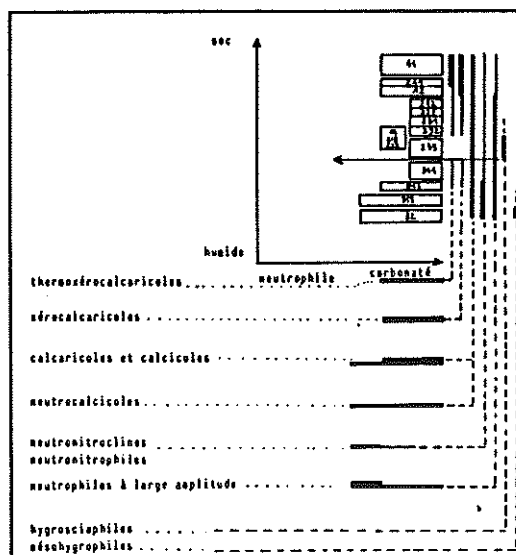
11. hyperadrophile sur sol humo-calcaire superficiel ou lithocalcaire
12. xérophile sur rendzine superficielle à lithocalcaire
13. mésoxérophile
14. tendance mésoxérophile (avec charme)

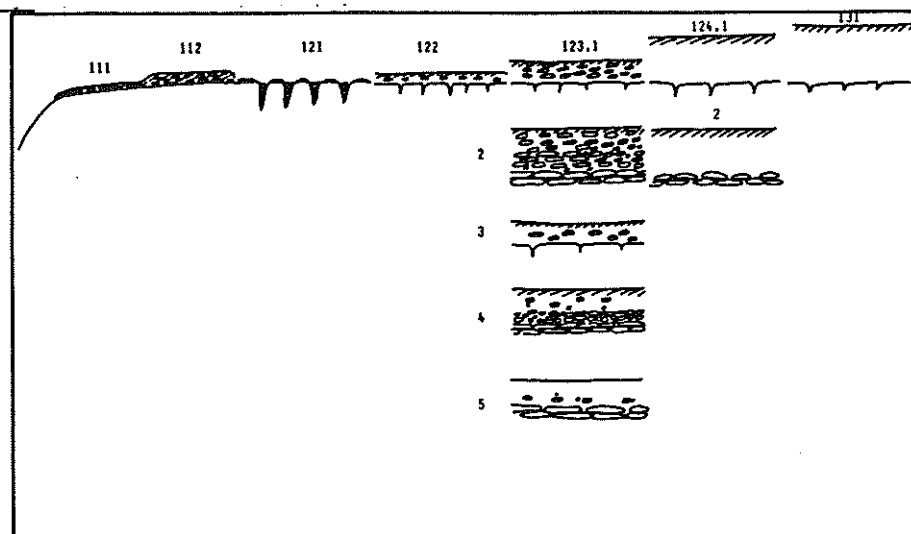
Groupe sur pente : 2

- sous-groupe sur adret : bitraie-chénais : 21
 - 211. thermophilophile sur rendzine superficielle
 - 212. thermophilophile sur rendzine humifère, humo-carbonaté
 - 213. tendance nérophile (avec charas) sur rendzine brunifère
- sous-groupe sur versant mésotherm : bitraie-chénais : 22
 - 221. xérophile sur rendzine superficielle
 - 222. mésoxérophile sur rendzine humifère, humo-carbonaté
 - 223. tendance nérophile (avec charas) sur rendzine humifère
- sous-groupe sur ubac : 23
 - 231. mésoxérophile de versant nord } bitraie (chénais) humo-carbonaté
 - 232. mésoxérophile à hygrocypripedium } rendzine humifère
 - 233. bitraie à Dentaire sur rendzine humifère - sol humo-carbonaté

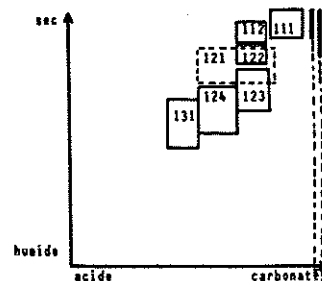
Groupes en fond de vallee : 3

- frénais-brablais linéaires : 32
- chénaux-pdoncoules-charnais calcaricolle sur sol brun calcare colluvial h
- Curex montans : 31
- 311. mésotrophile sur rendzine colluviale ou humo-carbonatée
- 312. atopophile calcicole sur sol brun calcare
- eutrophile sur sol brun eutrophe variable
- 313. mésobryonophile



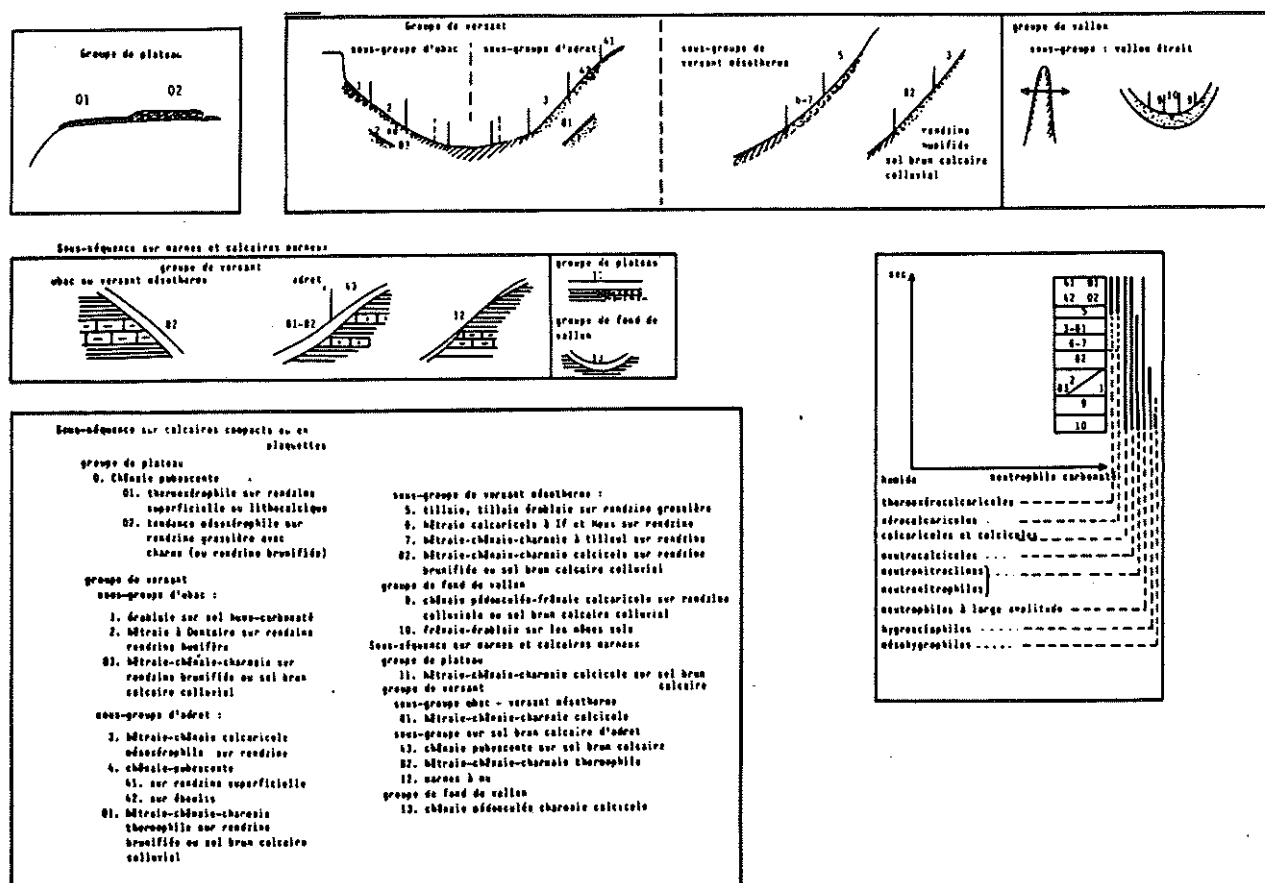


11. Chénais pubescente
 111. thermoxérophile sur rendzine superficielle ou lithocalcique
 112. tendance mésoxérophile sur rendzine grasse avec charme (ou rendzine brunifiée) (cf. séquence carbonatée)
 12. (hêtre) chénais-charme
 121. lapiaz
 122. xérophile à mésoxérophile sur rendzine brunifiée ou sol brun calcique superficiel
 123. calcicole
 124. neutrophile
 131. mésonéotrophile sur sol brun méotrophe (argile épaisse, désaturée en surface)
- soils
 bruns
 cal-
 ciques
1. sol très caillouteux sur dalle
 2. sol très caillouteux sur calcaire altéré ou fissuré
 3. sol peu caillouteux sur dalle
 4. sol peu caillouteux sur calcaire altéré
 5. sol brun à pellicule calcaire



- thermoxéocalcicoles
 xérocalcicoles (x-calcicoles)
 calcaricoles et calcicoles
 neutrocalcicoles
 neutroclinoles
 neutroclinoles
 hygro-neutroclinoles
 neutrophiles à large amplitude
 acidoclines de sol méotrophe

* sous séquence sur calcaire compact ou en plaquette

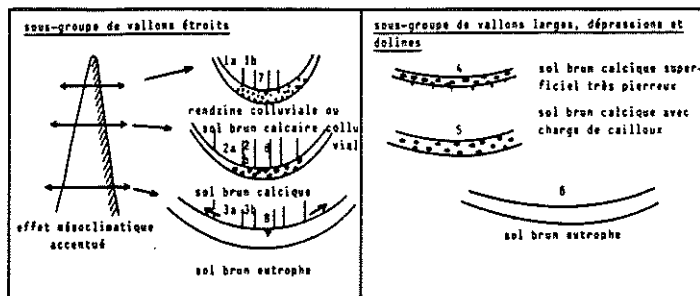


2 - SEQUENCE SUR ARGILE DE DECARBONATATION

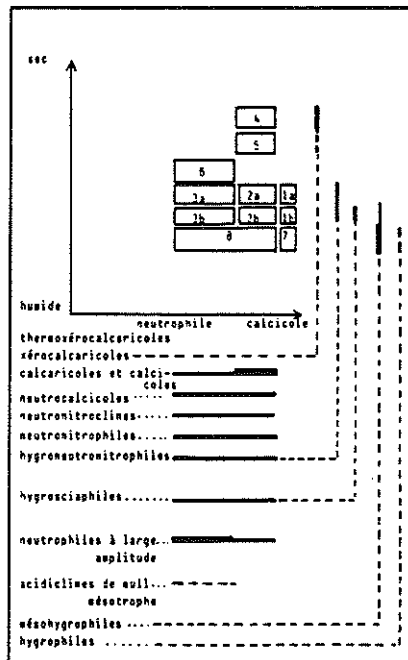
Le profil ne contient plus de carbonate mais il est saturé en calcium dans la majorité des cas. On observe un début de désaturation pour les sols les plus profonds.

* Groupe sur plateau



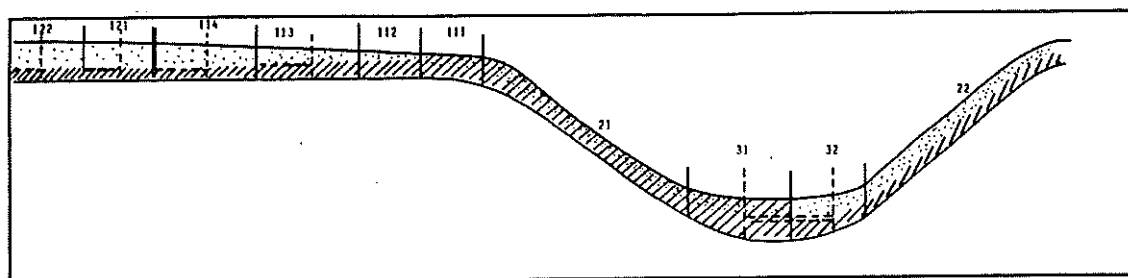


- sous-groupe de vallons étroits : chèneie pédonculée
frêne à draple subantagard
1. sur sols carbonatés : (avec argiles)
 - 1a. type "frais"
 - 1b. type à tendance méschyrophile } cf. 1^{re} séquence
 2. sur sols bruns calciques
 - 2a. type "frais"
 - 2b. type à tendance méschyrophile
 3. sur sol brun eutrophe
 - 3a. type "frais"
 - 3b. type à tendance méschyrophile
- sous-groupe de vallons larges, dépressions et dolines :
4. sol brun calcique superficiel
chèneie sessiliflora charmaie xérocalcicole
 5. sol brun calcique avec cailloux
chèneie pédonculée-charmaie calcicole
 6. sol brun eutrophe
chèneie pédonculée-charmaie neutrophile
 7. frêne-aréole
 8. aune-aréole

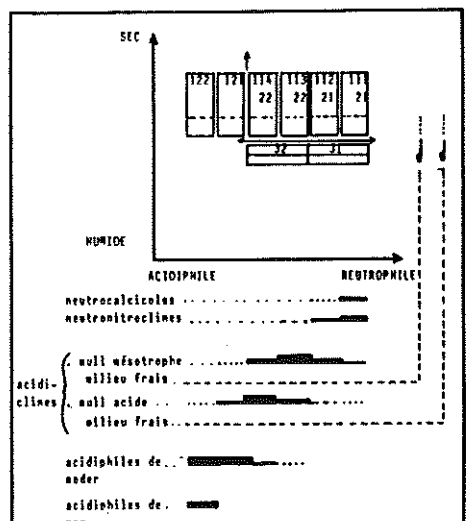


3 - SEQUENCE SUR LIMONS

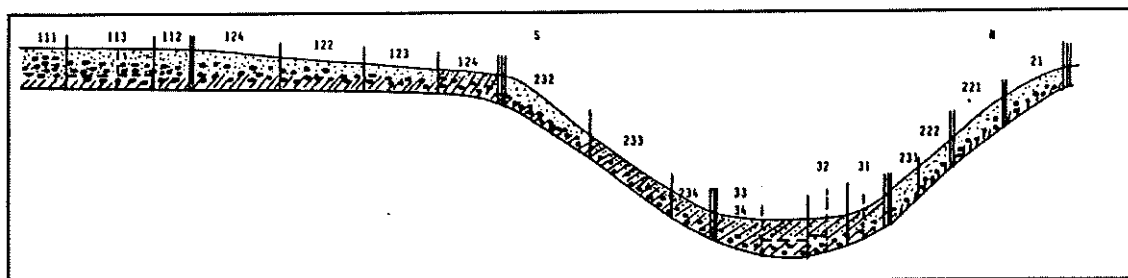
Ces limons recouvrent la roche mère et son altérite



Groupe sur plateau : 1 (bâtrale-châtrale-chartrale)	
.11 groupe "acidophile" a.1	
111 - mésoautrophile sur sol brun mésotrophe, sol brun légèrement lessivé	
112 - neutroacidophile sur sol brun légèrement lessivé	
113 - acidophile sur sol brun lessivé	
114 - mésoacidophile sur sol brun lessivé à sol lessivé	
- sol sain	
- sol mésoautrophile	
.12 groupe "acidophile" : (bâtrale-châtrale)	
121 - acidophile "doux", sur sol lessivé	sol sain
122 - acidophile, sur sol lessivé acide	sol mésoautrophile
	sol sain
	sol mésoautrophile
Groupe sur pente : 2 (bâtrale-châtrale-chartrale)	
. 21 mésoautrophile à neutroacidophile sur sol brun mésotrophe	
. 22 acidophile à mésoacidophile sur sol brun lessivé	
Groupe du fond du vallon, de dépression ou de doline : 3 (bâtrale-pâtrale-chartrale)	
. 31 mésoautrophile à neutroacidophile sur sol brun mésotrophe	
. 32 acidophile à mésoacidophile sur sol brun lessivé	
	sol sain
	sol mésoautrophile



4 - SEQUENCE SUR LIMONS A CHAILLES (plus alluvions anciennes, miopliocène)



		SEQUENCE CARBONATEE	SEQUENCE SUR ARGILE DE DECARBONA- TATION	SEQUENCE SUR LIMONS	SEQUENCE SUR LIMONS A CHAILLES EPAIS
HAUTE-SAONE	PLATEAU	111 112	211 212 213 214 311	215	411 412 413 414 415 416 417
	VERSANTS	MESO	121 221 222 223 321 322 323		421 422 423 424 425
		ADRET	122 123		
		UBAC	341	224 225 226	
	DOLINES FOND DE VALLONS		231 232 312 324 331 332 333 342		431 432
DOUBS	PLATEAU	B-1110 B-1120	1210 A-1230 A-1240 A-1310 B-1120 B-1220 B-1230 B-1240 B-1310 B-1320	A-1330 A-1350 A-1360 B-1320 B-1350	A-1340 A-1350 A-1410 B-1350 B-1360 B-1410 A-1360
	VERSANTS	MESO	2140	B-2530	
		ADRET	2110 2120 2310 2320	B-2210 B-2220	
		UBAC	2510 2610 2620	2420 B-2520	
	DOLINES FOND DE VALLON		3310	B-3130	A-3210
JURA	PLATEAU		1110 1120 1130 1140	1210 1220 1230 1240 1310 1320	1240 1310 1320
	VERSANTS	MESO	2120	2120 2140 2210 2220 2240	2240
		ADRET	2420 2450 2460 2470		
		UBAC	2520 2560	2550	
	DOLINES FOND DE VALLON		3120 3140	3210 3220 3240	

4.2 - Représentativité en Franche-Comté

Le tableau ci-contre rassemble les stations répertoriées dans le domaine d'étude, selon leur appartenance à une séquence et leur position topographique. Certaines stations peuvent s'observer sur plusieurs séquences.

Remarques :

- la séquence carbonatée est très peu représentée sur plateaux
- la séquence sur argile de décarbonatation (parfois "polluée" par une mince couche de limons) est prépondérante .

4.3 - Sélection de stations

Plus d'une centaine de stations couvrent les plateaux calcaires de Franche-Comté ; il est évidemment impossible de les étudier en totalité pour diverses raisons. L'objectif vise la sélection d'une douzaine de stations dans une gamme de fertilité la plus large possible et selon les critères les plus pertinents pour le contexte local.

Premier niveau de sélection

Dans cette première phase, on écarte les stations qui s'intègrent dans les rubriques suivantes :

- les stations de plateau appartenant à la séquence carbonatée ; elles sont marginales dans la région. Le hêtre y est absent ou à l'état très disséminé ;
- les stations sur versant mésotherme, sans condition mésoclimatiques particulières , s'apparentent à celles de plateau du même type ;
- les stations de fond de vallon, doline, dépression ; le hêtre ne constitue pas une essence objectif dans ce type de station

Deuxième niveau de sélection

Stations de plateau

Les stations de plateau ont été analysées sur la base de critères objectifs et déterminants vis à vis des potentialités pour le hêtre :

- le niveau trophique : aspect physique en considérant la profondeur de sol prospectable, et chimique en considérant l'état de désaturation du profil ;
- le type de profil pédologique : caractéristiques du matériau parental et pédogénèse associée.

L'objectif est d'établir des césures (à priori car c'est ce que l'on cherche à connaître) qui discriminent des unités (regroupant souvent plusieurs stations) distinctes au niveau fertilité. On distingue ainsi six groupes :

Groupe I : stations sur sol superficiel (< 30 cm)
terra fusca peu épaisse sur calcaire compact

Groupe II : stations sur sol moyennement épais
(30 cm < sol < 60 cm)
terra fusca épaisse, pure ou recouverte d'une mince couche de limons

Groupe III : stations sur sol épais et riche (> 60 cm)
limons épais, terra fusca recouverte d'une couche de limons assez importante

Groupe IV : Groupe des stations mésoacidiphiles à acidiphiles modérés. Limons et limons à chailles

Groupe V : Groupe des stations acidiphiles (typique)
Limons à chailles

Groupe VI : Station hyperacidiphile
Limons à chailles très désaturés

Stations de Versants

Seuls les versants à exposition bien tranchée ont été examinés. C'est principalement le critère de représentativité spatiale qui a été pris en compte pour le choix des stations.

4.4 - Les stations à échantillonner

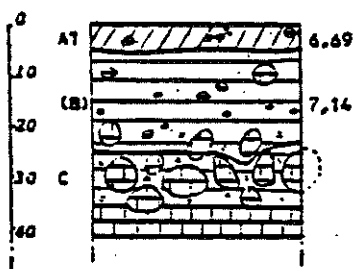
Les stations retenues pour l'échantillonnage reflètent la partition en groupes de fertilité et tiennent compte des variations macroclimatiques à l'intérieur du domaine d'étude ; variations qui s'expriment plus particulièrement au niveau des groupes II et III.
A l'intérieur d'un groupe , ce sont les stations les plus répandues qui ont été choisies.

STATIONS DE PLATEAU

* Groupe I : une station

CHENAIE-CHARMAIE-(HETRAIE) CALCICOLE (1120-JURA)

Profil :



Description du profil :

A0 : Litière bien décomposée, peu épaisse.

(A = null eutrophe).

A1 : 0 - 5 cm ; brun foncé ;

Beaucoup de racines ; traces de bioturbation ;

réaction nulle à HCl ; structure en agrégats (< 0,5 cm) ;

collées aux racines (aspect fibreux) ; texture limono-argileuse ; quelques cailloux ; transition nette.

(B) : 5 - 25 cm ; brun-jaune foncé ;

Enracinement moins important ; traces de bioturba-

tion (plus foncées) ; structure en agrégats (< 1 cm) ;

texture argilo-limoneuse ; cailloux très nombreux,

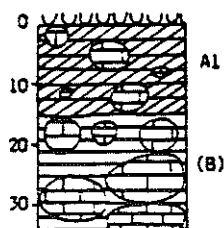
reposant sur la roche compacte ; réaction nette au fond du profil.

Sol brun calcique superficiel

* Groupe II : deux stations

CHENAIE-CHARMAIE-HETRAIE CALCICOLE MESOPHILE (B-1230 DOUBS)

Profil :



Description du profil :

Litière abondante, présence d'assez nombreux cailloux calcaires en surface de quelques cm, aspect plus ou moins grumeleux.

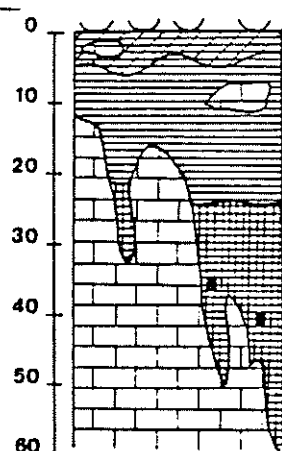
A1 : 0-15 cm, brun légèrement gris, nombreuses racines épaisses, structure grumeleuse, texture limoneuse, nombreux cailloux calcaires, transition progressive.

(B) : 15-30 cm, brun plus clair ; nombreuses racines, structure grumeleuse à légère tendance polyédrique, texture limoneuse, très nombreux cailloux calcaires, effervescence à HCl.

Sol brun calcique

CHENAIE-HETRAIE-CHARMAIE NEUTROPHILE (213 - HAUTE SAONE)

PROFIL PEDOLOGIQUE



SOL BRUN EUTROPHE

A0 litière de l'année : quelques fragments ; nombreux turricules

A1 brun-gris ; argilo-limoneux (A1) : structure grumeleuse moyenne plus ou moins fondue ; assez meuble ; transition ondulée mais assez nette

(B) brun-roux ; argilo-limoneux (A1) : structure polyédrique moyenne ; sous-structure polyédrique ; faces de frottements nettes ; assez compact ; transition nette

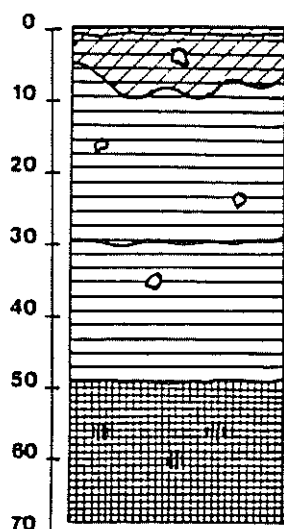
C/R roche calcaire diaclasée avec poches d'argile rouge (terra fusca) structurée en polyèdres assez grossiers (tendance lamellaire) ; sous-structure polyédrique fine ; vers le fond, nodules et sables calcaires provenant de l'altération de la roche ; matrice argileuse non effervescente à HCl ; traînées brunes de matière organique ; compact ; quelques mangananes

galeries de lombrics jusqu'au fond de la fosse
racines surtout concentrées dans les deux premiers horizons, mais quelques unes pénétrant jusqu'au fond du profil

* Groupe III : trois stations

CHENAIE-HETRAIE-CHARMAIE MESONEUTROPHILE (214 - HAUTE SAONE)

PROFIL PEDOLOGIQUE



A11 brun : limono-argileux (La) ; texture peu distincte ; structure grumeleuse fine plus ou moins fondue ; meuble ; transition nette

A12 brun : limono-argileux (La) ; grumeaux anguleux assez grossiers rendu cohérents par le chevelu racinaire ; meuble ; transition assez nette mais ondulée (bioturbation)

(B) brun-jaune panaché de traînées brunes ; limono-argileux (La) ; structure polyédrique ; meuble ; transition peu distincte

(B)/IIC brun-jaune panaché de roux ; limono-argileux (La) ; structure polyédrique ; sous-structure polyédrique ; quelques cailloux calcaires épars dans l'horizon ; assez compact ; transition peu distincte

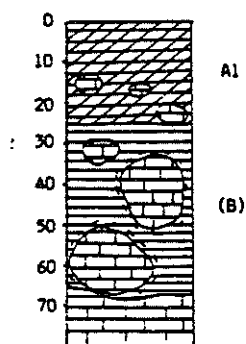
IIC roux : argileux (terra fusca) ; massif, débit polyédrique ; compact ; nombreuses petites mangananes ; pas d'effervescence à HCl

SOL BRUN MESOTROPHE COMPLEXE

quelques petites chailles très altérées dispersées dans le profil
racines denses surtout dans les 30 premiers cm. ; petites racines pénétrant jusqu'à 40cm.
galeries de lombrics jusqu'au fond de la fosse

CHENAIE-CHARMAIE-(HETRAIE) NEUTROPHILE MESOPHILE (A-1240 DOUBS)

Profil :



Description du profil :

Litière assez bien décomposée, bioturbation importante donnant un aspect grumeleux.

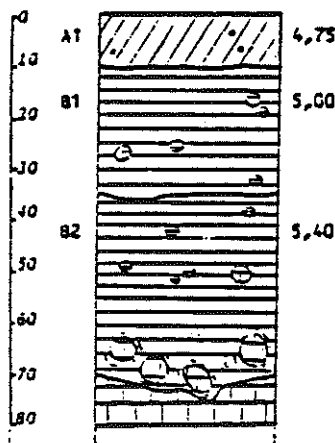
A1 : 0-25 cm, brun avec des reflets rougeâtres, nombreuses racines, structure finement agrégée, texture limono-argileuse, présence de cailloux à partir de 10 cm plus ou moins anguleux, calcaires moyens et gros, effervescence à HCl nulle.

(B) : 25-65 cm, brun-ocre, (horizon entre les cailloux) présence de racines, structure compacte, texture limono-argileuse, cailloux à pellicule d'altération, effervescence à HCl nulle.
à 70 cm roche mère fissurée.

Sol brun à pellicule calcaire

CHENAIE-CHARMAIE-(HETRAIE) NEUTROPHILE (1140 - JURA)

Profil :



Description du profil :

A0 : Litière bien décomposée ; beaucoup de mousses.

A1 : 0 - 10 cm ; brun-gris jaunâtre ; bioturbation importante ; galeries de lombrics ; rainures des horizons inférieures ; racines nombreuses ; quelques charbons ; structure en agrégats fins (<2 mm) ; texture limono-argileuse ; cailloux très rares ; pas d'effervescence à HCl.

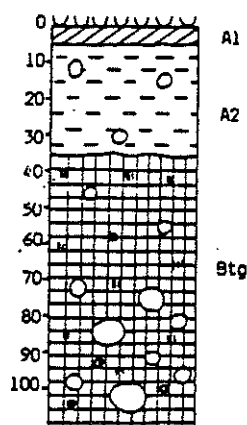
B1 : 10 - 15 cm ; brun-ocre jaunâtre ; Racines encore nombreuses ; bioturbation importante ; quelques charbons ; structure en agrégats plus gros (<5 mm), à tendance polyédrique ; texture limono-argileuse ; cailloux rares ; effervescence nulle.

B2 : 15 - 70 cm ; brun-ocre vif ; Racines rares ; quelques charbons ; matrice de couleur hétérogène (quelques caches de couleur rouille) ; structure en agrégats polyédriques (<1 cm) ; texture argileuse ; peu de cailloux ; quelques petits blocs avec pellicule calcaire autour ; pas d'effervescence.

Sol brun eutrophe

* Groupe IV : une station

HETRAIE-CHENAIE-CHARMAIE MESOACIDIPHILE HYGROCLINE (B-1360 DOUBS)

Profil :Description du profil :

Litière abondante, mal décomposée.

A1 : 0-5 cm, brun foncé-gris,
peu de racines, bioturbation assez importante,
structure en agrégats friables, texture limoneuse,
limite nette.

A2 : 5-35 cm, brun-jaune,
présence de grosses racines, structure en agrégats,
texture limoneuse, quelques chailles, pas de
concrétions, limite nette.

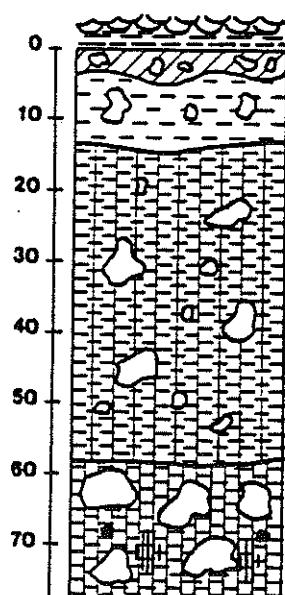
Btg : 35-100 cm, de plus en plus ocre,
structure de plus en plus compacte, texture argilo-
limoneuse, quelques petites chailles devenant
nombreuses et grosses à partir de 70 cm, nombreuses
concrétions millimétriques de fer et manganèse,
passées gris-clair.

Sol lessivé faiblement hydromorphe

* Groupe V : une station

CHENAIE-HETRAIE-ACIDIPHILE (414 - HAUTE SAONE)

PROFIL PEDOLOGIQUE



A0 (5-3cm.) litière formant d'une couche de feuilles non altérées
surmontant une fine couche de fragments non
décomposés
(3-0cm.) horizon humifère noir-roux à structure fibro-
grumeleuse

A1 beige ; limoneux ; structure grumeleuse fine à
(0-5cm.) moyenne ; chailles petites et moyennes ; transition
nette

A2 beige, inclusions brunes de matière organique ;
(5-15cm.) limoneux grossier ; structure polyédrique moyenne
émoussée ; assez compact ; chailles dispersées dans
l'horizon

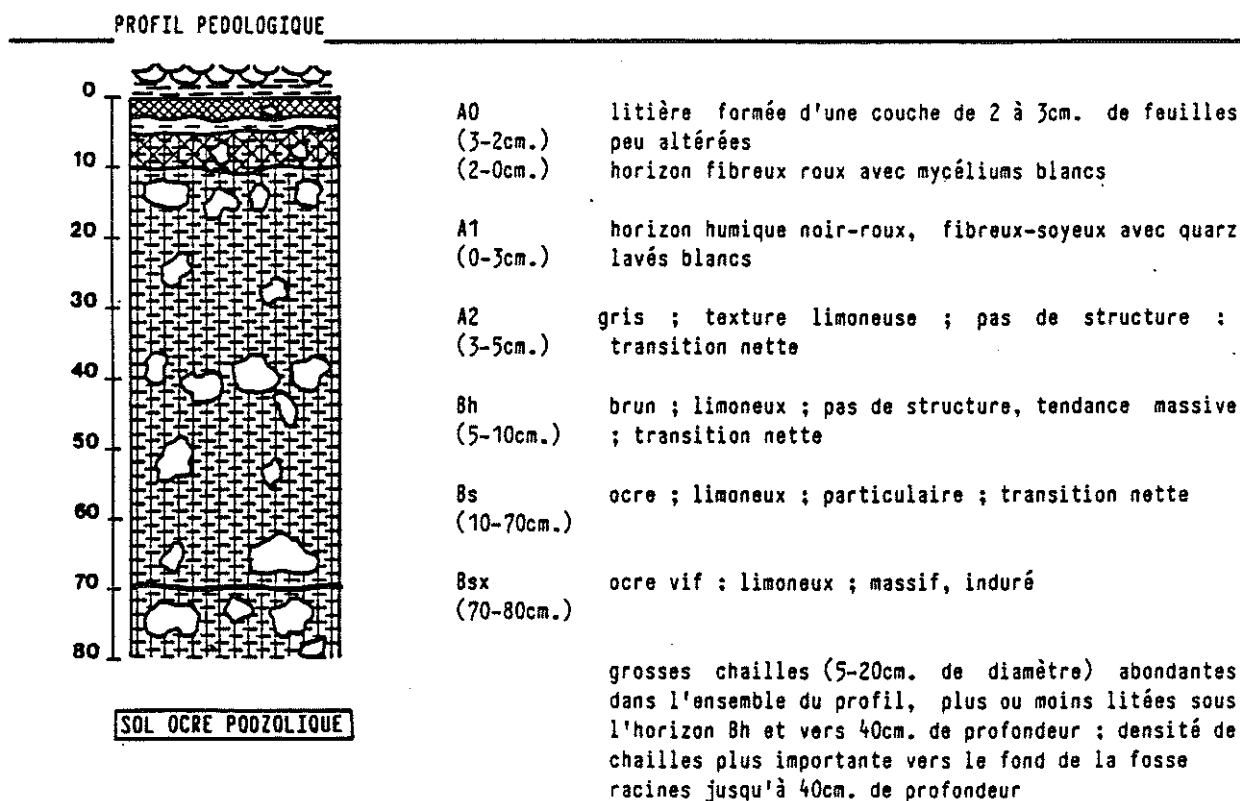
Bs beige jaunâtre, taches brunes de matière organique ;
(15-60cm.) limoneux ; structure polyédrique émoussée moyenne ;
compacité moyenne ; grosses chailles dispersées ;
transition graduelle

Bts matrice ocre jaune, marbrures brunes et orangées ;
(60-80cm.) texture limoneuse faiblement argileuse ; structure
polyédrique émoussée moyenne ; compacité moyenne ;
densité assez forte de grosses chailles ; petites
mangananes

SOL LESSIVE ACIDE

* Groupe VI : une station

CHENAIE-HETRAIE ACIDIPHILE A LEUCOBRYUM (413 - HAUTE SAONE)

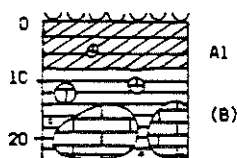


STATIONS DE VERSANTS

VERSANT D'UBAC : trois stations

HETRAIE-CHENAIE-CHARMAIE CALCICOLE DE PENTE D'UBAC (2420 - DOUBS)

Profil :



Description du profil :

Litière abondante de hêtre et de chêne, aspect grumeleux en surface, activité biologique importante, présence de quelques gros cailloux en surface.

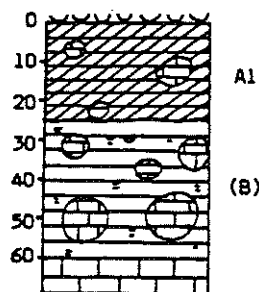
A1 : 0-8 cm, brun-gris, présence de racines fines et moyennes, lombrics, structure en agrégats friables, texture limono-argileuse, limite diffuse.

(B) : 8-20 cm, brun plus clair, nombreuses grosses racines, lombrics, structure en agrégats friables à tendance polyédrique, texture limono-(argileuse), présence de cailloux et de gros blocs calcaires, légère effervescence à HCl.

Sol brun colluvial calcique

HETRAIE A DENTAIRE CALCICOLE DE PENTE D'UBAC (B-2520 DOUBS)

Profil :



Description du profil :

Litière annuelle abondante de hêtre, activité biologique importante (nombreux grumeaux en surface).

A1 : 0-25 cm, brun foncé, nombreuses racines de taille moyenne, structure en agrégats fins, texture limono-argileuse, cailloux calcaires présents, transition assez nette.

(B) : 25-60 cm, brun clair-jaune, racines fines, début de structuration, texture limono-argileuse, présence de nombreux cailloux de taille variable (certains en dalle), effervescence à HCl.

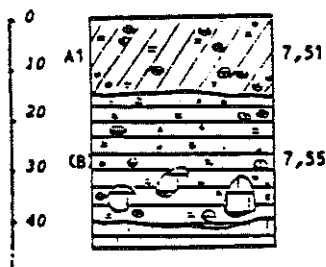
à 60 cm présence de la roche mère calcaire.

Sol brun colluvial calcique

CHENAIE-CHARMAIE-(HETRAIE) CALCICOLE SUR PENTE D'UBAC (2520 JURA)

Profil :

Description du profil :



AO : Litière bien décomposée (A = null calcaire).

A1 : 0 - 15 ou 20 cm ; brun-jaune foncé ; nombreuses racines ; cailloux des la surface ; petits graviers en grand nombre ; galeries de lombrics ; structure en agrégats fins ; texture argilo-limoneuse ; effervescence très nette.

(B) : 15 ou 20 - 30 ou 40 cm ; brun-jaune ; Cailloux très nombreux ; quelques racines ; galeries peu importantes ; quelques blocs ; structure en agrégats polyédriques (< 1 cm) ; texture argilo-limoneuse ; effervescence très nette.

à 40 cm : roche compacte, argileuse.

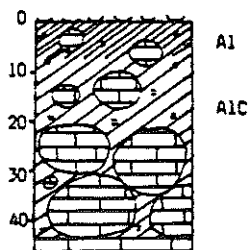
Sol brun colluvial calcaire

VERSANT D'ADRET : une station

HETRAIE CALCICOLE DE PENTE THERMOPHILE (B-2210 DOUBS)

Profil :

Description du profil :



Litière moyennement abondante, activité biologique importante (aspect grumeleux en surface).

A1/A1C : 0-45 cm, brun foncé à noir, présence de nombreuses racines fines, structure en agrégats friables, texture sablo-limoneux, très nombreux cailloux de taille variable, effervescence à HCl, vers 20 cm présence de très gros cailloux calcaires. à 45 cm présence de la roche mère calcaire.

Rendzine colluviale

II. LE HETRE EN FRANCHE-COMTE

Les données fournies par l' Inventaire Forestier National permettent d'appréhender de façon globale et homogène la place du hêtre dans le domaine d'étude, en terme de structure de peuplement et de surface.

Rappelons que pour chaque station sélectionnée et présentée au premier chapitre, on cherche une dizaine de placettes de futaie équienne, pure, au sens défini dans l'introduction. Cette placette, d'une surface minimum de six ares, peut être un bouquet de futaie dans une parcelle ayant une structure différente.

1 - Haute-Saône (d'après IFN 1984)

La région des plateaux calcaires de Haute-Saône est identifiable aux régions 4 et 5 de l'IFN (plateaux calcaires sur oolites inférieures et plateaux calcaires sur oolites moyennes et supérieures).

Ces plateaux sont divisés en deux unités séparées par la plaine de saône :

- au sud : plateau de Vesoul
- au nord : plateaux de Champlitte et de Combeaufontaine

Cette région couvre une surface de 65 340 ha de formation boisée de production. En tant qu'essence prépondérante, le hêtre représente 14 % de cette surface.

Le tableau suivant ventile cette surface selon le type de propriété et la structure forestière élémentaire :

	PROPRIETE SOUMISE (ha)	PROPRIETE NON SOUMISE (ha)	TOTAL	(2)
FUTAIE	4 500	580	5 080	31 %
MELANGE FUTAIE- TAILLIS (1)	3 250	470	3 720	10 %
TOTAL	7 750	1 050	8 800	14 %

(1) seuls les brins de la futaie sont pris en compte

(2) poids du hêtre par rapport aux autres essences, pour la structure considérée

Le hêtre est essentiellement représenté en Futaie et en forêt soumise (pour 88 %)

N.B. : Le hêtre est également répertorié par l'IFN dans le type de peuplement "Futaie d'autres feuillus". Il s'agit de formations dans lesquelles le couvert occupé par les feuillus est supérieur à 75 %, sans que le hêtre ou le chêne seuls occupent plus des 3/4 du couvert. Ce sont principalement des mélanges de chênes et de hêtre avec quelques autres feuillus. La surface de ce type de peuplement est d'environ 12000 ha sur la région.

Les zones prospectables en hêtre couvrent donc une surface approximative de 20 000 ha sur les plateaux calcaires de Haute-Saône.

2 - Premiers plateaux du Doubs (d'après IFN 1980)

46 750 ha de formations boisées de production se répartissent sur quatre plateaux : Amancey, Valdahon, Pierrefontaine et le Lomont.

Le tableau ci-dessous donne la surface selon le type de peuplement et de propriété, des peuplements où le hêtre est représenté :

	SOUMIS (ha)	NON SOUMIS (ha)	TOTAL (ha)
HETRAIE (1)	12 620	3 940	16 560
CHENAIE-HETRAIE	7 730	5 330	13 060
TOTAL	20 350	9 270	29 620

(1) La futaie régulière de Hêtre ne couvre que 1000 ha en forêt soumise et 400 ha en forêt particulière. Le mélange Futaie-Taillis à réserve de hêtre est largement représenté.

La zone prospectable s'étend sur 29 520 ha. Néanmoins, le hêtre n'y est prépondérant que sur 17 600 ha environ (en futaie et dans la réserve des mélanges Futaie-Taillis).

La forêt soumise est majoritaire (70 %).

3 - Premier plateau du Jura (d'après IFN 1980)

Le plateau lédonien s'identifie à la région IFN "Premier plateau" (plateau de Lons et Côte de l'heute). Cette région couvre une superficie boisée de 29 240 ha. Le hêtre s'y trouve à l'état disséminé mais de façon constante. La surface des formations boisées de production où le hêtre est présent se ventile de la façon suivante :

	SOUMIS (ha)	PRIVE (ha)	TOTAL (ha)
HETRAIE	1 050	120	1 170
CHENAIE- HETRAIE	7 800	3 400	11 200
TOTAL	8 850	3 520	12 370

Les peuplements soumis sont majoritaires (72 %)

Plus précisément, le hêtre est prépondérant sur environ 4 300 ha. Il se trouve en structure de futaie sur environ 2 000 ha (dont 90 % en forêt soumise), en structure de mélange Futaie-taillis sur 2 300 ha (dont 40 % en forêt privée).

4 - Tableau récapitulatif et Conclusion

Le tableau ci-dessous donne la surface représentée par le hêtre, en tant qu'essence prépondérante, selon la structure forestière et le type de propriété, pour l'ensemble du domaine d'étude :

		SOUMIS (ha)	NON SOUMIS (ha)	TOTAL (ha)
FUTAIE	70	4 500	580	5 080
	1° PL	6 320	1 990	8 310
	PL.L	1 730	240	1 970
TOTAL (ha)		12 550	2 810	15 360
MELANGE FUTAIE- TAILLIS	70	3 250	470	3 720
	1° PL	7 830	1 450	9 280
	PL.L	1 490	840	2 330
TOTAL (ha)		12 570	2 760	15 330
TOTAL (ha)		25 120 (82%)	5 570 (18%)	30 690 ha

70 : Haute-Saône

1° PL : 1 ers plateaux
PL.L : Plateau Lédonien

En ce qui concerne la futaie, il n'est pas possible de préciser plus finement la structure locale du peuplement. Il peut ainsi s'agir d'une futaie irrégulière.

La lecture de ce tableau génère un certain optimisme, sous plusieurs conditions :

- si la futaie, au sens IFN du terme, s'apparente assez bien à ce que l'on recherche ;
- si c'est le cas, on espère que ces peuplements se répartissent correctement sur la gamme de fertilité, dont la sélection de stations est un exemple ;
- si la structure locale de certaines parcelles peut s'identifier comme étant un bouquet de futaie de hêtre ; c'est ce que l'on souhaite, notamment dans les peuplements enrichis en conversion.

La zone de prospection couvre une surface de 30 000 ha, essentiellement en domaine soumis (82 % de la surface). C'est par conséquent en forêts soumises que portera, dans un premier temps et pour des raisons pratiques, la recherche de placettes.

III. LA RELATION MILIEU-PRODUCTION

Les facteurs du milieu sont ici synthétisés par l'appartenance à une station ; quant aux paramètres de production, ils sont décrits par les lois d'Eichhorn.

1 - D'une relation station/production à une relation station/fertilité

Les facteurs qui déterminent la production d'un peuplement sont divisés en trois catégories :

- les facteurs génétiques ;
- les facteurs sylvicoles ;
- les facteurs écologiques.

L'étude de la seule relation station/production passe donc par le contrôle des deux autres facteurs. En d'autres termes, on écarte les effets génétiques en se plaçant dans une zone écologiquement homogène ; et on essaie de filtrer l'influence de la sylviculture en se situant dans une gamme de peuplements, aux références connues : ceux qui répondent aux lois d'Eichhorn et plus particulièrement les futaies équiennes et complètes.

1° loi d'Eichhorn :

"Dans une région climatiquement homogène, pour une essence donnée et pour une large gamme de sylviculture (pour des peuplements pleins), la production totale en volume d'un peuplement équiennne, monospécifique et génétiquement homogène, ne dépend que de l'âge du peuplement et de la station".

Dans ce cadre, l' étude de la relation station/production passe par une **mesure directe de la production**, exprimée en volume (= quantité de matière fabriquée sur une surface et pendant une période de temps déterminée).

Cette mesure nécessite l'instauration de placettes permanentes (procédure longue et coûteuse) avec un suivi dans le temps permettant d'appréhender directement les différentes composantes de la production (volume sur pied à l'âge A et exportations naturelles ou artificielles, intervenues depuis l'origine du peuplement). Dans ce contexte, la première loi d'Eichhorn est très difficile à mettre en oeuvre.

2° loi d'Eichhorn :

Aussi appelée "loi d'Eichhorn élargie" permet de résoudre la difficulté précédente. Sous les mêmes hypothèses de régularité et d'homogénéité, elle postule en effet que "la production en volume depuis la naissance du peuplement n'est fonction que de la hauteur dominante (quels que soient la station et l'âge du peuplement)".

La hauteur dominante est définie comme la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare. Elle n'a de sens que dans le cas des peuplements monospécifiques, équiennes et pleins.

La hauteur dominante apparaît comme une mesure indirecte de la production du peuplement depuis sa naissance. La hauteur étant une grandeur aisément mesurable, le problème soulevé par la première loi d'Eichhorn est partiellement résolu.

Conséquences :

1°) Lorsque l'on connaît la fonction qui lie la production à la hauteur dominante (table de production pour une essence donnée dans une région donnée, par exemple), il suffit de mesurer la hauteur dominante du peuplement pour une station donnée, pour exprimer quantitativement la potentialité.

- 2°) Lorsqu'il n'existe pas de table de production, c'est le cas pour le hêtre en Franche-Comté, il n'est pas possible d'affecter une production à chaque peuplement. Il reste néanmoins la possibilité de classer les stations les unes par rapport aux autres en construisant un faisceau de courbes hauteur (dominante) - âge.

"A âge égal A, si $H_1(A) > H_2(A)$ alors $P_1(A) > P_2(A)$ "

H : hauteur dominante

P : production

Dans le cas du hêtre en Franche-Comté, le problème de l'estimation de la production est ramené à un problème d'estimation de la fertilité :

on recherchera un indice de fertilité I (la hauteur dominante à un âge de référence, par exemple), qui permettra de classer les stations.

2 - Dispositif et conditions pour l'étude d'une relation station/fertilité

2.1 - Construction d'un modèle de croissance en hauteur dominante

Le modèle part de l'hypothèse suivante :

"La croissance, en fonction de l'âge, de la hauteur dominante des peuplements de l'essence E dans la région R peut se décrire correctement par un modèle à un seul paramètre :

Hauteur dominante = $f(A, I)$

I : Indice de fertilité qui caractérise la station"

- L'échantillon nécessaire à la construction du modèle doit être composé de peuplements réguliers, équiennes, monospécifiques, sur au moins 6 ares ; il doit couvrir la gamme de fertilité rencontrée dans la région, sans nécessairement être stratifié par type de station retenu pour la liaison station/fertilité. Une vingtaine de placettes de 6 ares suffisent (2 placettes par station). C'est en quelque sorte un sous échantillon de l'échantillon global, celui-ci devant comporter une dizaine de placettes par type de station.

- Sur chaque placette, le protocole de mesure part des hypothèses suivantes :

- * le premier, le troisième, le cinquième (règle 135), plus gros arbres d'une placette de 6 ares représentent valablement, du point de vue de la croissance en hauteur, la population des 100 plus gros arbres à l'hectare.
- * l'évolution passée de la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres actuels à l'hectare reconstitue bien la croissance en hauteur dominante du peuplement.

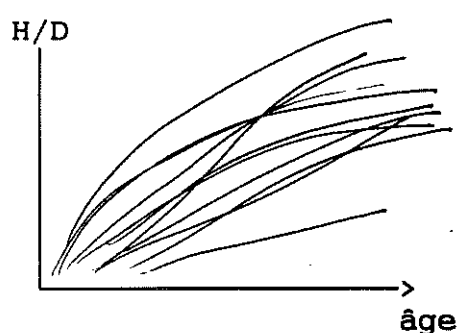
- L'analyse de tiges (abattage des arbres sur 2 placettes par station, soit $2 \times 3 = 6$ tiges) permet de reconstituer, sous la forme d'une suite de points (hauteur - âge), la croissance en hauteur d'un arbre échantillon. A partir des 3 courbes individuelles ainsi obtenues, pour une placette, on reconstitue simplement la croissance en hauteur dominante du peuplement en faisant la moyenne de 3 courbes.

Lorsque l'on a réalisé l'analyse de tiges et porté les différentes courbes sur un même graphique, la première chose à faire est d'examiner l'allure de l'ensemble des courbes :

- 1 - Si les courbes s'entrecroisent de façon anarchique, cela veut dire que les différentes hypothèses émises, ne sont pas vérifiées et qu'il n'existe pas de modèle mathématique qui puisse ajuster l'ensemble des courbes expérimentales :

l'aventure est terminée.

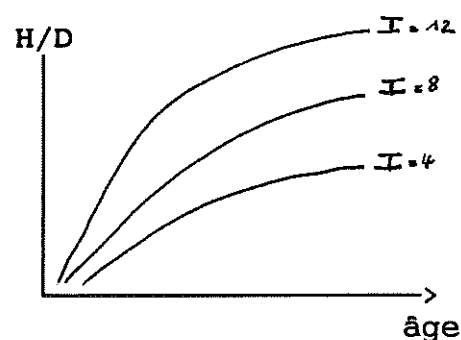
- 2 - Si l'ensemble des courbes se déploie correctement, il est alors possible de formuler mathématiquement le faisceau et d'ajuster, en bloc, les courbes expérimentales en "faisant apparaître" différents niveaux de fertilité :



Courbes expérimentales, issues d'une soixantaine de tiges analysées.

Dans ce faisceau, les stations sont individualisées.

Modélisation
→
ajustement, en bloc, des courbes expérimentales



I : indice de fertilité : il fixe le niveau de la courbe (c'est souvent la hauteur atteinte à un âge de référence).

Dans ce faisceau, les stations ne sont plus individualisées.

On peut connaître l'indice de fertilité de chaque point qui tombe dans le faisceau (un point = un couple hauteur/âge d'un peuplement déterminé).

2.2 - Utilisation du modèle de croissance en hauteur dominante

Remarque : la construction du faisceau de courbes et son utilisation sont deux phases indépendantes :

- il ne faut que 2 placettes par station pour construire l'outil, mais il en faut une dizaine pour déduire l'indice de fertilité d'une station.
- on peut parfaitement utiliser le modèle pour étudier des stations qu'on n'a pas à priori sélectionnées pour l'étude station/fertilité. L'inverse est aussi valable pourvu que l'on respecte la gamme des fertilités.

Si l'on dispose de 10 placettes (8 si on reprend les 2 ayant servi à l'analyse de tiges) parfaitement définies (futaie régulière équiennne avec règle 135 etc...), l'utilisation du modèle est simple :

- on mesure 8 (ou 10), couples hauteur-âge, par station, qu'on reporte dans le faisceau. Une application numérique de ces valeurs avec la formule mathématique du faisceau permet de calculer l'indice de fertilité de la placette, qui sera utilisé pour le classement des stations.

B - MISE EN OEUVRE DE L'ETUDE

La lecture des chapitres précédents a mis en évidence les difficultés et incertitudes qui pèsent sur la réalisation pratique de l'étude. Cette situation place le projet dans un contexte qui est davantage celui d'une recherche fondamentale que celui d'une recherche appliquée.

I. COLLECTE DE PLACETTES

Le terme de placette désigne une zone, d'une surface de 6 ares, qui comporte à la fois :

- un diagnostic stationnel sans ambiguïté
- et un peuplement de hêtre équienne et complet ; sur lequel seront réalisées certaines mesures (hauteur, âge, analyse de tiges éventuellement).

Il faut au total 120 placettes (12 x 10)

La recherche de placettes a été dictée uniquement par l'investigation concernant les peuplements de hêtre, pour plusieurs raisons :

- il est fondamental que le diagnostic stationnel soit réalisé par une seule personne ;
- le facteur limitant est plutôt représenté par le type de peuplement souhaité ; dans la mesure où les stations choisies sont relativement étendues ;
- cette procédure permet d'avoir une vision globale de la dissémination du hêtre. C'est important pour la construction du modèle de croissance en hauteur dominante qui doit couvrir une large gamme de fertilités, donc de milieux. C'est aussi intéressant pour la sélection de stations, que l'on peut modifier suivant la représentativité du hêtre dans chacune des stations reconnues.

La recherche de peuplements a été menée par voie d'enquête auprès des gestionnaires de l'Office National de Forêts, à l'échelle du triage.

Ce sont près de 200 propositions qui ont été visitées (Juin - Août 1990) et décrites, par rapport au peuplement en place et à la station.

1 - Appréciation des peuplements proposés

Devant la diversité des peuplements proposés : de la concentration de quelques réserves à la futaie dense ; il fut rapidement nécessaire d'établir une typologie des situations selon l'aptitude de chaque proposition au protocole de l'analyse de tiges.

En l'absence de données dendrométriques, il ne s'agit pas d'une typologie de peuplements. Le but de cette démarche étant de classer, de hiérarchiser les propositions à partir des observations.

On distingue 5 cas :

Type A : bouquet avec un nombre restreint de tiges (3 à 4 réserves de gros diamètre) relativement espacées. Les arbres ont une forme "globuleuse". Entre ces réserves, il peut y avoir d'autres essences en mélange ou un perchis de hêtre. Ce type de proposition s'écarte nettement du protocole.

Type B : le nombre de tiges sur 6 ares est plus important. La pureté est garantie ; mais le bouquet n'est pas régularisé. Ce type de proposition n'est pas conforme au protocole.

Type C : c'est un peu le même type que précédemment avec une régularisation plus marquée. Il y a au moins 5 à 6 tiges de gros diamètre dans le bouquet. La forme des arbres tend vers un type "futaie".

Type D : il s'agit d'un peuplement (bouquet ou parcelle) assez bien régularisé, où les tiges sont parfois espacées. Ces propositions se trouvent souvent dans des parcelles très riches en hêtre, voire pures. La forme des arbres se rapproche nettement du type "futaie".

Type E : placettes où les arbres ont une forme "futaie" (au moins à l'oeil). Ces placettes correspondent au peuplement recherché.

Le tableau suivant répertorie les propositions suivant le type de situation rencontré :

	A (pôle TSF)	B	C	D	E (pôle futaie)	TOTAL
HAUTE-SAONE	5	6	12	24	-	47
JURA	5	2	8	17	11	43
DOUBS	4	11	23	31	38	107
TOTAL	14	19	43	72	49	197

Seules les placettes du pôle E sont, à priori, conformes. Les propositions du type D ne peuvent pas être comptabilisées d'emblée en tant que placettes, sans considération dendrométrique sur la forme des arbres et l'équienneté.

Remarque : une proportion importante de propositions se situe dans des peuplements enrichis, en conversion. La régularisation apparente observée à l'échelle du peuplement (la parcelle) ne se traduit pas obligatoirement à l'échelle de la placette.

2 - Identification des stations

Les propositions précédentes ont simultanément fait l'objet d'un diagnostic stationnel, sur la base d'un relevé floristique et de plusieurs sondages pédologiques.

Relevés floristiques :

Toutes les espèces présentes au niveau du bouquet ont été identifiées ; celles situées en bordure de chemin n'ont pas été prises en compte. Les données concernant l'importance et le recouvrement des espèces n'ont pas été systématiquement notées.

Remarque :

Lorsque le couvert forestier est bien fermé, même avec des conditions édaphiques propices, la flore est très pauvre. Si le relevé floristique permet de distinguer correctement les grands groupes de stations (calcicole, neutrophile, etc...), il est nécessaire d'incorporer des données écologiques supplémentaires pour individualiser les stations à l'intérieur d'un même groupe (pédologie notamment).

Pédologie :

Le profil pédologique a été appréhendé par sondages à la tarière, avec vérification de l'effervescence à l'HCL, dans certains cas.

Plusieurs sondages ont été effectués sur une même placette afin de vérifier l'homogénéité du profil (variation éventuelle de la profondeur d'argile de décarbonatation). Le blocage systématique, dès les premiers cailloux, est un inconvénient majeur de l'utilisation de la tarière : il est difficile de savoir si l'on bloque sur la roche mère compacte ou sur un horizon fissuré (horizon entre les cailloux). Ainsi, chaque fois que cela fut possible, le sondage a été complété par l'observation des affleurements visibles : chablis, routes forestières, carrières, rupture de pente.

Les tableaux suivants répertorient le nombre de propositions dans les stations sélectionnées et autres stations du même groupe ; pour l'ensemble du domaine d'étude :

PLATEAUX

I		II			III				IV		V		VI	
1120	Aut	213	B-1230	Aut	214	A-1240	1140	Aut	B-1360	Aut	414	Aut	413	Aut
6	14	9	10	11	5	12	14	38	7	25	8	5	5	0
-		-	-		-	-	-		-		-		-	
20		30			69				32		13		5	

VERSANTS

UBAC				ADRET		MESOTHERME (non sélectionné)
2420 2520	Aut	B-2520	Aut	B-2210	Aut	12
5	1	7		2	1	
6		7		3		

Remarques :

- le hêtre est particulièrement peu représenté sur les stations superficielles ;
- le groupe des stations riches (sol profond non désaturé) est prépondérant ;
- les propositions sur stations de versants sont largement insuffisantes compte-tenu de leur représentativité en forêt ;
- les propositions sur stations non sélectionnées mais présentant un peuplement du type E seront retenues pour la construction du faisceau de courbes.

3 - Adéquation peuplements/stations sélectionnées

Le tableau suivant est un croisement des deux tableaux précédents. Il met en évidence l'échantillon disponible pour l'étude après la première enquête (printemps - été 1990). Une deuxième prospection, ciblée sur les stations déficitaires, n'a pas permis d'augmenter sensiblement cet échantillon global.

E Futaie (28)	3		5		5	6	6			1		2
D		3	5	3	3	4	1	5		2	4	
C	2	5		2	3	2		2			1	
B									3	2	2	
A TSF	1	1			1	2			2			
PPlt	1120	213	B-1230	214	A-1240	1140	B-1360	414	413	2420 + 2520 (5)	B-2520	B-2210
STAT°	(6)	(9)	(10)	(5)	(12)	(14)	(7)	(7)	(5)		(7)	(2)

<- PLATEAU -><- VERSANT ->

|-----|-----|-----|-----|-----|
G I G II G III G IV G V G VI

Rappel : seules les placettes du type E peuvent être, à ce stade, comptabilisées dans l'échantillon valable pour l'étude.

Remarques :

- un certain nombre de propositions du type D sont peut-être, acceptables, mais il faut le vérifier d'un point de vue dendrométrique ;
- les autres propositions doivent être systématiquement écartées. Même si quelques unes du type C s'identifient à de la futaie très claire, elles ne rentrent pas dans le cadre des lois d'Eichhorn et ne peuvent pas être considérées au même titre que les placettes du type E.

Conclusion :

Le portefeuille de placettes est nettement insuffisant (28 placettes) pour satisfaire la totalité de l'étude (120 placettes). Néanmoins, il correspond à une collecte obligatoirement limitée dans le temps et, par conséquent, même s'il est significatif, il n'est pas exhaustif. A ce stade, on sait qu'il ne sera pas possible de classer les stations les unes par rapport aux autres.

Cependant, l'échantillon disponible (pôle E) est suffisant (28 placettes avec 3 arbres) pour envisager la construction de l'outil (faisceau de courbes hauteur-âge à partir de l'analyse de tiges d'une soixantaine d'arbres couvrant la gamme de fertilité) ce qui est primordial pour plusieurs raisons :

- d'abord, sans outil il n'y a pas d'étude possible ;
- en dehors de son utilisation pour une étude complète, le faisceau est forcément utile pour le forestier, de manière plus ponctuelle, dans la réalisation des aménagements (mesure de couples hauteur-âge et report dans le faisceau de courbes pour situer le niveau de fertilité de la forêt = cartographie des fertilités) ;
- la recherche de placettes complémentaires peut se poursuivre de façon plus souple et plus étalée dans le temps en profitant davantage de la présence constante des forestiers sur le terrain.

NB : Dans l'optique de la construction du faisceau de courbes, il faut ajouter les propositions de type E très intéressantes, répertoriées dans d'autres types stationnels. Elles contribuent à la diversification de la gamme de fertilité :

B-1410 : hêtraie-chênaie acidophile de plateau (Doubs)
A-1310 : chênaie-charmaie-hêtraie mésoneutrophile
 mésophile (Doubs)
A-1240 : chênaie-charmaie-hêtraie neutrophile mésophile
 (Doubs)

II. ETUDE DENDROMETRIQUE

Conformément au paragraphe précédent, cette phase ne concerne que les propositions du type E. Elle vise à confirmer, ou infirmer, l'aptitude des placettes au protocole de l'analyse de tiges en vérifiant à la fois l'équienneté des placettes et le statut concurrentiel des arbres (rapport hauteur du fût/hauteur totale).

Après la mise en place d'une placette circulaire de 6 ares, on effectue l'inventaire et le classement des arbres en fonction du diamètre ou de la circonférence.

C'est sur le plus gros, le troisième et le cinquième plus gros que sont réalisées les mesures suivantes, à l'état défeuillé (mars, avril 91).

1 - Les différentes mesures

Deux catégories de mesures ont été réalisées sur les trois arbres de chaque placette :

la première est destinée à caractériser le développement de l'arbre :

- Hauteur dominante (dendromètre Suunto-ruban décamétrique) ;
- Diamètre et circonférence à 1 m 30.
- Age à 1m30 (tarière de Pressler diamètre 5 mm avec manche Reineke et Guide).

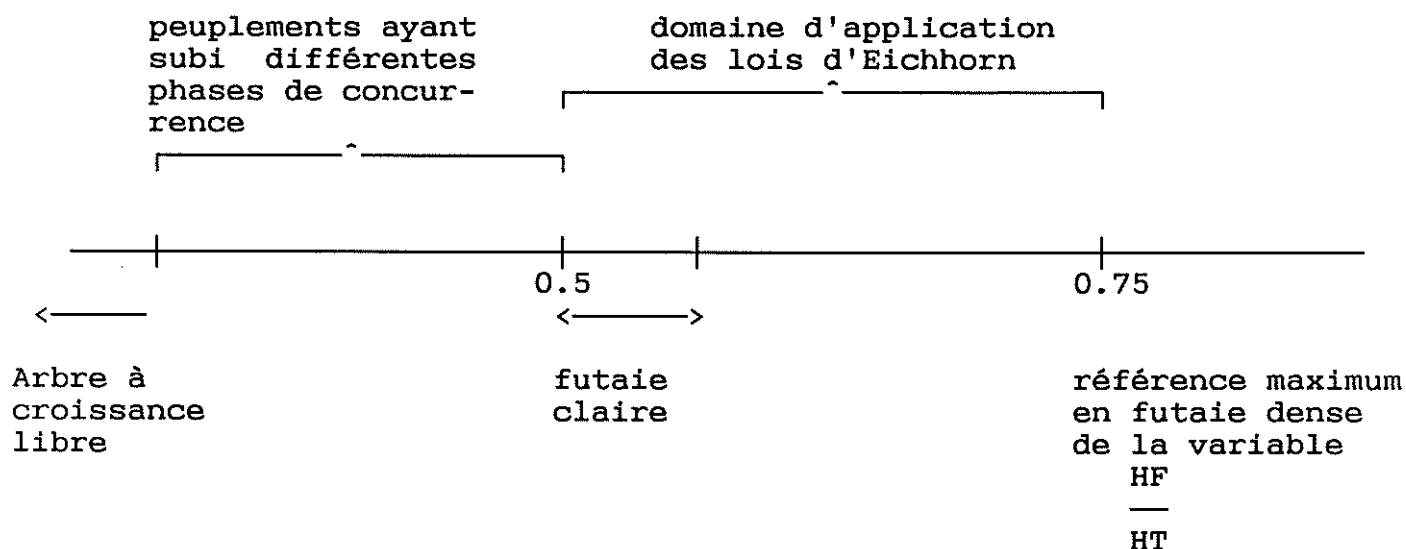
Sondage des arbres au coeur ; lecture des cernes au bureau à l'aide d'une loupe grossissement 8 (les cernes ne sont pas suffisamment visibles à l'oeil nu sur les carottes fraîches).

La placette est considérée comme équiennne lorsque l'âge de chaque arbre ne s'écarte pas de plus de 10 % autour de l'âge moyen de la placette.

La seconde vise à évaluer le statut concurrentiel de l'arbre :

- Hauteur à la base du houppier : il s'agit de la hauteur d'insertion des premières branches vivantes faisant partie intégrante du houppier ; elles sont telles qu'aucune autre située plus haut dans le houppier ne s'étend plus loin qu'elles.

Cette valeur permet de calculer le rapport HF/HT (hauteur de fût/hauteur totale) utilisé classiquement pour qualifier l'aspect "plus ou moins futaie" d'un arbre. De façon courante, on a l'habitude de considérer qu'au dessus de 0.5, ce rapport caractérise la gamme futaie :



- projection au sol du houppier à partir de la mesure de huit rayons de cette projection (matériel : miroir et ruban décimétrique).

2 - Résultats des mesures

TABLEAU DE MESURES, PAR STATION

Cf. page ci-contre pour monenclature

STATION 1120	PLACETTE 1			PLACETTE 2			PLACETTE 3			PLACETTE 4		
	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
Diam. (cm)	57	51	46.5	56	53	45	49	47	40	36	35	32
Age (ans)	119	110	108	126	124	123	140	136	115	108	102	112
H D (m)	31	28.5	27	31.8	32	30	30.5	32	30	26.6	27	27
H.P.B	14.6	17	14	16.8	15.6	19	19	17	18	20.6	18	18.4
P.C. (m2)	95	93	73	65	94	47	70	53	47	36	39	21
HF / HD (en moyenne)	0.52			0.54			0.58			0.7		
S.T (m2)	1.58			1.95			1.95			1.1		
M.HD (m)	28.8			31.3			30.8			26.9		
A.M	112			124			130			107		
équieneté	oui			oui			non			oui		

Localisation : forêt domaniale de la Faye de Montrond, parcelles 32,31,39

——> la placette 3 n'est pas équienne

——> les autres placettes sont acceptables

STATION 8-1230	PLACETTE 5			PLACETTE 6			PLACETTE 7			PLACETTE 8			PLACETTE 9		
	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
Diam. (cm)	59	54	48	59	54	51	57	55	50	53	45	43	54	53	50
Age (ans)	143	135	159	100	115	90	115	110	100	117	91	89	175	205	172
H D (m)	32.6	33	33	35.4	37.4	35.6	30.5	30.4	26	30	28.4	28	34.5	31	35
H.P.B	17.6	21	23	20.5	21.4	21.6	11	15	11	14	17.4	17	22.5	17.5	22
P.C. (m2)	76	45	58	78.5	60	48	70	67	67	75	65	72	43	42	52
HF / HD (en moyenne)	0.62			0.58			0.42			0.55			0.61		
S.T (m2)	2.11			2.54			1.87			0.97			1.91		
M.HD (m)	32.9			36.1			29			28.8			33.5		
A.M (ans)	145			101			108			99			184		
équienneté	oui			non			oui			non			non		

Localisation :

placette 5 : Forêt domaniale de la Verrière du Grosbois (p. 1)

placette 6 : Forêt domaniale de la Verrière du Grosbois (p. 30)

placette 7 : Forêt communale de Laviron (p. 20)

placette 8 : Forêt communale de Laviron (p. 20)

placette 9 : Forêt communale de Villerschief (p. 19)

- > les placettes 6, 8, 9 ne sont pas équiennes
- > la placette 7 s'éloigne du type futaie
- > la placette 5 est acceptable

STATION A-1240	PLACETTE 10			PLACETTE 11			PLACETTE 12			PLACETTE 13		
	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
Diam. (cm)	77	64	55	51	49	47	61	59	56	50	46	43
Age (ans)	137	125	110	86	90	100	160	157	140	112	110	115
H D (m)	32	30	30.8	30	28.2	29.4	32	33	34.5	32	30.5	32
H.P.B	14	15	18	17	16.6	14.4	17	17.5	18	20	20.5	20.5
P.C. (m2)	108	90	66	66	51	41	104	91	90	75	61	47
HF / HD (en moyenne)	0.50			0.54			0.52			0.64		
S.T (m2)	1.90			2.15			1.91			1.8		
M.HD (m)	31			29.2			33.1			31.5		
A.M	124			92			152			112		
équieneté	non			oui			oui			oui		

Localisation :

placette 10 : Forêt communale de Magny Chatelard (P. A)

placette 11 : Forêt communale de St Juan (coupon 5)

placette 12 : Forêt communale d'Amathay (p. 10)

placette 13 : Forêt communale d'Amathay (p. 10)

——> la placette 10 n'est pas équienne

——> les autres placettes sont acceptables

STATION 1140	PLACETTE 14			PLACETTE 15			PLACETTE 16		
	1	3	5	1	3	5	1	3	5
Diam. (cm)	63	60	54	61	53	50	49	47	46
Age (ans)	120	123	108	104	114	123	110	106	111
H D (m)	31	33	32	27	26	28	30.5	30	31
H.P.B	14	15	20	14	10	10	17	18	18
P.C. (m2)	100	86	64	44	49	56	56	64	67
HF / HD (en moyenne)	0.5			0.42			0.57		
S.T (m2)	2.27			2.37			0.65		
M.HD (m)	32			27			30.5		
A.M	117			114			109		
équieneté	oui			oui			oui		

Localisation :

placette 14 : Forêt domaniale des Moidons (p. 201)

placette 15 : Forêt domaniale des Moidons (p. 202)

placette 16 : Forêt domaniale des Moidons

——> la placette 15 s'écarte du type futaie

——> les placettes 14 et 16 sont acceptables

STATION B-1360	PLACETTE 17			PLACETTE 18			PLACETTE 19			PLACETTE 20			PLACETTE 21		
	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
Diam. (cm)	55	52	48	69	61	52	59	55	48	58	56	53	60	56	54
Age (ans)	122	135	146	152	120	141	112	105	103	121	101	129	112	117	107
H D (m)	29.5	31	29.5	33	31	33.5	31	35	34.4	28.8	29.2	30	29.8	32.5	31
H.P.B	17	19	22	15	14	17	14	15.6	16.6	11	11.4	13	16.8	17	17.5
P.C. (m2)	60	58	49	88	72	70	49	75	42	49	52	56	76	69	49
HF / HD (en moyenne)	0.65			0.44			0.46			0.4			0.54		
S.T (m2)	2.15			2.3			1.61			2.21			2.05		
M.HD (m)	29.8			32.5			33.5			29.3			31.1		
A.M	131			137			106			117			112		
équieneté	oui			non			oui			non			oui		

Localisation :

placette 17 : Forêt du camp militaire de Valdahon (P. 3)

placette 18 : Forêt du camp militaire de Valdahon (P. 3)

placette 19 : Forêt domaniale de la Verrière du Grosbois (P. 30)

placette 20 : Forêt communale de Laviron (P. 24)

placette 21 : Forêt communale de Laviron (P. 24)

——> les placettes 17 et 21 sont acceptables, les autres s'écartent de la futaie ou ne sont pas équiennes.

STATION B-2210	PLACETTE 22			PLACETTE 23		
	1	3	5	1	3	5
Diam. (cm)	50.5	42.5	39	50	44	42.5
Age (ans)	96	92	95	100	123	113
H D (m)	28	28	27	26	25.5	24.4
H.P.B	16	15.4	14.4	12.5	14.5	12
P.C. (m2)	42	43	36	44	24	72
HF / HD (en moyenne)	0.55			0.51		
S.T (m2)	2.25			1.85		
M.HD (m)	27.6			25.3		
A.M	94			112		
équieneté	oui			non		

Localisation : Forêt communale de Sancey le Grand (p. 60 pour les deux placettes)

**STATIONS NON SELECTIONNEES MAIS PRISES EN COMPTE POUR LA
CONSTRUCTION DU FAISCEAU**

STATION B-1240		Diam (cm)	Age (ans)	HD (m)	HPB (m)	PC (m2)	HF/HD	ST (m2)	MHD (m)	AM (ans)	EQUI
placette 24	1	57	137	39	21	104	0.58	2.47	37.3	136	oui
	3	53	133	35.5	22.5	77					
	5	50	144	37.5	22.5	55					
placette 25	1	58	128	33	21	81	0.64	2.26	33.3	123	oui
	3	52	115	35.5	23	68					
	5	49	126	31.5	21	54					

Localisation : Forêt communale de Germéfontaine (P. 35)

———> les deux placettes sont acceptables

STATION A-1310		Diam (cm)	Age (ans)	HD (m)	HPB (m)	PC (m2)	HF/HD	ST (m2)	MHD (m)	AM (ans)	EQUI
placette 26	1	75	141	38	17	51	0.54	2.04	37.3	127	oui
	3	65	123	36.5	22	56					
	5	55	117	37.4	22	68					
placette 27	1	67	136	32.5	20.5	101	0.61	2.53	33.3	139	oui
	3	65	135	34	18	100					
	5	58	146	34	19	103					

Localisation : Forêt communale de Nancray (P. 2)

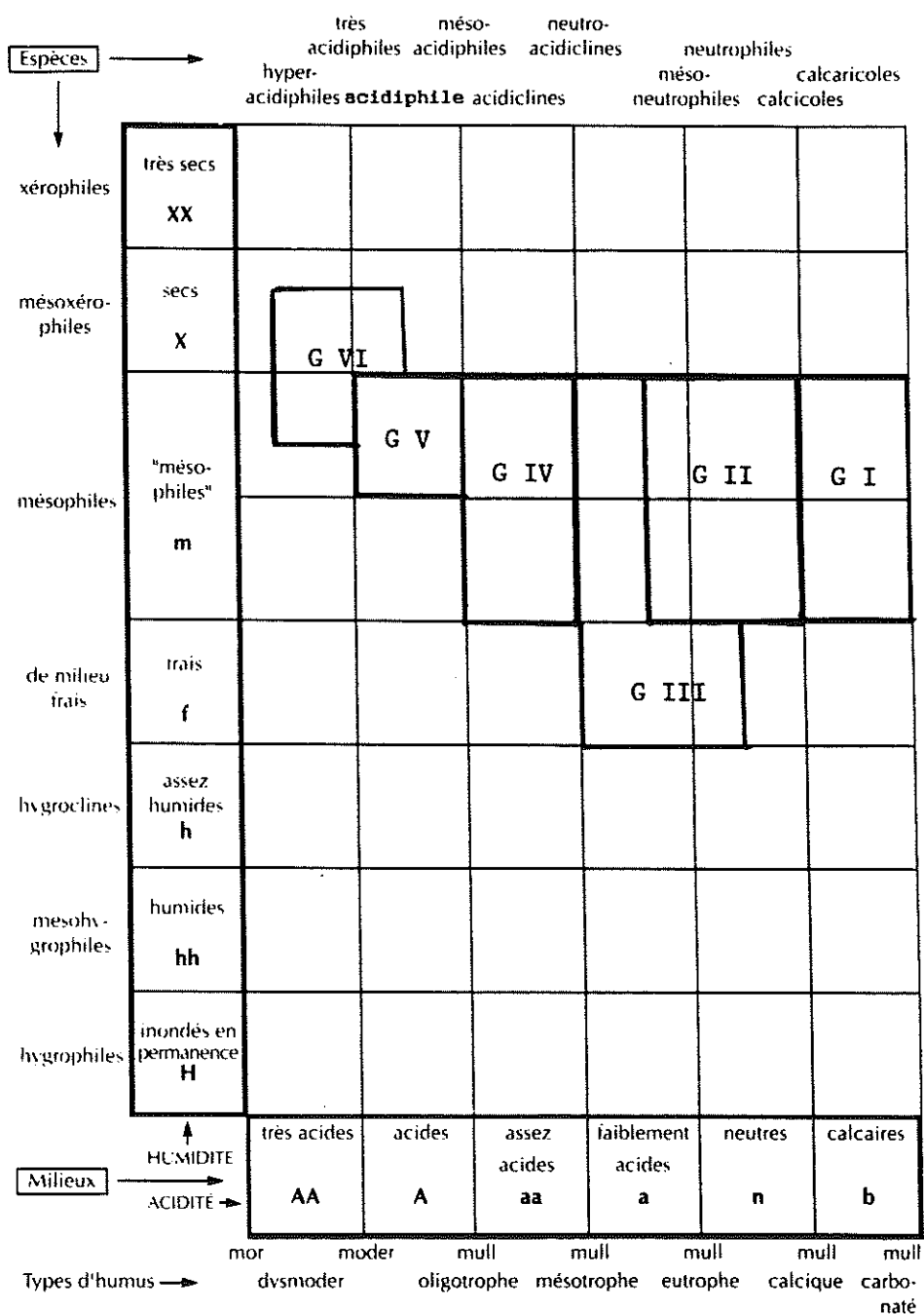
——> les deux placettes sont acceptables

STATION B-1410		Diam (cm)	Age (ans)	HD (m)	HPB (m)	PC (m2)	HF/HD	ST (m2)	MHD (m)	AM (ans)	EQUI
placette 28	1	53	119	34.5	20.5	72	0.6	1.71	34.5	121	oui
	3	49	117	35.5	20	100					
	5	52	127	33.5	22.5	45					
placette 29	1	51	125	32.8	16.8	62	0.5	1.80	32.2	134	oui
	3	48	140	31.5	16.5	80					
	5	47	138	32.5	15.5	61					

Localisation : Forêt communale de Servin (p. 6 et p. 3)

——> les deux placettes sont acceptables

Position des stations retenues dans le diagramme combinant les gradients trophiques et hydriques de répartition des espèces.



RECAPITULATIF

Ce récapitulatif indique le nombre de placettes disponibles pour la construction du faisceau de courbes, après vérification de l'équienneté des placettes et leur appartenance au pôle futaie (HF / HD > 0,5).

Rappel : pour une étude statistiquement fiable, une dizaine de placettes sont nécessaires par station.

E

1120 3

2.1.3 -

B-1230 1

2.1.4 -

Remarques :

A-1240 3

1140 2

B-1360 2

4.1.4 -

4.1.3 -

2520 * -

2420

B-2520 * -

B-2210 1

B-1410 .. 2

B-1240 .. 2

A-1310 .. 2

- L'échantillon est quantitativement suffisant pour la construction du faisceau de courbes. Une majorité de placettes est concentrée dans le Doubs et plus particulièrement dans l'étage collinéen supérieur.

- La figure ci-contre montre la position des stations dans le diagramme combinant les gradients trophiques et hydriques de répartition des espèces.

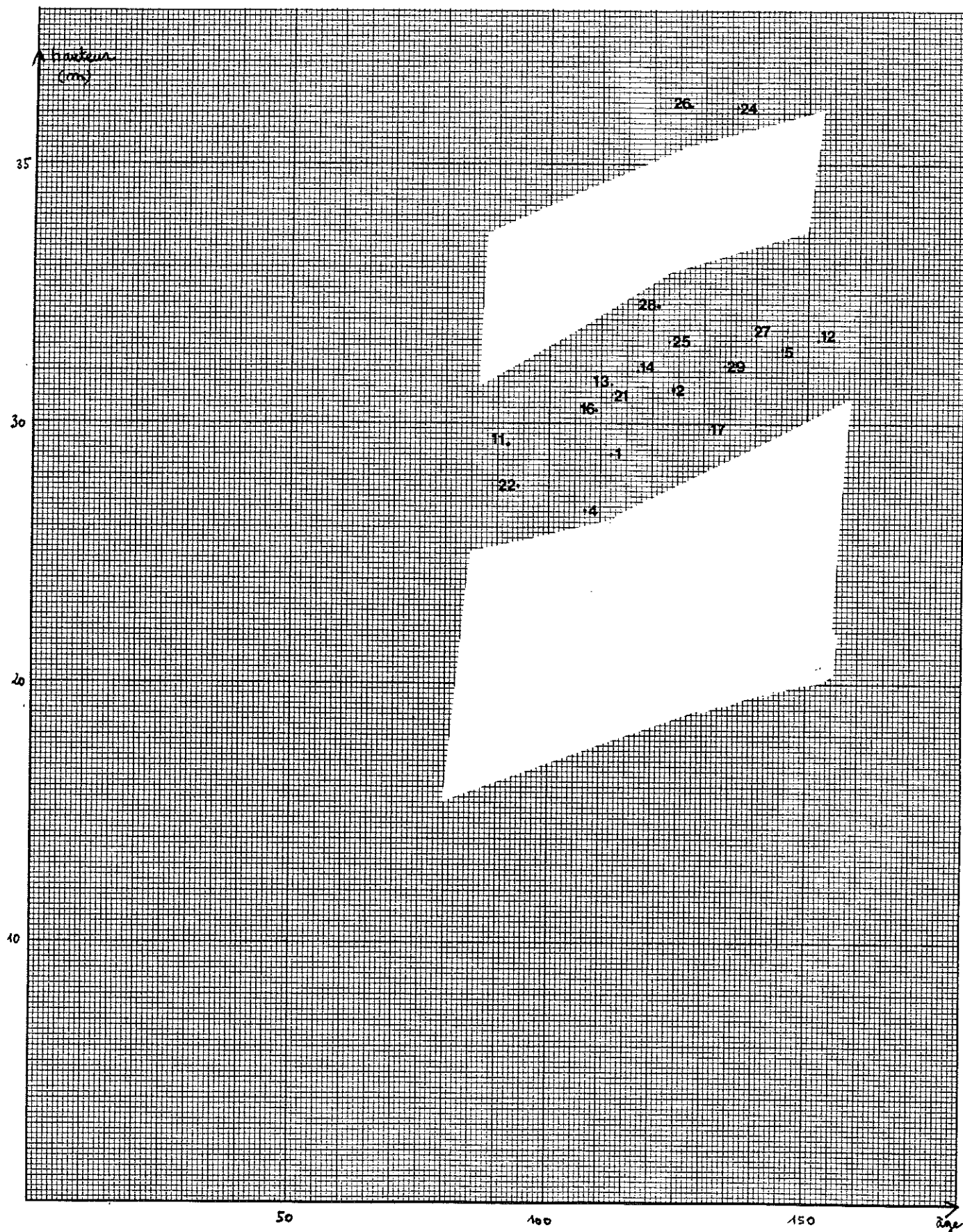
- On note l'absence de placettes en Haute-Saône

Total 18 placettes

* : stations non visitées

.. : stations retenues pour la construction du faisceau de courbes (peuplement répondant parfaitement au protocole).

NUAGE DE POINTS HAUTEUR/AGE : UNE GAMME DE FERTILITE INSUFFISAMMENT COUVERTE



- 1, 2, 3 : chênaie-charmaie-(hêtraie) calcicole (F.D. de la Faye de Montrond)
- 5 : chênaie-charmaie-hêtraie calcicole mésophile (F.D. de la Verrière du Grosbois)
- 11,12,13 : chênaie-charmaie-hêtraie neutrophile mésophile (F.C. de St Juan et F.C. d'Amathey 12 et 13)
- 14,16 : chênaie-charmaie-(hêtraie) neutrophile (F.D. des Moidons)
- 17,21 : hêtraie-chênaie-charmaie mésoacidophile hygrocline (forêt du camp militaire, F.C. de Laviron)
- 22 : hêtraie calcicole de pente thermophile (F.C. de Sancey le Grand)
- 24,25 : chênaie-charmaie-hêtraie neutrophile mésophile (F.C. de Germéfontaine)
- 26,27 : chênaie-charmaie hêtraie mésoneutrophile mésophile (F.C. de Nancray)
- 28,29 : hêtraie-chênaie acidophile de plateau (F.C. de Servin)

NUAGE DE POINTS HAUTEUR/AGE

(cf. figure ci-contre)

La répartition des couples hauteur/âge dans le diagramme ci-contre montre que l'échantillon disponible ne couvre pas une gamme de fertilité suffisante. A l'exception des points 26 et 24, isolés, les autres points sont très regroupés :

- dans l'hypothèse où les points 26 et 24 représentent la partie supérieure du "faisceau", on remarque un vide significatif entre ces points et le reste du nuage ;
- l'absence de points dans la partie inférieure du nuage est plus gênante ; elle peut être due à deux sortes de causes :
 - * le hêtre n'est pas représenté dans les stations superficielles en peuplement de type futaie (ce qui est vrai en partie) d'où l'absence de placettes ;
 - * les stations décrites comme étant superficielles dans les catalogues (1120 par exemple) sont aussi très favorables pour le hêtre : la roche mère fissurée (horizon entre les cailloux) et la forte pluviosité compensent le caractère peu évolué du sol.
- l'absence de points pour la Haute-Saône est dommageable (stations plus "sèches").

Même si cet échantillon est incomplet à l'issue de cette investigation (on peut très certainement le compléter avec davantage de recherche), cette figure est tout de même assez significative. En d'autres termes, la gamme de fertilité est certainement très étroite en Franche-Comté, et se place à un niveau de production assez élevé. Il n'y a pas une différence importante entre un sol peu évolué sur roche mère fissurée et un sol brun plus ou moins lessivé, en ce qui concerne la production ligneuse du hêtre.

CONCLUSION

Une déception pour le présent

Les investigations menées sur le terrain n'ont pas été assez fructueuses : l'échantillon de placettes qui en résulte ne permet pas d'envisager favorablement les autres phases du projet, en particulier l'analyse de tiges, avec la construction du faisceau de courbes. Plusieurs raisons argumentent cette décision :

- le hêtre est globalement sous représenté dans les peuplements de type "futaie". L'échantillon disponible met en évidence une gamme de fertilité incomplète, mais surtout très réduite ; ce qui ne justifie pas l'important effort d'investissement que nécessite l'analyse de tiges ;
- pour une part importante de l'échantillon, l'origine des peuplements autorise certaines réserves quant à leur représentativité vis à vis des lois d'Eichhorn.

Dans le contexte régional, la mise en relation du milieu avec la production ligneuse est scientifiquement impossible sans la prise en compte des peuplements de type intermédiaire (entre arbre à croissance libre et arbre de futaie), largement prépondérants en Franche-Comté. A défaut de pouvoir être prolongés par ce type d'étude, les catalogues existants gardent leur valeur d'outil d'aide à la décision pour le choix qualitatif des essences à favoriser ou à introduire ; ils engendrent également une sensibilisation soutenue des forestiers à la diversité du milieu.

Un espoir pour l'avenir

Plusieurs études (hors région) se sont déjà heurtées à la méconnaissance des lois d'évolution des peuplements mélangés. Or, paradoxalement, ce type de peuplement est majoritaire dans les zones concernées par les catalogues de stations.

Un réseau coopératif de recherches a récemment vu le jour, dont l'un des objectifs est de construire des modèles de croissance prenant en compte l'histoire du peuplement, via la reconstitution de la concurrence.

Ce réseau (INRA, CEMAGREF, ENGREF) se fixe une période de trois à cinq ans pour perfectionner et élaborer certains outils, et les mettre à la disposition des organismes de développement. Pour l'heure, ce projet n'intéresse que le chêne et nul doute que les résultats ne seront pas directement transposables au hêtre. Cependant, cette prise de conscience va créer un contexte plus propice à de nouvelles initiatives et accroître leurs chances de succès.

THEORY

The first part of the theory is the basic principles of the theory.

The second part of the theory is the application of the theory to the practice.

The third part of the theory is the evaluation of the theory.

The fourth part of the theory is the conclusion of the theory.

The fifth part of the theory is the summary of the theory.

The sixth part of the theory is the appendix of the theory.

BIBLIOGRAPHIE

BECKER, M. LE TACON, F. et TIMBAL, J. (1980) . *Les plateaux calcaires de Lorraine - types de stations et potentialités forestières.* E.N.G.R.E.F. Nancy, 216 p.

CLAUDEPIERRE, M. (1984) . *Relations type de station - qualité du hêtre sur le plateau lédonien.* Documentation E.N.G.R.E.F. Nancy, 186 p.

DRAPPIER, J. (1987) . *Etude de la potentialité forestière des stations par l'Inventaire Forestier National : les plateaux calcaires de Haute-Marne.* R.F.F., XXXIX, 5, pp. 425-435.

DUPLAT, P. et TRAN-HA, M. (1986) . *Modèles de croissance en hauteur dominante pour le Hêtre, le Sapin Pectiné et le Pin Sylvestre dans le massif de l'Aigoual.* Document O.N.F., section Technique Fontainebleau.

GIRAULT, D. et WENCELIUS, F. (1986) . *Prolongement des catalogues et études de stations forestières en France.* Documentation C.E.M.A.G.R.E.F., 27 p.

GROUPE DE TRAVAIL SUR LA TYPOLOGIE DES STATONS FORESTIERES, (1989) . *Station forestière, Production et qualité du bois : éléments méthodologiques.* D.E.R.F., C.E.M.A.G.R.E.F., 254 p.

I.F.N. (1985) . *But des méthodes de l'IFN .* Ministère de l'Agriculture, 65 p.

I.N.R.A. (1981) . *Le Hêtre. Monographie du hêtre réalisée par le département des recherches forestières, 576 p.*

I.N.R.A. , O.N.F. , E.N.G.R.E.F. (1984) . *Tables de production pour les forêts françaises.* E.N.G.R.E.F., Nancy, 158 p.

LE GOFF, N. (1984) . *Indice de Productivité des taillis sous futaie de Chêne dans la Région Centre.* Ann. Sci. For. , 39, 3, pp 259-288.

LE GOFF, N. et MADESCLAIRE, A. (1985) . Etude de la potentialité des stations forestières des plateaux calcaires de Lorraine pour l'Erable sycomore et le Merisier. C.R.P.F. Lorraine-Alsace, 55 p.

MULLER, G. (1987) . Le Chêne rouge d'Amérique dans le Nord Est de la France : croissance en hauteur et fertilité des stations . E.N.I.T.E.F., C.N.R.F., 110 p.

PARDE, J. et BOUCHON, J. (1988) . Dendrométrie (deuxième édition). E.N.G.R.E.F., Nancy.

PREISS, J.P. (1981) . Influence du type de station et du traitement sylvicole sur la qualité du bois de hêtre dans le Nord Est. E.N.I.T.E.F., C.N.R.F., 140 p.

PRENEY, S. (1978) . Contribution à la typologie des hêtraies du premier plateau du Doubs - Relations avec la qualité du bois. E.N.I.T.E.F., O.N.F., 87 p.

RAMEAU, J.C. (1985). Structuration des stations forestières : classification des types de stations et applications aux plateaux calcaires du Nord est de la France. Colloque phytosociologie et Forestière, Nancy 42 p.

SOLTNER, D. (1982) . Les Bases de la production végétale Tome II, le Climat. Collection sciences et techniques agricoles.

SOLTNER, D. (1982) . Les bases de la production végétale Tome I, le Sol. Collection sciences et techniques agricoles.

UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE, Laboratoire de taxonomie expérimentale et de phytosociologie :

BAILLY, G. (1986) . Catalogue des types de stations forestières des plateaux calcaires haut-saônois.

BEAUFILS, Th. (1984) . Catalogue des types de stations forestières du plateau lédonien et de la côte de Lheute.

DUBURGUET, J. et GILLET, F. (1986) . Typologie des stations forestières des premiers plateaux du Doubs.

WENTZ, J. (1986) . Vers une meilleure connaissance des peuplements feuillus : exemple Franc-Comtois. E.N.I.T.E.F., C.R.P.F., 86 p.

LISTE DES FORETS DANS LESQUELLES DES PEUPLEMENTS
ONT ETE PROPOSES ET VISITES

Département de Haute-Saône :

- F.C. d'Authoison
- F.C. de Mailley
- F.C. de Grandvelle
- F.C. de Montarlot les Rioz
- F.C. de Trésilley
- F.C. de Maizières
- F.C. de Chaux la Lotière
- F.C. de Boult
- F.C. de Traitiefontaine
- F.C. de Cromary
- F.C. d'Anthon
- F.C. de Champlitte
- F.C. de Noroy le Bourg
- F.C. de Bucey les Gy
- F.C. de Gy
- F.C. de Gésier
- F.C. d'Arbecey
- F.C. de Port sur Saône
- F.C. de Valleriois le Bois
- F.C. de Chassey les Montbozon
- F.C. de Beaumotte et Aubertans
- F.C. de Fontenois les Montbozon
- F.C. de Quincey
- F.C. de Valleriois Lorioz
- F.C. de Vellefaux
- F.C. de Calmoutier

Département du Jura :

- F.C. de Poligny
- F.C. de Salins
- F.C. d'Arbois
- F.C. de Pupillin
- F.C. de Barretaine
- Forêt domaniale des Moidons
- Forêt domaniale de la Faye de Montrond
- F.C. de Montigny sur Ain
- F.C. de Pont du Navoy
- F.C. de Chatillon sur Ain
- F.C. de Mirebel
- F.C. de la Mare

Département du Doubs :

- F.C. de Chevigney les Vercel
- Forêt du Camp militaire de valdahon
- F.C. d'Etalans
- Forêt domaniale de la Verrière du Grosbois
- F.C. de Grandfontaine sur creuse
- F.C. de Longechaux
- F.C. de Germéfontaine
- F.C. de Vercel
- Forêt indivise du Grosbois
- F.C. de Durnes
- F.C. d'Epeugney
- F.C. de Villers sous Montrond
- F.C. de Merey sous Montrond
- F.C. de Montgesoye
- F.C. d'Ornans
- F.C. de Nancray
- F.C. de Gennes
- F.C. de Dammartin
- F.C. de St Juan
- F.C. de Magny Chatelard
- F.C. de Naisey
- F.C. de Saône
- F.C. de Mamirolle
- F.C. d'Amathay Vésigneux
- F.C. de Chantrans
- F.C. de Longeville
- F.C. de Reugney
- F.C. de Déservillers
- F.C. de Scey Maisières
- F.C. de Chassagne St Denis
- F.C. de Laviron
- F.C. de Vellerot les Vercel
- F.C. de Villerschief
- F.C. de Lomont sur Crête
- F.C. de Servin
- F.C. de Sancey le Long
- F.C. de Sancey le Grand
- F.C. du Belvoir
- F.C. de Randevillers
- F.C. de Crosey le Grand
- F.C. de Vellerot les Belvoir
- F.C. de Tournedoze
- F.C. de Glainans
- F.C. de Myon
- F.C. d'Eternoz
- F.C. de Vaux les Prés
- F.C. du François
- F.C. du Pyrée
- F.C. de Busy

- F.C. de Vorges les Pins
- F.C. de Thoraise
- F.C. de Grandfontaine
- F.C. de Montferrand le Château
- F.C. de Mercey le Grand
- F.C. de Saint Vit
- F.C. de Présentevillers
- F.C. d'Allondans

