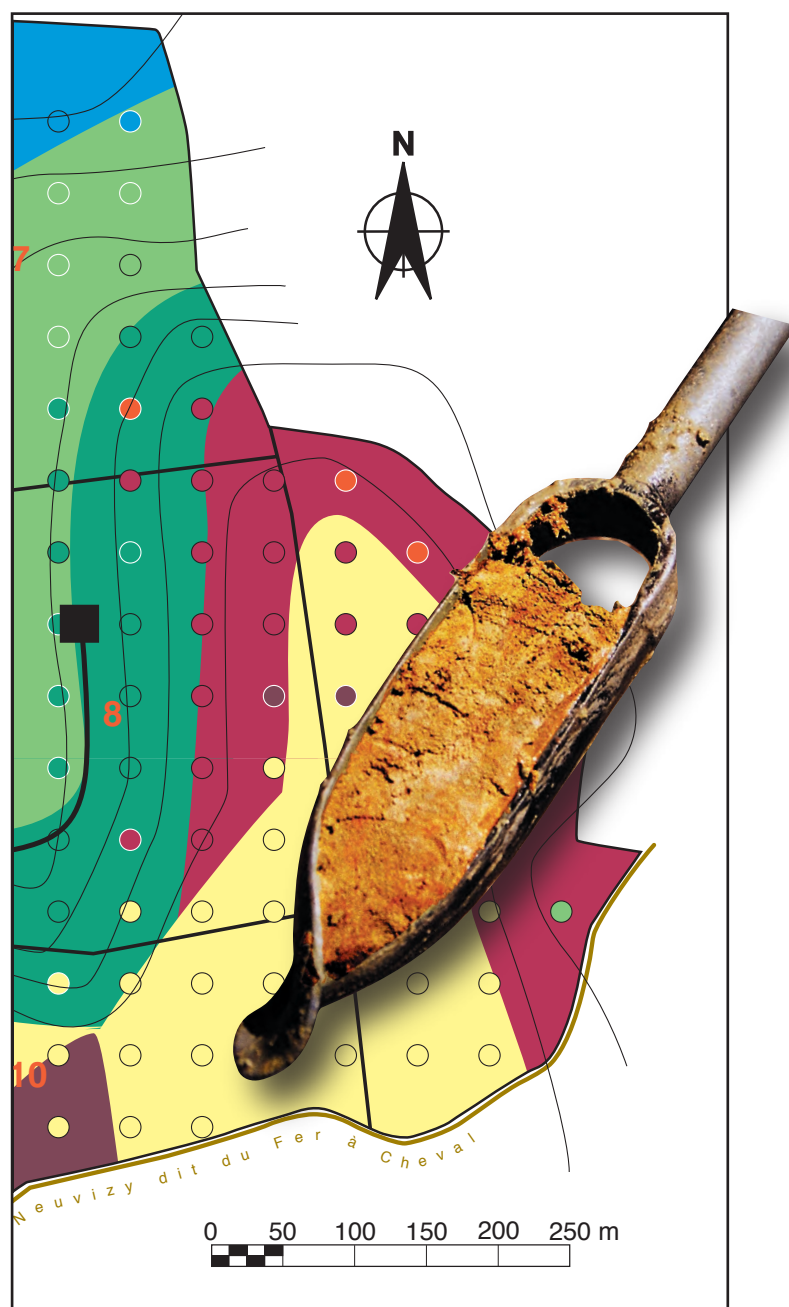


## Tests d'une méthode de cartographie rapide des stations forestières

# Synthèse générale



Nicolas BAZIN  
Sylvain GAUDIN

11 février 2003 - version 1.2.





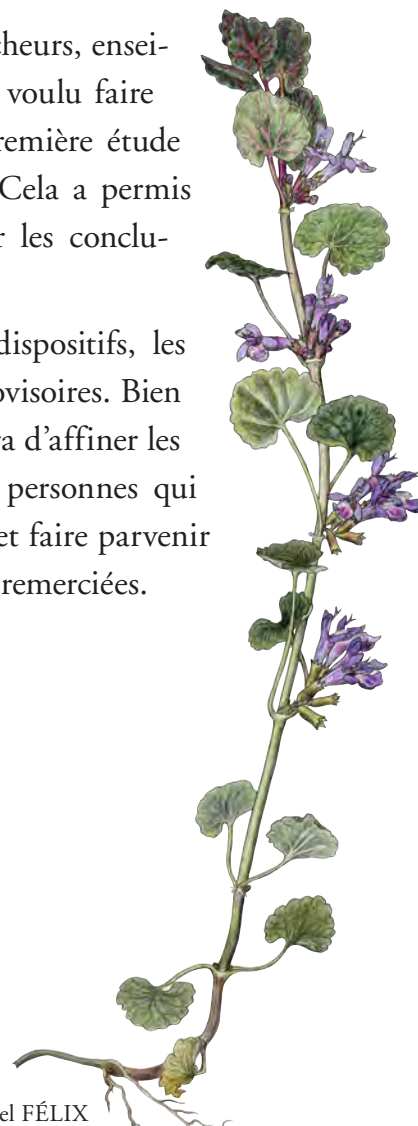
## Remerciements

Les études conduites sur quelques forêts champardennaises s'inscrivent dans un programme plus vaste visant à améliorer l'étude des stations en forêt privée. Une partie des relevés de terrains et de l'analyse des résultats a été effectuée par Nicolas BAZIN, étudiant en section de Technicien Supérieur option Gestion Forestière, dans le cadre de son stage au CRPF.

Comme beaucoup d'études, celle-ci n'aurait pu être réalisée sans le concours de bon nombre de personnes. Les auteurs tiennent donc à remercier :

- Les propriétaires et les gestionnaires forestiers qui ont bien voulu leur ouvrir leurs forêts. Sans eux, il ne serait pas possible d'expérimenter de nouvelles techniques et de proposer de nouvelles solutions à l'ensemble des forestiers ;
- Les personnels techniques du CRPF qui ont permis le recensement des forêts et qui ont parfois participé aux relevés de terrain ;
- Toutes les personnes (écologues, chercheurs, enseignants, gestionnaires...) qui ont bien voulu faire part de leurs commentaires sur la première étude conduite sur la forêt de Pierrepont. Cela a permis d'améliorer le protocole et d'enrichir les conclusions.

Faute d'un nombre suffisant de dispositifs, les résultats de ces études ne sont que provisoires. Bien entendu, toute remarque qui permettra d'affiner les conclusions sera bienvenue. Que les personnes qui voudront bien s'exprimer sur ce sujet et faire parvenir leurs commentaires soient par avance remerciées.



*Glechoma hederacea*, L. dessin Michel FÉLIX



## Introduction

---

L'étude des stations fait partie des compétences de base du forestier. Elle permet de mieux choisir les essences à introduire en reboisement, mais aussi de connaître les facteurs de croissance. Elle peut aussi intervenir comme critère de choix lors des martelages ou pour affiner le dosage des essences dans les dégagements.

Actuellement, les cartographies de stations sont très rares en forêt privée. Plusieurs causes peuvent expliquer cela :

- la loi n'impose pas l'étude des stations dans les PSG,
- les compétences techniques (pédologie, botanique, géologie, autécologie) à mettre en œuvre sont conséquentes et rares sont les propriétaires à pouvoir par eux-mêmes réaliser ce genre de travail,
- les gestionnaires pratiquent peu dans ce domaine et perdent ainsi parfois des compétences acquises lors de leur formation initiale,
- les outils (flores, catalogues des stations, référentiels pédologiques) mis à disposition ne sont pas toujours d'un abord simple ; ils varient énormément d'une région naturelle à l'autre (d'où un nouvel apprentissage à chaque fois), ils sont assez souvent difficiles à se procurer.
- enfin, une cartographie est un investissement financier et rares sont les propriétaires à souhaiter spontanément le faire.

Pour contribuer à améliorer la connaissance des stations en forêt privée, une des solutions (parmi d'autres) est de proposer aux gestionnaires une méthode pour cartographier rapidement et de manière suffisamment fiable les stations. Les fondements de cette méthode proviennent du laboratoire de pédologie de l'université de Franche-Comté (Lucot et Gaiffe, 1994).

Pour mieux évaluer cette méthode de cartographie rapide, des tests ont été réalisés en Champagne-Ardenne. Ils avaient pour finalité :

- d'estimer la **validité** de cette méthode à travers son application concrète sur des forêts représentatives de la diversité de conditions naturelles,
- de recenser ses **difficultés** d'utilisation, de définir ses **limites** et de proposer d'éventuels ajustements.

Ce document synthétise les résultats des tests effectués. Il doit permettre d'annoncer le domaine de validité de la méthode ainsi que les conditions générales d'utilisation. Ces informations permettront ensuite d'initier d'éventuels programmes de développement à destination des gestionnaires forestiers (documentation spécifique, formation adaptée collective ou personnalisée, utilisation de sites de référence...).



# I. L'étude des stations en Champagne-Ardenne: données et bilan

## I.1. Une région très bien dotée en catalogues des stations

### I.1.1. Diversité des régions naturelles

La région administrative Champagne-Ardenne est une région de plaine et de collines, les altitudes variant de 100 à 500 mètres environ. Elle présente une certaine diversité stationnelle induite par des conditions de milieu variées :

- Le climat est globalement qualifié d'océanique dégradé, la région se situant dans la partie Est du bassin parisien. Les précipitations peuvent varier de manière importante allant de moins de 600 mm/an en Champagne crayeuse à 1200 mm/an en Ardenne primaire.
- La région possède également une certaine diversité géologique (photo 1). Cela permet d'obtenir des sols variés, couvrant assez bien les divers gradients de profondeur, de texture, de richesse minérale...



Photo 1. Quelques exemples de roches rencontrées en Champagne-Ardenne. De gauche à droite et de haut en bas : Meulière de Brie, Grès Rhétien du Bassigny, Craie de Champagne crayeuse, Silex du Pays d'Othe, Gaize oxfordienne des Crêtes pré-ardennaises, Gaize d'Argonne, Schistes de l'Ardenne primaire.

La diversité des milieux naturels de la région Champagne-Ardenne est traduite par un découpage assez fin en régions naturelles par l'Inventaire Forestier National (Annexe I). Le nombre de régions naturelles rencontrées sur quatre départements est assez important.

### I.1.2. Les catalogues des stations utilisables dans la région

Un effort conséquent a été fait en Champagne-Ardenne pour doter les régions naturelles de catalogues des stations. Ainsi la région possède une couverture importante en ce qui concerne ces outils. L'annexe II présente sous forme de carte la couverture en catalogue des stations et indique dans un tableau les références de ces catalogues.







Comme le montre le tableau, il existe une forte diversité en ce qui concerne les auteurs et les structures. Cela rejoint des données nationales (Boisseau, 1999) selon lesquelles environ 80 % des auteurs de catalogues des stations n'ont réalisé qu'un seul document. La diversité des milieux, mais parfois plus encore la diversité des auteurs, induisent des documents variables en ce qui concerne notamment :

- la **précision** de la synthèse stationnelle (nombre plus ou moins grand de types),
- la **structuration** du catalogue,
- la **nomenclature** retenue pour classer les types de stations,
- l'**ergonomie**, la facilité de prise en main et de détermination des types,
- l'**exhaustivité** des descriptions et la **pertinence** des résultats.

Ces constatations ont leur importance. En effet, en s'appuyant sur des catalogues pour comparer des méthodes de cartographie de stations, il est impossible d'éviter un effet « catalogue » qui pourra changer la nature des résultats. Autrement dit, le nombre de types trouvés sur une forêt donnée, la facilité de détermination de ces types sur le terrain, les limites entre types de stations dépendent bien entendu des conditions naturelles, mais aussi du catalogue utilisé.

### 1.1.3. Des guides pour le choix des essences

Les catalogues des stations sont des ouvrages scientifiques très complets, souvent complexes, qui ne sont pas toujours faciles à appréhender par les gestionnaires et propriétaires forestiers. De plus, leur volume rend difficile leur duplication et parfois leur utilisation sur le terrain délicate.

C'est en raison de cette constatation que des *guides simplifiés* ont été créés. En effet, ils simplifient le catalogue en regroupant des types stationnels proches pour lesquels les essences à favoriser ou à introduire sont les mêmes. De plus, ils sont moins volumineux, évitent le vocabulaire trop technique et sont imprimés en grand nombre ce qui les rend plus accessibles que les catalogues. Dans certains cas, la rédaction du guide permet également de compléter les données du catalogue (prise en compte de milieux non traités, de zones non couvertes, élargissement du choix des essences...).

En Champagne-Ardenne, quatre guides simplifiés existent à l'heure actuelle (une carte des zones couvertes par un guide simplifié est fournie en annexe III) et un est en cours de finalisation. Ils ont été réalisés par le CRPF en collaboration avec les auteurs des catalogues. Ce nombre de guides est peu élevé par rapport au nombre de catalogues.



La région Champagne-Ardenne présente des conditions naturelles variées. Ainsi elle possède une diversité qui lui permet d'être représentative de bon nombre de milieux de l'étage collinéen. Sa couverture en catalogue des stations est très bonne et elle se place à ce niveau parmi les régions françaises les mieux dotées.

## 1.2. Une pratique à développer en forêt privée

### 1.2.1. Bilan de l'utilisation actuelle des outils disponibles

#### 1.2.1.1. Quelques constatations

Dans les forêts gérées par l'ONF, l'utilisation des catalogues des stations est quasi-systématique. Par exemple, la cartographie des stations est une étape obligatoire lors de la rédaction d'un plan d'aménagement. En revanche, la loi ne prévoit pas que la cartographie des stations soit obligatoire dans un plan simple de gestion.

De manière générale, l'utilisation des catalogues de stations ou des guides pour le choix des essences en forêt privée est largement perfectible. Ces outils sont utilisés de manière ponctuelle par certains gestionnaires, en particulier pour le choix des essences lors d'un reboisement. Cependant, l'absence de référence à un catalogue (cas fréquent) ou une mauvaise utilisation de ceux-ci (cas plus rare) conduit encore trop souvent à des choix erronés (photo 2).



*Photo 2. Plant de Merisier (dans un tube abri-serre) sur une station très acide et très hydromorphe à Molinie et à Fougère aigle (type CS1 du catalogue de Bernard Pinel [1990]). Ce plant est l'un des derniers merisiers survivants... Si cet exemple concret tient de la caricature, des cas moins typés d'inadaptation essence/station sont régulièrement rencontrés.*

En forêt privée, le manque d'une cartographie globale des massifs a été notamment ressenti après la tempête de 1999. En effet, il fut très difficile, voire parfois impossible de faire un diagnostic fiable des stations sur des parcelles sinistrées (sols retournés par les chablis, tassement des sols et orniérage à la suite des passages d'engins, flore et humus modifiés par la mise à nu des parcelles...). Dans de tels cas, une cartographie des stations avant la tempête aurait permis un diagnostic sans ambiguïté et un choix optimal des essences. Il faut par ailleurs noter qu'un problème similaire est rencontré en conditions normales : certains gestionnaires ne se soucient du choix des essences qu'une fois le peuplement précédent exploité.

La cartographie des stations est également utilisable dans la gestion quotidienne. Par exemple, de plus en plus de forêts portent des peuplements mélangés. Le dosage des essences dans les jeunes peuplements et le choix des essences lors des martelages doivent se faire à la lumière des données stationnelles. De même, les critères de récolte (diamètre ou âge d'exploitabilité) que ce soit en peuplement pur ou mélangé doivent se raisonner en fonction des stations.

Dans un autre registre, la sensibilité de certaines essences aux parasites peut avoir dans certains cas des causes stationnelles. Connaître les stations permet donc d'anticiper et d'éviter parfois des problèmes. La gestion forestière se voulant de plus en plus durable, la cartographie des stations de sa forêt produit non seulement l'état des lieux en terme de production, mais indique également la liste et l'emplacement des zones à enjeux patrimoniaux.







L'étude des stations présente un intérêt pour les gestionnaires. Cependant, les études de stations restent rares en forêt privée. Certains propriétaires ou gestionnaires ne connaissent pas tous les apports de l'étude des stations. D'autres sont freinés dans leur approche par des problèmes économiques ou techniques. Il convient d'énumérer ces blocages pour pouvoir par la suite développer les approches stationnelles.

#### 1.2.1.2. L'identification des principaux problèmes

Si le bilan de l'utilisation des catalogues et guides en forêt privée est pour l'instant décevant, des causes peuvent être recensées. Cette identification permettra de cibler les prochaines pistes de développement pour améliorer l'utilisation des outils de détermination des stations.

- Les propriétaires forestiers ne possèdent pas, pour l'immense majorité d'entre eux, les **compétences** scientifiques et techniques pour réaliser des études de stations dans leurs forêts. Il est encore plus gênant qu'ils ne soient pas demandeurs auprès de leur gestionnaire d'études des stations soit par ignorance, soit en raison des coûts de réalisation.
- Il existe, en forêt privée, des lacunes chez les gestionnaires dans le domaine de l'étude des stations. Certains n'ont pas eu de formation initiale dans ce domaine. Pour ceux qui ont été formés lors de leur parcours scolaire, le **manque de pratique** fait souvent qu'ils ne sont pas opérationnels. Ils sont peu nombreux à faire de la formation continue dans le domaine des stations.
- Les régions naturelles rencontrées en Champagne-Ardenne présentent des niveaux de difficulté différents en ce qui concerne la détermination des stations. Les catalogues utilisables sont d'un abord et d'une **ergonomie** variables. Les guides simplifiés ne couvrent pour l'instant qu'une **surface faible**.
- Les dossiers de demande de **subvention** pour le reboisement ne sont pas toujours examinés avec un œil suffisamment critique ou compétent dans le domaine des stations par les services instructeurs. Il est dommage que des fonds soient parfois débloqués sans que le choix des essences soit clairement argumenté et justifié (dans certains cas extrêmes, des essences inadaptées peuvent être subventionnées!).



Les outils pour la détermination des stations ont prouvé leur utilité. Leur utilisation en forêt privée champardennaise est encore trop confidentielle. Des solutions doivent donc être proposées pour développer l'étude des stations.

#### 1.2.2. Quelques pistes de développement

Comme dans d'autres régions, des pistes pour développer l'étude des stations en forêt privée ont été énumérées. Les différentes actions proposées sont complémentaires et peuvent induire une synergie. Certaines constituent un point de passage obligatoire pour que l'étude des stations se développe.

- On peut chercher à **susciter l'intérêt des propriétaires** pour l'étude des stations. L'objectif n'est pas de leur transmettre les connaissances et le savoir-faire pour réaliser une étude des stations (ce qui le plus souvent serait trop difficile et ne répond pas à leur demande), mais de montrer l'intérêt d'une telle démarche. Il s'agit d'un travail classique de développement au sein du CRPF (ce sujet est régulièrement abordé lors de réunions de vulgarisation ou de conseils individuels). Une fiche volontairement simple a été conçue par le CRPF et est régulièrement distribuée (Annexe IV).

- Une politique globale de **mise à disposition des outils** de détermination des stations a été relancée. Les catalogues de la région sont à nouveau disponibles. De nouveaux guides simplifiés pour le choix des essences sont en préparation.
- Une enquête globale a été réalisée auprès des utilisateurs des catalogues de la région (gestionnaires, administration, organismes de développement). Elle permettra de mettre en place des **sessions de formation** adaptées pour ces utilisateurs.
- Une aide forfaitaire à la **cartographie des stations** de 12 /ha peut être octroyée dans le cadre de la déclinaison régionale des aides de l'Etat (annexe V). Elle s'applique dans le cadre de la rédaction d'un premier plan simple de gestion ou lors d'un renouvellement. Elle pourra inciter les propriétaires à cartographier les stations de leur forêt en levant le blocage financier.

Au delà des quelques axes de développement généraux qui viennent d'être présentés ci-dessus, il apparaît qu'il faut donner une réponse pour la réduction des coûts importants liés à la cartographie des stations. Cela passe en particulier par la mise au point et l'utilisation de méthodes permettant de cartographier rapidement les stations. L'objectif est d'obtenir, à un prix raisonnable, une bonne estimation de la répartition des stations à l'échelle d'une forêt ou d'un groupe de parcelles.



Une méthode de cartographie rapide des stations peut aider à développer cette pratique en diminuant les coûts de réalisation. Sa mise au point et sa vulgarisation s'inscrivent dans une démarche globale d'incitation à l'étude des stations.





## II. Analyse bibliographique des méthodes de cartographie des stations forestières

Grâce à un relevé stationnel (sol, flore, topographie), il est possible de déterminer localement le type de station. A l'échelle d'une forêt, un certain nombre de relevés doivent être réalisés afin de produire une carte. Il existe pour cela différentes stratégies qui varient en fonction :

- de la manière de parcourir le terrain,
- de la densité des relevés,
- du choix des emplacements de relevés,
- de la façon de traduire les informations de terrain sous forme cartographique...

Dans tout ce qui suit, on supposera qu'un **catalogue des stations** est disponible (étant donnée la couverture champardennaise en catalogues, cette hypothèse est très réaliste). Ainsi, le problème d'identification des types stationnels et de leur classement est résolu. Cependant, une bonne partie des résultats qui vont suivre peuvent s'appliquer en l'absence d'un catalogue des stations. Au delà même de l'approche stationnelle, les méthodes et les règles qui seront présentés peuvent s'appliquer aux seuls sols.

### II.1. Les méthodes systématiques

#### II.1.1. Présentation de la méthode

Les méthodes systématiques s'appuient sur un parcours complet de la forêt avec la notation du type stationnel selon les nœuds d'un quadrillage. Cette méthode est également appelée cartographie par sections (Legros, 1996). Le cheminement se fait généralement à la boussole et au topofil. Il peut être difficile dans les peuplements à sous-étage dense ou de pénétrabilité difficile (ronces, jeunes peuplements).

La carte obtenue est une carte de points (cartogramme). Elle peut être traduite en carte en carroyage (Grandjean, 1976) voire en courbes lissées en regroupant les zones homogènes et en s'appuyant sur différentes informations (courbes de niveau, géologie). Ce travail peut parfois être plus « artistique » que scientifique dans la mesure où il n'y a pas toujours d'éléments réels qui permettent de définir un tracé.

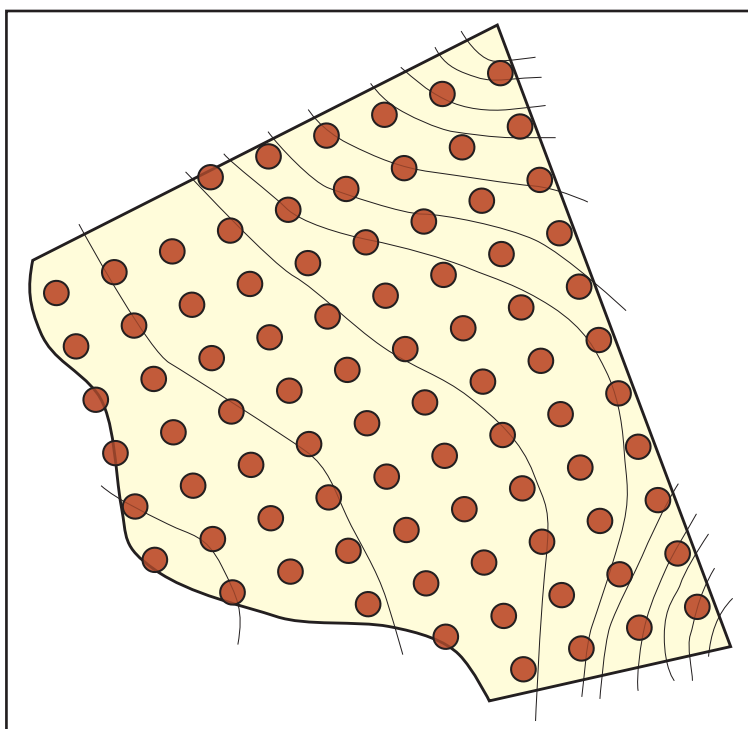


Figure 1. Localisation des points de sondage lors d'une cartographie systématique.

### II.1.2. Les variantes possibles

La répartition des points peut varier en fonction de plusieurs critères :

- plus les forêts sont petites, plus la grille de points sera dense et plus le pas sera réduit. Par exemple, un travail au quart d'hectare (un point tous les 50 m) est possible pour une forêt de 30 ha. Il serait très coûteux pour une forêt de 1000 ha.
- quand le travail de cartographie des stations est couplé avec un inventaire dendrométrique (inventaire statistique, inventaire typologique), le pas retenu pour les stations est calqué sur celui des peuplements (ONF DR Alsace, 1990).

Le travail de relevé peut être effectué en virée avec un pointeur et deux descripteurs selon un pas de 50 m (Grandjean, 1976 ; ONF DR Alsace, 1990). Les changements intermédiaires de stations peuvent ainsi être notés s'ils sont repérés.

### II.1.3. Avantages et inconvénients

Cette méthode présente les avantages suivants :

- elle ne nécessite **pas d'étude préalable** et est facile à mettre en œuvre,
- elle peut fournir des **données statistiques** avec notamment la fréquence d'apparition de chaque type de station (Legros, 1996),
- elle permet, quand elle est couplée à un inventaire dendrométrique, de mettre en relation stations et peuplements.

Elle présente également un certain nombre de désavantages :

- les placettes peuvent se retrouver par le fruit du hasard dans des **zones de transition** entre deux types stationnels,
- le passage à une **carte en courbes** peut être différent d'un opérateur à l'autre et est soumis dans certains cas aux talents de dessinateur de l'opérateur,
- les **stations rares** et couvrant une surface faible (les aulnaies par exemple) peuvent être **sous-échantillonnées**, voire oubliées lors de la phase de terrain (en raison d'un pas trop grand ou du positionnement de la grille),
- le travail de l'opérateur devient rapidement **répétitif** et la multiplication des points de sondage dans les zones homogènes n'apporte aucune information,
- pour obtenir une bonne précision, il faut multiplier les sondages ce qui peut rapidement avoir un coût très élevé,
- la **restitution** des cartes peut être **fastidieuse** quand les relevés sont nombreux.

## II.2. Les méthodes par transect

### II.2.1. Présentation de la méthode

«Un transect est un itinéraire rectiligne de prospection et/ou d'échantillonnage recoupant une diversité maximale de situations topographiques, géologiques, géomorphologiques et végétales» (Delpech *et al*, 1985). Ainsi, les méthodes par transect s'appuient sur la réalisation de cheminements permettant d'optimiser la découverte des différentes stations. C'est à l'opérateur de définir ses parcours de la manière la plus judicieuse possible.

### II.2.2. Les variantes possibles

Plusieurs possibilités existent pour choisir l'emplacement des transects et le nombre de points de sondage. La topographie est toujours citée, les transects devant suivre la ligne de plus grande pente (ONF DR Alsace, 1990 ; Denis, 1997 ; Weben, 1998). L'espacement entre les transects est variable (100 m à 300 m). Ils peuvent être droits, avec uniquement des axes parallèles, en étoile autour de points hauts (Denis, 1997),





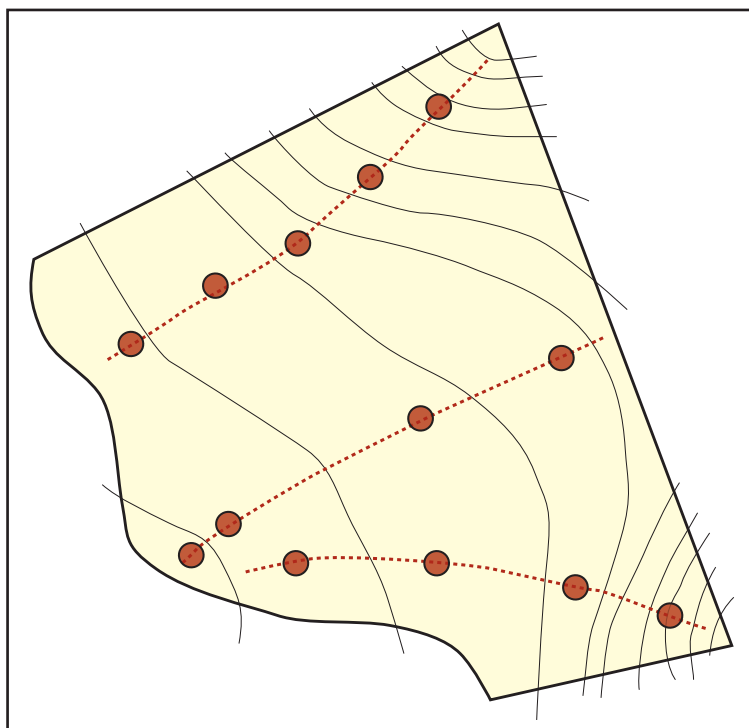


Figure 2. Localisation des points de sondage lors d'une cartographie s'appuyant sur des transects.

voire croisés en zone de montagne avec des axes suivant la pente et des axes suivant les courbes de niveau (ONF DR Alsace, 1990).

D'autres paramètres que la topographie peuvent être pris en compte pour le positionnement des transects, par exemple la géologie, l'orientation des versants ou le réseau hydrographique (Weben, 1998). Le nombre de points à réaliser peut dépendre des changements stationnels repérés par l'opérateur ou les sondages peuvent être réalisés de manière semi-systématique (c'est-à-dire un sondage à chaque changement stationnel et des sondages tous les 100 ou tous les 150 m même en l'absence d'indices permettant de supposer un changement de station, pour contrôler l'homogénéité).

### II.2.3. Avantages et inconvénients

Cette méthode présente les avantages suivants :

- elle ne nécessite que **peu d'études préalables** avant les relevés de terrain,
- elle est assez **rapide** à mettre en œuvre,
- elle est plus facile à réaliser que certaines cartographies systématiques dans le cas de forêts sur **pent**es.

Elle présente également un certain nombre de désavantages :

- la traduction des transects vers une **carte en courbes** n'est pas toujours facile à réaliser,
- les **stations rares** et couvrant une surface faible (les aulnaies par exemple) peuvent être **sous-échantillonnées**, voire oubliées lors de la phase de terrain (en raison du positionnement des transects),
- certains transects apportent beaucoup d'informations alors que d'autres pourraient être supprimés (cas d'un espacement entre transects fixé arbitrairement).

## II.3. Les méthodes par zonage préalable

### II.3.1. Présentation de la méthode

La répartition des sols et donc des stations forestières ne se fait pas au hasard : elle suit assez souvent une certaine logique. Les méthodes par zonage préalable essaient donc de retrouver cette logique pour définir *a priori* des zones homogènes d'un point de vue stationnel. La phase de terrain sert alors à valider ou à recadrer ce découpage et

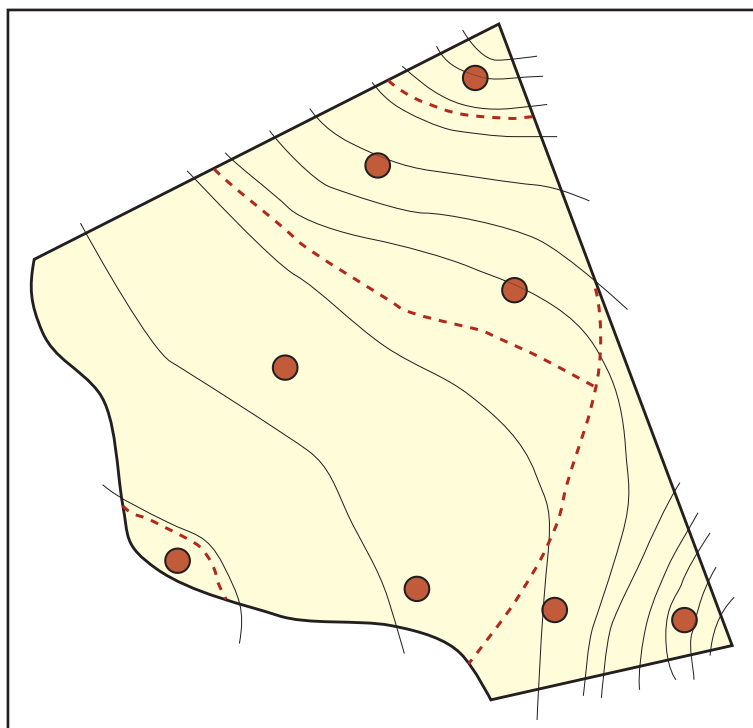


Figure 3. Localisation des points de sondage et des zones homogènes lors d'une cartographie par zonage préalable.



à déterminer les types de stations. De plus, les logiques de répartition des sols aident à déduire de données ponctuelles (les points de sondages) les contours de la carte des stations (Lucot et Gaiffe, 1994).

### II.3.2. Les variantes possibles

Ces méthodes dépendent avant tout des critères de stratification permettant de délimiter des zones homogènes. Parmi les critères à prendre en compte, on peut citer :

- la **topographie**,
- la **géologie**,
- l'**exposition**,
- la **loi des buttes**,
- les résultats de la **photo-interprétation**,
- la **loi des compartiments**,
- la **loi des chaînes de sols**,
- la **structure** des groupes de stations du catalogue.

En marge des méthodes par zonage préalable, Jacques Drapier (1989) propose une stratification *a priori* (selon la topographie, la géologie, la structuration du catalogue). Cependant, elle a pour finalité de permettre le choix des techniques d'échantillonnage (par maillage ou par transect) et non le tracé de la carte.

### II.3.3. Les lois aidant à définir les unités (Lucot et Gaiffe, 1994)

Si certains des critères cités ci-dessus sont connus des forestiers (topographie, exposition, géologie), d'autres méritent un complément d'explication. Il s'agit des trois lois citées auparavant.

#### • La loi des compartiments:

La porosité d'un ensemble lithologique donné commande la fourchette de pédogénèse possible. Ainsi, on distingue des systèmes de subsurface drainants (infiltration verticale de l'eau) ou étanches (apparition de nappes). La carte géologique permet ainsi de connaître à l'avance les compartiments ayant des propriétés communes quant aux flux d'eau et de les délimiter.

#### • La loi des buttes:

Une zone donnée est souvent modelée en zones convexes et en dépressions qui résultent de la circulation des eaux de ruissellement. Les eaux de ruissellement ont tendance à progresser le long des discontinuités et dans les zones de partage entre matériaux.

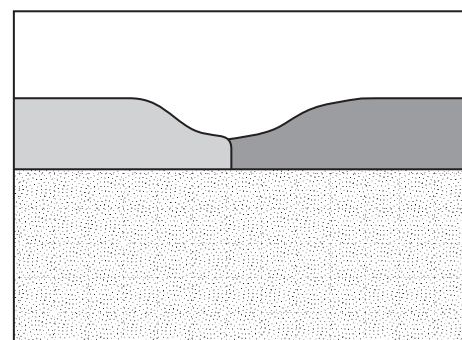
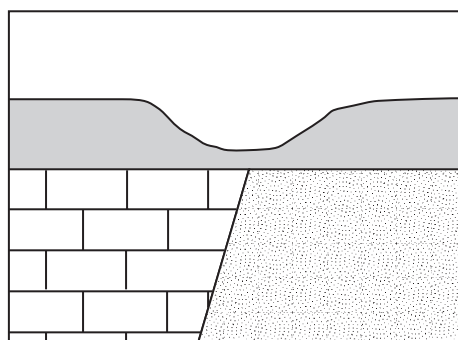


Figure 4. Illustration de la loi des buttes : l'eau a creusé au niveau de zones moins solides (cas d'un changement géologique [à gauche] ou d'un changement de couverture pédologique [à droite]). D'après Lucot et Gaiffe, (1994).

Ainsi, il y a de fortes chances (75 à 90 %) que deux buttes voisines aient des sols qui diffèrent par au moins un caractère. Cette loi permet donc d'avoir une première approche focalisée sur les buttes pour estimer si elles présentent des différences significatives d'un point de vue stationnel.

- **La loi des chaînes de sols :**

En règle générale, les eaux de ruissellement font que « *les hauts nourrissent les creux* ». Il y a ainsi des transferts de matière le long des pentes ce qui conduit à considérer la position du sol le long de la toposéquence. Les sols des zones convexes sont soumis à des pertes de matière (lessivage, érosion, ruissellement) alors que les sols des dépressions connaissent un apport de matériaux (accumulation, lessivage, érosion karstique).

On arrive ainsi à la notion de chaîne de sols. Il existe des variations plus ou moins continues entre les points hauts et les creux. Les sols colluviaux des positions basses présentent généralement une faible variabilité dans un contexte donné. Les relevés pourront y être limités.

L'application de ces trois lois sera montrée sur un cas concret en troisième partie.

#### II.3.4. Avantages et inconvénients

Cette méthode présente les avantages suivants :

- en cherchant à connaître au mieux les **causes de la répartition stationnelle**, la cartographie par zonage préalable doit permettre de cerner, au **moindre coût**, les contours des stations,
- les points de sondages inutiles sont **limités**,
- elle est **rapide** à mettre en œuvre sur le terrain (peu de points de sondage),
- le tracé des **cartes en courbes** obéit à certaines règles et est assez indépendant de l'opérateur,
- elle est plus facile à réaliser que certaines cartographies systématiques dans le cas de forêts sur pentes.

Elle présente également un certain nombre de désavantages :

- elle nécessite de **bonnes compétences** dans le domaine des stations,
- elle implique une **phase préparatoire** plus importante et soigneuse,
- sa précision est soumise à celle d'un certain nombre d'**outils** (bon tracé des courbes de niveau, bonne délimitation des compartiments géologiques),
- la technique à posséder étant importante, les **risques de commettre des erreurs** en définissant les zones peuvent être importants.

## II.4. Comparaison des différentes méthodes

A l'issue de cette synthèse bibliographique, il est possible de produire une première comparaison de ces différentes méthodes de cartographie des stations (tableau 1). Cette comparaison permet de tirer quelques enseignements, mais il reste des interrogations qui ne peuvent être levées qu'à la lueur de tests de terrain. Par exemple, même si c'est une tâche difficile, il est nécessaire avant de faire connaître et de proposer de nouvelles méthodes, de pouvoir annoncer quelle est la précision des résultats.

Tableau 1

|                                                         | Méthode systématique | Méthode par transect | Méthode par zonage préalable |
|---------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|
| Facilité de mise en œuvre                               | •••                  | ••                   | •                            |
| Rapidité de la préparation avant d'aller sur le terrain | ••                   | ••                   | •                            |
| Rapidité de mise en œuvre sur le terrain                | •                    | ••                   | •••                          |
| Rapidité de réalisation de la carte                     | •                    | ••                   | ••                           |
| Précision des résultats                                 | ?                    | ?                    | ?                            |

Plus il y a de symboles, plus le résultat est favorable



La comparaison des différentes méthodes indique que la technique de cartographie par zonage préalable est séduisante, même si elle nécessite une bonne maîtrise de l'étude des stations. Avant de chercher à développer cette technique, il est impératif de la tester concrètement sur le terrain afin de connaître ses performances et ses limites. C'est ce qui a été fait en Champagne-Ardenne et sera présenté par la suite.





## III. Protocole et méthodes

### III.1. Objectifs

Comme cela a été démontré dans les pages précédentes, la méthode de cartographie des stations par zonage préalable est séduisante. Cependant, avant de tenter tout travail de vulgarisation et de développement autour de cette méthode, il est nécessaire de savoir dans quelle mesure elle est applicable et quelle est sa fiabilité.

Les tests qui ont été effectués en Champagne-Ardenne avaient donc pour finalité :

- de savoir si cette méthode est facilement **applicable en situation réelle** et quel est le degré de compétence nécessaire pour sa mise en œuvre,
- d'estimer la **précision** des résultats cartographiques obtenus,
- de cibler ses **limites** (surface sur laquelle il est possible de travailler, influence des conditions de milieu [topographie, géologie, pédologie, etc.]...),
- de mieux connaître les **rendements** obtenus.

### III.2. Protocole

#### III.2.1. Le choix des forêts

Afin de répondre au mieux aux objectifs à atteindre, un échantillon de forêts soumises à Plan Simple de Gestion a été choisi. Les critères présidant ce choix étaient :

- la bonne représentativité de la diversité des régions naturelles champardennaises,
- la présence de forêt de petite taille et de taille moyenne,
- la disponibilité d'un catalogue des stations et d'une carte géologique au 1 : 50 000<sup>e</sup>.

Un appel a été fait aux techniciens du CRPF responsables de secteur. Une dizaine de forêts ont été retenues. Le choix est devenu définitif après l'accord du propriétaire pour que sa forêt soit cartographiée. La localisation approximative des forêts retenues est présentée sur carte en annexe VI.



Les objectifs définis ci-dessus sont relativement ambitieux en comparaison des moyens disponibles dans un CRPF. Les résultats qui seront présentés par la suite ne constituent donc qu'une première approche. En effet, le nombre de forêts cartographiées ne permet que d'afficher des tendances. La réalisation de cette étude a été possible grâce à la participation d'un stagiaire dans le cadre de la préparation de son BTSA Gestion Forestière.

#### III.2.2. La procédure suivie sur chaque forêt

##### III.2.2.1. Méthode rapide et méthode systématique

Il est toujours possible d'effectuer une cartographie des stations selon la méthode rapide par zonage préalable. Il reste ensuite à connaître la précision des résultats obtenus ce qui peut s'avérer assez compliqué. Différentes solutions ont été étudiées. Pour cette étude, il a été décidé de comparer les résultats de la cartographie rapide à ceux obtenus par une *cartographie systématique*. Cela permet de visualiser les résultats sous forme de cartes (ce qui est impératif), mais aussi de calculer un certain nombre d'indices qui aideront à estimer la validité de la cartographie rapide.

##### III.2.2.2. Organisation des différentes phases

Pour chaque forêt, la même procédure a été suivie. Les différentes étapes sont résumées sur un schéma (figure 5). Afin de traduire concrètement les différentes opé-



rations réalisées, l'exemple de la forêt de Pierrepont sera pris chaque fois que cela sera nécessaire. C'est la première forêt qui a fait l'objet d'un test lors de cette étude.

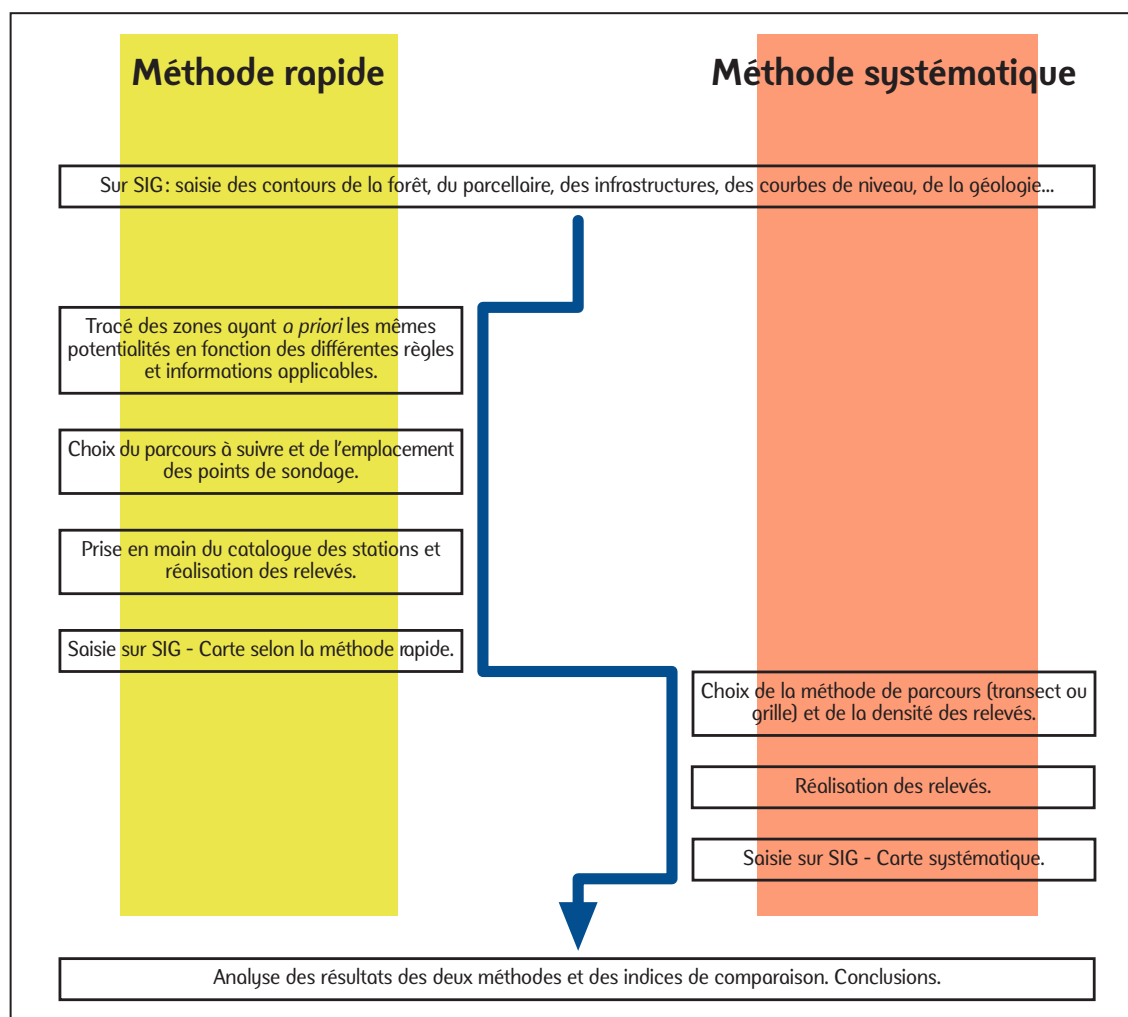


Figure 5. Schéma traduisant les grandes lignes du protocole suivi sur chaque forêt. La flèche centrale représente l'ordre chronologique. La colonne de gauche donne les étapes de la cartographie rapide. Celle de droite, les étapes de la cartographie systématique. La phase préparatoire (réalisation du fond de carte est commune aux deux méthodes). Pour chaque forêt, une analyse des données recueillies a été effectuée.

### Première étape: obtenir un fond de carte vectoriel

Comme pour toute opération de cartographie, il est nécessaire de disposer au départ d'un fond de carte. Pour ce travail particulier, il doit notamment représenter les éléments permettant de se repérer sur le terrain (parcellaire, routes, infrastructures...) et le relief (courbes de niveau). La transcription des informations géologiques issues de la carte au 1 : 50 000<sup>e</sup> est également faite, car elles sont utilisées pour définir le zonage préalable.

En règle générale, ce travail préliminaire présente quelques difficultés. Il faut superposer des données (cadastre ou carte du PSG, carte au 1 : 25 000<sup>e</sup> pour les courbes de niveau, carte géologique au 1 : 50 000<sup>e</sup>) qui sont rarement cohérentes ou complètement fiables. Cela induit d'emblée des problèmes cartographiques qui pourront influencer sur la précision des résultats obtenus pour la représentation des stations.

Dans le cas de la forêt de Pierrepont, la carte présentée en figure 6 fut obtenue. Pour plus de lisibilité, certains éléments ont été enlevés de la carte originale.

Au départ, un logiciel de dessin vectoriel a été utilisé. Par la suite, le SIG MapInfo a été mis à contribution. Il a été particulièrement utile pour les comparaisons cartographiques.



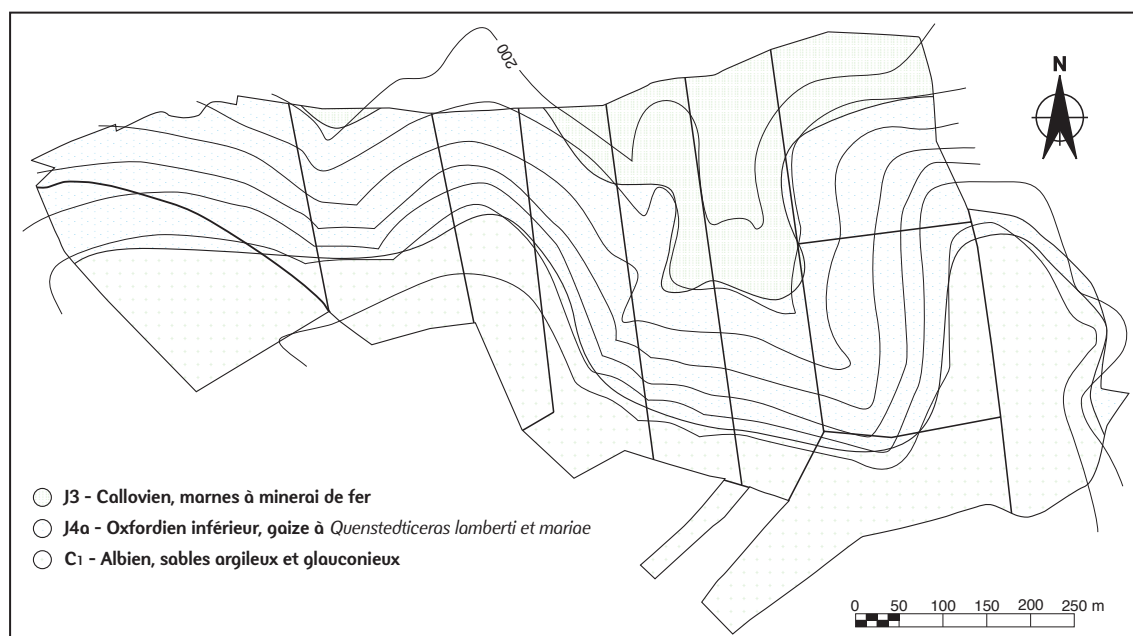


Figure 6. Carte topographique et géologique de la forêt de Pierrepont.

### Seconde étape: obtenir un zonage préalable à l'aide des lois de répartition des sols

Cette étape préparatoire est fondamentale pour cette méthode. Il s'agit de mettre en application les différentes lois énoncées au paragraphe II.3.3. C'est l'une des étapes qui demande un certain savoir-faire et pour laquelle l'expérience accumulée est précieuse.

#### • La loi des compartiments

Il s'agit ici d'essayer de prévoir quels seront les systèmes de subsurface. Sur l'exemple de Pierrepont, la carte géologique (fig. 6) annonce en bas de versant des marnes du *Callovien*. La position topographique basse et la texture lourde des sols vont induire des **systèmes étanches** à nappe temporaire ou permanente.

L'*Oxfordien* inférieur forme le versant de la cuesta. La gaize domine même si des matériaux fins peuvent être ponctuellement présents. En raison de la perméabilité de la roche et de la pente, le système reposant sur l'*Oxfordien* est **drainant**.

Les dépôts de l'*Albien* sont faits de sables argileux et glauconieux. Ils sont en position topographique de plateau. Il peut en résulter soit un système **étanche ouvert** (avec une nappe perchée), soit un système **drainant poreux** (sans nappe perchée).

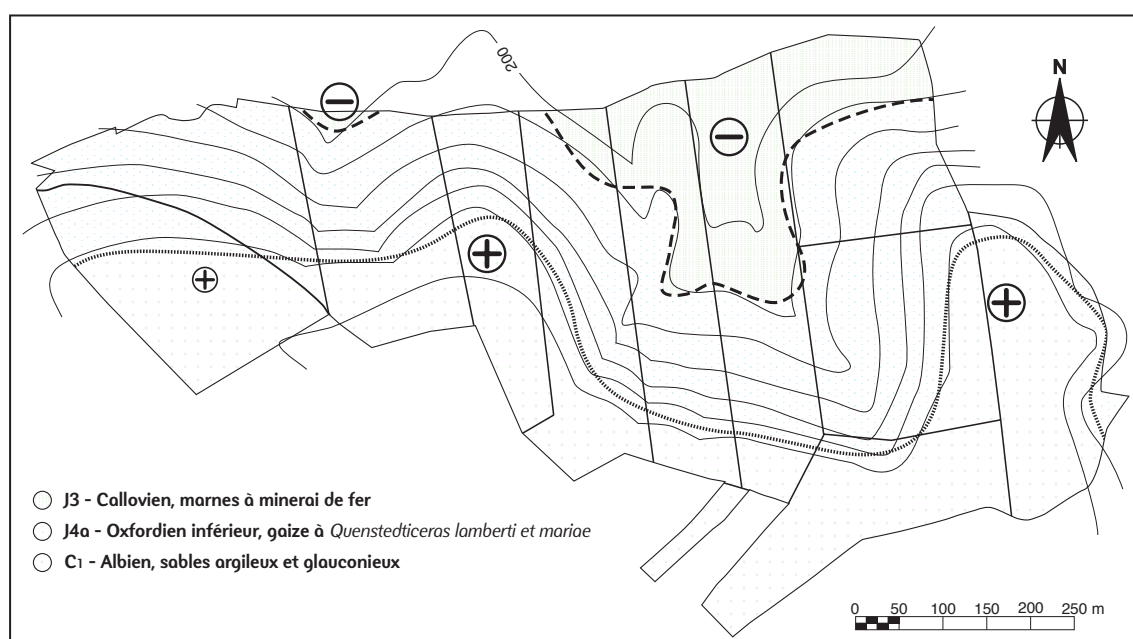


Figure 7. Localisation sur la forêt de Pierrepont des systèmes de subsurface, des buttes (+) et des points bas (-).

Les contours donnés par la loi des compartiments correspondent aux limites géologiques. Ils apparaissent sous forme de pointillés sur la figure 7.

- **La loi des buttes**

La loi des buttes indique que les points hauts peuvent très souvent avoir des sols présentant des différences. Les buttes ont donc été repérées par un symbole (+) sur la figure 7, les creux par un symbole (-). Les relevés de terrain devront échantillonner chaque butte. Les limites de stations entre les buttes devront être recherchées.

- **La loi des chaînes de sols**

Il existe des colluvionnements entre les points hauts (+) et les points bas (-). Les transects effectués en allant de l'un à l'autre permettront de recenser des sols de profondeur variable.

- **L'apport du catalogue des stations**

Au delà de ces lois générales de répartition des sols, le catalogue des stations peut permettre d'améliorer le zonage préalable. Il est même parfois possible d'avoir une prévision assez précise des types stationnels qui pourront être rencontrés.

Le catalogue utilisable sur la forêt de Pierrepont est celui des Crêtes pré-ardennaises (Girault, 1985). Un tableau synoptique des types stationnels est donné en annexe VII. Un certain nombre de remarques peuvent être faites à la suite de la lecture de ce document :

- le type de station 11 est rencontré sur les versants sud. Il ne pourra donc pas être présent sur cette forêt.
- les types de stations sont classés en fonction de la topographie (plateau, versant, dépression). Les types stationnels potentiels seront donc limités en fonction de la position topographique. Les types possibles pour une zone donnée sont reportés sur la figure 8.
- La lecture du catalogue montre que les versants ne sont pas nécessairement homogènes. Les zones les plus abruptes correspondent sûrement à des zones sur éboulis de gaize à système poreux hyperdrainant (type 3). Les zones à pente moins forte (bas ou haut de pente) correspondent à des stations sur système poreux drainant (type 3 ou 10). Une limite potentielle supplémentaire a donc été tracée sur la figure 8 en fonction des courbes de niveau.

Ces hypothèses ont été traduites sur carte (figure 8). Pour chaque zone, les types de stations qui peuvent être rencontrés ont été notés.

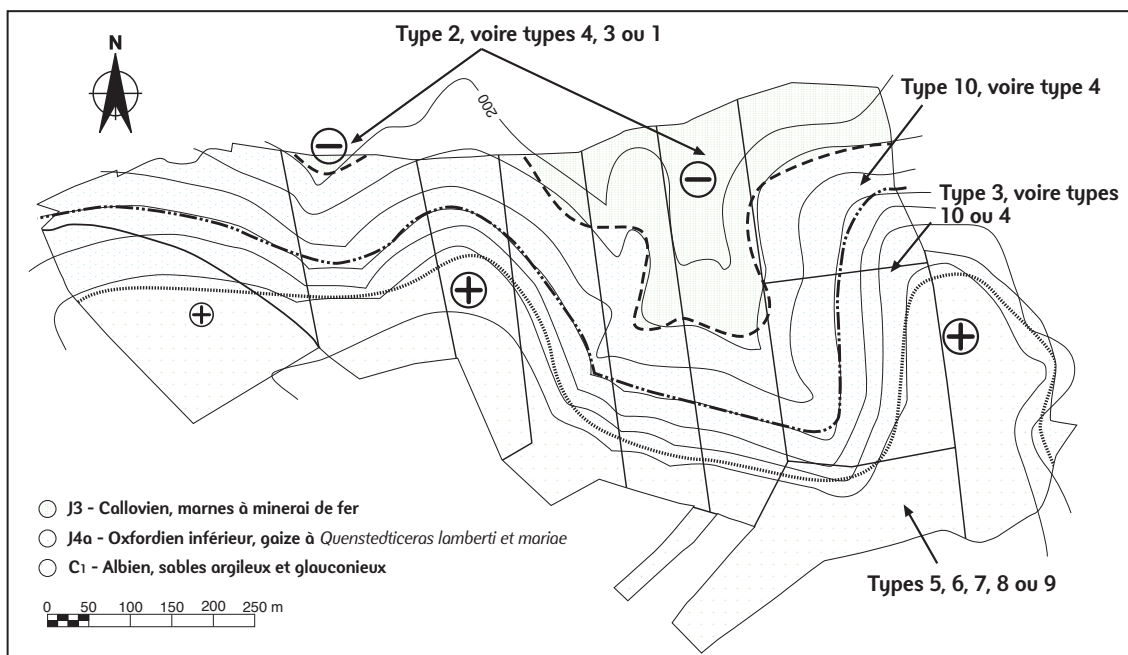


Figure 8. Les informations apportées par le catalogue des stations permettent de prévoir des types de stations potentiels.





Dans le cas présent, le catalogue des stations apporte des informations assez précises. Plusieurs explications peuvent être énumérées :

- le nombre total de types de stations est **restreint** (11 au total),
- les stations sont discriminées en fonction notamment de la **topographie** (qui est décrite par la carte initiale),
- il existe des relations assez franches entre types stationnels et **géologie**, ce qui contribue à annoncer d'emblée certaines stations.

Pour d'autres catalogues, les informations qui peuvent être traduites concrètement avant d'aller sur le terrain sont moins nombreuses. Le travail de zonage préalable est alors moins précis.

### Troisième étape: choix de l'emplacement des relevés de terrain

Avant d'aller sur le terrain, il est judicieux d'imaginer un parcours qui permettra :

- de saisir le plus de variabilité possible,
- de vérifier ou de corriger les hypothèses de la cartographie préalable,
- de parcourir une bonne partie de la forêt sans laisser de grandes zones non visitées.

Ce parcours pourra être modifié sur le terrain au fur et à mesure des observations réalisées. Pour la forêt de Pierrepont, le parcours suivi a été tracé sur la carte présentée en figure 9.

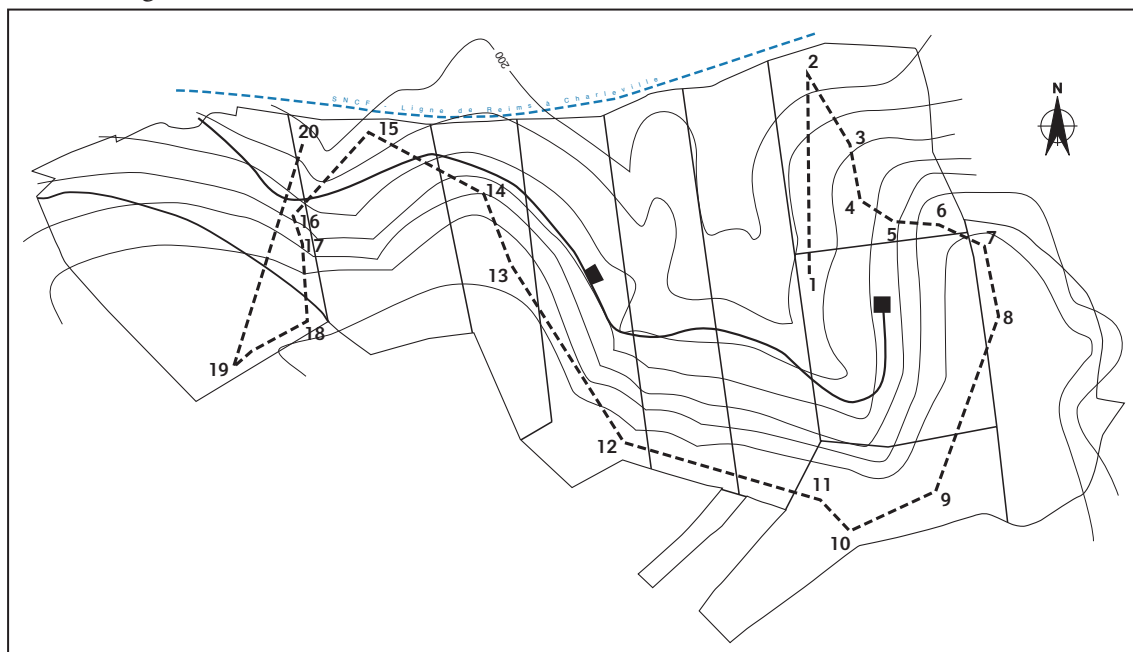


Figure 9. Parcours suivi et emplacement approximatif des points de sondage.

### Quatrième étape: réalisation des relevés

La phase de terrain doit être très efficace. Elle doit permettre de retour au bureau de réaliser le tracé de la carte des stations. Généralement le nombre de relevé reste assez faible (de l'ordre d'une vingtaine, voire d'une trentaine). Le choix de leur emplacement doit être le plus judicieux possible. En l'absence d'un système GPS, il existe dans certaines forêts des incertitudes concernant le report sur carte de l'emplacement des relevés. Cela contribue, dans certains cas à des imprécisions dans la cartographie.

Pour toutes les forêts étudiées, c'est un *catalogue des stations* qui a été utilisé et non un guide. En effet, il n'y avait pas de guide disponible pour toutes les forêts. De plus, les guides regroupent les types de stations en unités stationnelles. Ces regroupements masqueraient dans certains cas des variations.

Comme le montre le tableau 2, l'identification des types de stations sur le terrain n'est pas toujours aisée. En règle générale, il existe à la fois des problèmes intrinsèques (région naturelle plus ou moins facile, qualité du catalogue et notamment des clés de

détermination...) et des problèmes conjoncturels (couvert trop fermé, station touchée par la tempête puis exploitée, etc.). Souvent, il s'agissait lors de l'étude d'une première utilisation du catalogue. Une phase de prise en main de la typologie était donc obligatoire lors de la cartographie rapide. Comme cela sera précisé plus tard, le catalogue des stations peut avoir une influence importante sur les résultats.

| NY | Type de station | Remarques                                                                                                                                        |
|----|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 4               |                                                                                                                                                  |
| 2  | 2               |                                                                                                                                                  |
| 3  | 4               |                                                                                                                                                  |
| 4  | 4               | Hésitation possible avec la station 10                                                                                                           |
| 5  | 3               | Hésitation possible avec la station 10                                                                                                           |
| 6  | 7               |                                                                                                                                                  |
| 7  | ?               | Zone litigieuse possédant des critères stationnels mixtes (charge très forte en cailloux de gaize et flore neutrophile [acidiclines très rares]) |
| 8  | 5               | Présence d'une marne plus ou moins profonde                                                                                                      |
| 9  | 5               |                                                                                                                                                  |
| 10 | 9               | Hésitation possible (cortège floristique réduit)                                                                                                 |
| 11 | 5               |                                                                                                                                                  |
| 12 | 5               | Hésitation possible avec la station 6 (effervescence de la terre fine)                                                                           |
| 13 | 4 et 5          | Limite station 4 (au nord) et 5 (au sud)                                                                                                         |
| 14 | 3               |                                                                                                                                                  |
| 15 | 2               |                                                                                                                                                  |
| 16 | 4               |                                                                                                                                                  |
| 17 | 3               |                                                                                                                                                  |
| 18 | 5               |                                                                                                                                                  |
| 19 | 5 et 7          | Station en limite (frontière entre le 5 et le 7)                                                                                                 |
| 20 | 2               |                                                                                                                                                  |

Tableau 2. Types de stations rencontrés lors du parcours de la forêt de Pierrepont. Les numéros de relevés sont positionnés sur la carte de la figure 9.

#### Cinquième étape: élaboration de la carte et saisie sur SIG

La pré-étude et les relevés de terrain étant effectués, il faut passer au tracé de la carte. Là encore, un certain nombre de *choix* doivent être faits. Il faut tenir compte de toutes les informations collectées sur le terrain, mais aussi des règles de répartition des sols ayant servi lors de la phase préliminaire (loi des buttes, loi des chaînes de sols...). Les données du milieu (topographie, géologie...) ainsi que les informations du catalogue (logique d'enchaînement topographique et géologique des stations) sont utilisées pour affiner les tracés.

Une proposition de tracé pour la forêt de Pierrepont a été faite. Elle a donné la carte présentée en annexe VIII. D'autres informations figurent sur cette carte. Elles seront commentées plus tard.



Les étapes 2 à 5 concernent spécifiquement la méthode de cartographie rapide par zonage préalable. Cette méthode repose sur une analyse fine des conditions de milieu. Elle nécessite également un travail d'interprétation pour l'obtention de la carte des stations. Après la réalisation de la cartographie rapide, il faut passer aux étapes de contrôle de cette méthode.

#### Sixième étape: modalités de la méthode systématique

La carte des stations selon la méthode rapide étant réalisée, il faut ensuite définir les modalités de la cartographie systématique du massif qui va servir à estimer la précision des résultats. Dans la plupart des cas, une méthode systématique avec une maille assez fine a été retenue (par exemple: 50x50 m, 50x100 m ou 100x100 m). Quand cela était







possible, tous les relevés étaient effectués selon le même axe afin de noter les transitions entre types de stations. Le choix de la maille retenue dépend :

- du temps pour **déterminer** les stations (lié au catalogue),
- de la **surface** de la forêt à cartographier (gestion du temps alloué à chaque forêt),
- de la **facilité de parcours** de la forêt (présence de chablis, présence de jeune taillis...),
- de l'**hétérogénéité** de la forêt (estimée à la suite de la cartographie rapide).

Pour la forêt de Pierrepont, une maille carrée de 50 m a été retenue. Les points ont été parcourus selon un axe est-ouest pour saisir le maximum de variabilité.

#### Septième étape: réalisation des relevés

Les relevés stationnels sont réalisés selon le protocole défini à la sixième étape. Le positionnement se fait à l'aide d'une boussole et d'un mesureur à fil perdu. Des problèmes peuvent se poser lors de la réalisation de cette phase :

- le fond de carte utilisé présente souvent des incohérences, le positionnement de certains points est donc sujet à caution,
- des points de sondage tombent parfois dans des zones de transition entre stations,
- comme en cartographie rapide, il peut exister dans certains cas une incertitude en ce qui concerne la détermination de la station.

Cette phase de terrain permet un parcours intégral de la forêt et une bonne visualisation de la réalité par l'opérateur. De nouveaux types de stations qui n'ont pas été rencontrés pendant la cartographie rapide peuvent être repérés. De même, de nouvelles zones supposées auparavant homogènes peuvent présenter plusieurs types de stations.

#### Huitième étape: saisie des données sur SIG

Les données recueillies lors de la septième étape sont essentiellement des données ponctuelles (dans certains cas, des transitions entre types stationnels ont pu être notées entre deux points). La traduction de ces données sur SIG donne donc une **grille de points** dont la couleur varie selon le type de station. Cette couche est ensuite superposée à la cartographie rapide. C'est ce qui a été réalisé pour la forêt de Pierrepont (annexe VIII).

A partir des observations de terrain, de la carte selon la méthode rapide et de la grille issue de la vérification systématique, il est possible de tracer une **carte définitive** qui intègre le plus d'informations. Dans certains cas, les informations de la cartographie rapide sont plus précises que celles de la cartographie systématique. C'est la carte la *plus proche de la réalité* qui peut être obtenue à la suite des différentes campagnes de terrain. Elle peut servir de référence pour estimer la qualité de la cartographie rapide. La carte de synthèse définitive pour la forêt de Pierrepont est donnée en annexe IX.



Après la cartographie rapide par zonage préalable, une méthode systématique est appliquée pour connaître la pertinence des premiers résultats. Une grille de points traduit ces relevés sous forme cartographique. Elle peut être superposée à la carte initiale. L'analyse des résultats obtenus (neuvième étape) va être décrite dans les paragraphes suivants.

### III.2.3. Comparaison des résultats obtenus

Après les deux phases de cartographie, il existe deux séries d'informations qui peuvent être divergentes et qu'il faut comparer. Les deux cartes obtenues ne sont pas de même nature. La méthode rapide donne une carte en courbe et la méthode systématique un cartogramme (grille de points). Dans ce qui suit, différentes approches ont été tentées pour apporter des informations de synthèse et conclure sur la validité de la méthode rapide.

#### III.2.3.1. Comparaison cartographique

En superposant la carte issue de la méthode rapide et la grille de points résultant de la cartographie systématique (annexe VIII), on peut déjà réaliser une comparaison visuelle. En effet, si la pastille de couleur représentant le relevé a la même couleur que le fond, les deux méthodes annoncent le même type de station et le **contact** est dit *normal*. En revanche, si la couleur de la pastille et celle du fond divergent, les deux méthodes annoncent des stations différentes et le contact est dit *anormal*. Bien entendu, le choix des couleurs est important comme dans toute cartographie. Il faut veiller, par exemple, à choisir des tons proches pour des stations ayant des caractéristiques voisines. Ainsi, une confusion entre deux types de stations assez semblables ne sautera pas autant aux yeux qu'une erreur importante.

La comparaison entre la carte issue de la méthode rapide (exemple en annexe VIII) et la carte de synthèse réalisée à la fin des deux missions de terrain (annexe IX) est également instructive. Elle permet de comparer l'allure générale des deux cartes et de repérer les zones qui posent des problèmes.

Pour le cas particulier de la forêt de Pierrepont, les comparaisons visuelles appellent les remarques suivantes :

- les deux cartes ont globalement la même allure ; il faut les regarder de près pour constater les différences,
- les types stationnels oubliés par la méthode rapide occupent peu de surface dans certains cas (station 8) ou parfois un peu plus (station 6),
- certains contours (station 2, station 7...) sont légèrement décalés d'une carte à l'autre ; en revanche, la surestimation de la station 3 apparaît clairement.



**La comparaison visuelle des cartes constitue une première approche. Elle met à contribution l'esprit de synthèse de l'opérateur et donne rapidement une idée de la validité de la cartographie rapide. Cependant, cette approche visuelle est difficilement formalisable et elle ne permet donc pas d'effectuer des comparaisons d'une forêt à une autre.**

#### III.2.3.2. Définition et analyse d'indicateurs

La comparaison visuelle des cartes obtenues n'est pas suffisante à elle seule pour conclure sur la validité des résultats. Il est en effet nécessaire d'obtenir des indicateurs quantifiables qui autoriseront des comparaisons entre forêts.

##### III.2.3.2.1. L'analyse des contacts

La notion de contact a été définie au § III.2.3.1. Grâce au SIG, il est facile de définir si un contact est normal ou anormal et de décliner cette manipulation pour tous les points. A partir de ces informations, un tableau de contingence est construit. Celui concernant la forêt de Pierrepont est donné à titre d'exemple (tableau 3).





|                      |            | Méthode rapide |           |           |           |           |           |           |           |           |            | Total |
|----------------------|------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------|
|                      |            | Station 1      | Station 2 | Station 3 | Station 4 | Station 5 | Station 6 | Station 7 | Station 8 | Station 9 | Station 10 |       |
| Méthode systématique | Station 1  |                |           | 1         |           |           |           |           |           |           |            | 1     |
|                      | Station 2  |                | 38        |           | 4         |           |           |           |           |           |            | 42    |
|                      | Station 3  |                |           | 36        | 7         |           |           |           |           |           |            | 43    |
|                      | Station 4  |                | 6         | 21        | 79        | 2         |           | 1         |           |           |            | 109   |
|                      | Station 5  |                |           | 4         | 4         | 70        |           | 2         |           | 3         |            | 83    |
|                      | Station 6  |                |           |           | 4         | 6         |           |           |           |           |            | 10    |
|                      | Station 7  |                |           | 3         |           | 5         |           | 10        |           |           |            | 18    |
|                      | Station 8  |                |           |           |           | 2         |           |           |           |           |            | 2     |
|                      | Station 9  |                |           |           |           | 4         |           | 1         |           | 1         |            | 6     |
|                      | Station 10 |                |           | 2         | 1         |           |           | 3         |           |           |            | 6     |
|                      | Total      |                | 44        | 67        | 99        | 89        |           | 17        |           | 4         |            | 320   |

Tableau 3. Tableau de contingence faisant la synthèse des contacts obtenus. Par exemple, il y a 38 points où la station 2 a été annoncée par les deux méthodes et 4 points où la station 4 a été cartographiée à la place de la station 2 par la méthode rapide.

Certains indicateurs ont été définis à partir de ce tableau :

- **Indice de bonne superposition**

La diagonale du tableau 3 donne les contacts normaux (concordance entre les deux méthodes pour la détermination des stations). La somme des contacts normaux sur le nombre total de contacts donne le pourcentage de bon contact qui sera appelé par la suite *indice de bonne superposition*. Pour la forêt de Pierrepont, cet indice vaut 73 %. Autrement dit, les deux cartes sont concordantes sur environ 73 % de la surface de la forêt. Cette grandeur donne une vision globale de la précision de la cartographie rapide. Elle pourra être comparée à celle obtenue sur d'autres forêts par la suite.

- **Concordance des types rencontrés**

Lors de la cartographie par la méthode rapide, des types stationnels peuvent ne pas avoir été rencontrés alors qu'ils l'ont été par la suite lors du parcours systématique. L'inverse peut parfois aussi se produire : des types de stations peu représentés (aulnaie-frênaie de fond de vallon à *Carex remota* et *Carex pendula*, par exemple) peuvent apparaître lors de la cartographie rapide, mais échapper au parcours systématique. La *concordance des types rencontrés* est donc un autre indicateur qui intervient dans l'estimation de la validité des cartes obtenues. Plus la concordance est bonne, plus le travail fait en cartographie rapide aura été globalement efficace. Cependant, il est possible d'obtenir une concordance correcte des types rencontrés avec un indice de bonne superposition faible. Cela signifie alors que les tracés des contours stationnels ou la répartition des stations sur la forêt ne sont pas exacts.

Le tableau 3 permet de visualiser cet indicateur dans le cas de la forêt de Pierrepont. Quatre types de stations (types 1, 6, 8 et 10) n'ont pas été rencontrés lors de la première phase. Il s'agit de stations à faible recouvrement : leur surface cumulée est voisine de 6 % de la surface totale de la forêt.

Cet indice est interprétable de diverses façons. Il peut s'agir d'une mauvaise détermination du type stationnel lors de la phase de cartographie rapide ou le plus souvent de l'oubli de types de stations localisés (surface couverte faible).

- **Zones oubliées ou rajoutées**

La méthode rapide peut oublier des zones (généralement de petite taille) ou bien en ajouter artificiellement d'autres qui ne sont pas retrouvées en méthode systématique (cas très rare ; cela signifie surtout que le maillage de la méthode systématique n'est pas assez fin pour échantillonner les stations de petite taille). L'analyse des contacts sur la carte permet de compter le nombre de zones oubliées ou rajoutées. Plus le nombre de ces zones est important, moins la carte des stations selon la méthode rapide est fiable.

Sur l'exemple de Pierrepont, 11 zones ont été oubliées lors de la cartographie rapide. Ce nombre est important, même si la surface cumulée de ces zones est assez faible.



L'analyse des contacts permet d'obtenir trois indicateurs : l'*indice de bonne superposition*, la *concordance des types rencontrés* et le *nombre de zones oubliées ou rajoutées*. Ces indicateurs, analysés conjointement, contribuent à quantifier la qualité de la cartographie rapide.

#### III.2.3.2.2. La comparaison des surfaces

Il est possible de calculer, grâce au SIG, la surface occupée par chaque type stationnel en utilisant la carte de la méthode rapide (annexe VIII) et celle issue de la synthèse des deux méthodes (annexe IX). Plus ces surfaces correspondent, plus la cartographie selon la méthode rapide a été efficace. Cependant, une bonne correspondance des surfaces peut masquer des erreurs de répartition géographique des types stationnels. La comparaison des surfaces doit donc se faire conjointement avec l'analyse des autres indicateurs.

Pour le cas de la forêt de Pierrepont, le tableau 4 donne les résultats de la comparaison. Ce tableau est traduit en graphique sur la figure 10.

| Station | Méthode rapide | Méthode systématique | Interprétation                         |
|---------|----------------|----------------------|----------------------------------------|
| 1       | 0 ha           | 0,3 ha               | Perte de la station 1                  |
| 2       | 12 ha          | 11 ha                | Surfaces équivalentes                  |
| 3       | 18 ha          | 12 ha                | Surestimation de la station 3          |
| 4       | 27 ha          | 30 ha                | Légère sous-estimation de la station 4 |
| 5       | 24 ha          | 22 ha                | Légère surestimation de la station 5   |
| 6       | 0 ha           | 2,7 ha               | Perte de la station 6                  |
| 7       | 5 ha           | 5 ha                 | Surfaces équivalentes                  |
| 8       | 0 ha           | 0,5 ha               | Perte de la station 8                  |
| 9       | 1,1 ha         | 1,6 ha               | Légère sous-estimation de la station 9 |
| 10      | 0 ha           | 1,6 ha               | Perte de la station 10                 |

Tableau 4. Estimation des surfaces occupées par chaque station selon la méthode choisie.

La comparaison des surfaces permet de retrouver quelques conclusions formulées précédemment, par exemple l'oubli des types 1, 6, 8 et 10 lors de la phase de cartographie rapide. Elle permet aussi de préciser que la surface occupée par ces types manquants est relativement faible (environ 5 ha de surface cumulée).

L'analyse de la figure 10 indique que les stations les plus représentées sont de type 2, 3, 4 et 5. Il y a globalement une bonne concordance des surfaces pour ces types à l'exception du 3 pour lequel il y a une assez forte surestimation (+ 50 %) lors de la cartographie rapide.

Comme il est assez difficile de juger la qualité de la cartographie rapide d'une forêt à une autre à l'aide de la comparaison des surfaces, un indicateur synthétique a été créé. Il possède trois degrés :

- **niveau 3 (•••)** : pas de type stationnel oublié, pas d'erreur sur la surface de plus de 20 % sur les types de stations les plus représentés,
- **niveau 2 (••)** : éventuellement des types stationnels oubliés, au plus un type fortement représenté ayant une erreur de surface de plus de 30 %,
- **niveau 1 (•)** : éventuellement des types stationnels oubliés, au plus deux types fortement représentés ayant une erreur de surface de plus de 30 %.

L'application de ces règles sur la forêt de Pierrepont donne un indice de niveau 2.



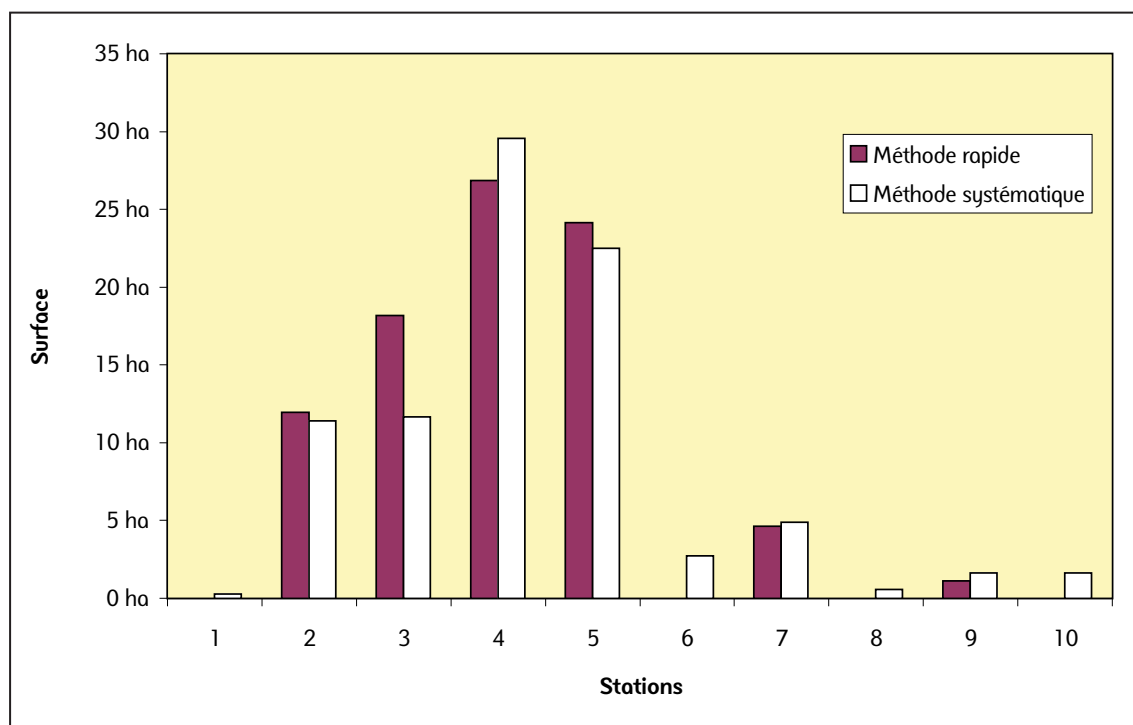


Figure 10. Comparaison des surfaces occupées par chaque station selon la méthode choisie.



Il est assez facile d'obtenir la surface occupée par chaque type de station selon la méthode de cartographie. La comparaison des résultats traduit un certain nombre d'informations comme la surface des éventuels types oubliés lors de la cartographie rapide ou les types surestimés ou sous-estimés. Un indice synthétique reposant sur les surfaces a été défini. Il permet une notation globale de la qualité de la cartographie.

### III.2.4. Quelques conclusions sur la méthode utilisée

#### III.2.4.1. Premières constatations sur la méthode de vérification

En ce qui concerne la méthode de vérification, la cartographie systématique ne donne pas nécessairement une vision exacte de la réalité. Cela est d'autant plus vrai lorsque le pas retenu pour la grille est large (par exemple : 100 m x 100 m, soit 1 point par hectare). Plusieurs remarques peuvent être faites :

- Un quadrillage systématique oblige à parcourir toute la forêt, ce qui est positif. De plus, les points étant choisis au hasard, il donne une bonne représentation statistique de la présence des différents types.
- Certaines stations couvrent des territoires très peu étendus qui peuvent être ponctuels ou très linéaires. Dans ce cas, une cartographie systématique peut passer à côté alors que la cartographie rapide aura pu parfois les mettre en évidence. En cette occurrence, les informations issues de la cartographie rapide sont mises en avant pour réaliser la carte synthétique.
- Une tentative de vérification de la cartographie rapide utilisant des transects à la place d'une grille a été tentée. L'expérience n'a pas été un succès, mais elle est insuffisante pour conclure. De plus, certains indicateurs ne sont plus utilisables ou pas de la même manière avec une vérification par transects.
- Enfin, il faut retenir que pour beaucoup de forêts, il peut exister des variations dans les stations (à cause de la microtopographie, de la présence de lentilles d'argile ou de la variation de l'épaisseur des couvertures pédologiques...). Il faudrait dans les cas extrêmes une très forte densité de relevés (maille inférieure au quart d'hectare) pour réussir à traduire ces variations, ce qui est irréaliste dans le cadre d'une gestion forestière courante.



En règle générale, les faibles densités d'échantillonnage (un point par hectare) n'ont été retenues qu'en présence de chablis (pénétration des parcelles difficile) ou pour les grandes forêts (impossibilité de réaliser plusieurs centaines de points). Dans le cas de grandes forêts, cette maille semble dans la norme de ce qui peut être réalisé d'ordinaire dans les forêts soumises au régime forestier. Il ne servirait donc à rien d'utiliser une maille plus fine pour valider la méthode rapide dans la mesure où l'on serait au delà de la précision habituellement demandée.

#### III.2.4.2. L'exemple traité et les autres forêts testées

La forêt de Pierrepont a été la première sur laquelle des tests ont été effectués. C'est pour cela qu'elle a été retenue pour servir d'exemple. Les résultats obtenus sur cette forêt sont moyens, en particulier en raison de l'inexpérience de l'opérateur.

La méthode qui a été décrite dans les paragraphes précédents a été appliquée sur les autres forêts retenues pour cette étude. Dans quelques cas, des changements ont été apportés pour tenir compte de certaines particularités locales. Pour chaque forêt ayant fait l'objet d'un test, un *rapport* a été rédigé. Ces rapports sont disponibles sur simple demande au CRPF de Champagne-Ardenne.



Il apparaît qu'apprécier la pertinence d'une méthode de cartographie rapide par zonage préalable est une entreprise assez complexe. Pour obtenir des résultats utilisables, il a été décidé de comparer les cartes obtenues à la suite d'une cartographie rapide et d'une cartographie systématique. Une série d'indicateurs permettent, sur chaque forêt, de juger de la qualité des résultats obtenus.



## IV. Présentation des résultats et premiers enseignements

### IV.1. Analyse des données sur les forêts cartographiées

#### IV.1.1. Comparaison des résultats obtenus

Au chapitre précédent, la méthode choisie pour juger de la validité de la cartographie rapide a été détaillée et discutée. Il convient désormais de décrire les forêts retenues et d'analyser les résultats obtenus. Le tableau synthétisant les résultats est fourni en annexe X. Il indique, pour chaque forêt, un certain nombre d'informations :

- surface et données sur le **milieu naturel**,
- méthode de vérification retenue (**paramètres** de la cartographie systématique),
- **indices** permettant d'estimer la qualité de la cartographie rapide.

Ce tableau permet donc la visualisation des principaux résultats sur une forêt. Il aide également à comparer un indice donné, par exemple l'indice de bonne superposition, sur l'ensemble des forêts cartographiées.

##### IV.1.1.1. Des forêts retenues diversifiées

Dans un premier temps, les conditions de milieu des forêts cartographiées vont être décrites et comparées. Cela aidera à mieux cerner les résultats obtenus et surtout à les relativiser.

##### IV.1.1.1.1. Des surfaces variées

L'un des objectifs, au moment du choix des forêts à cartographier, était de retenir des forêts de tailles variées. La figure 11 présente sous forme de graphique la surface des forêts retenues.

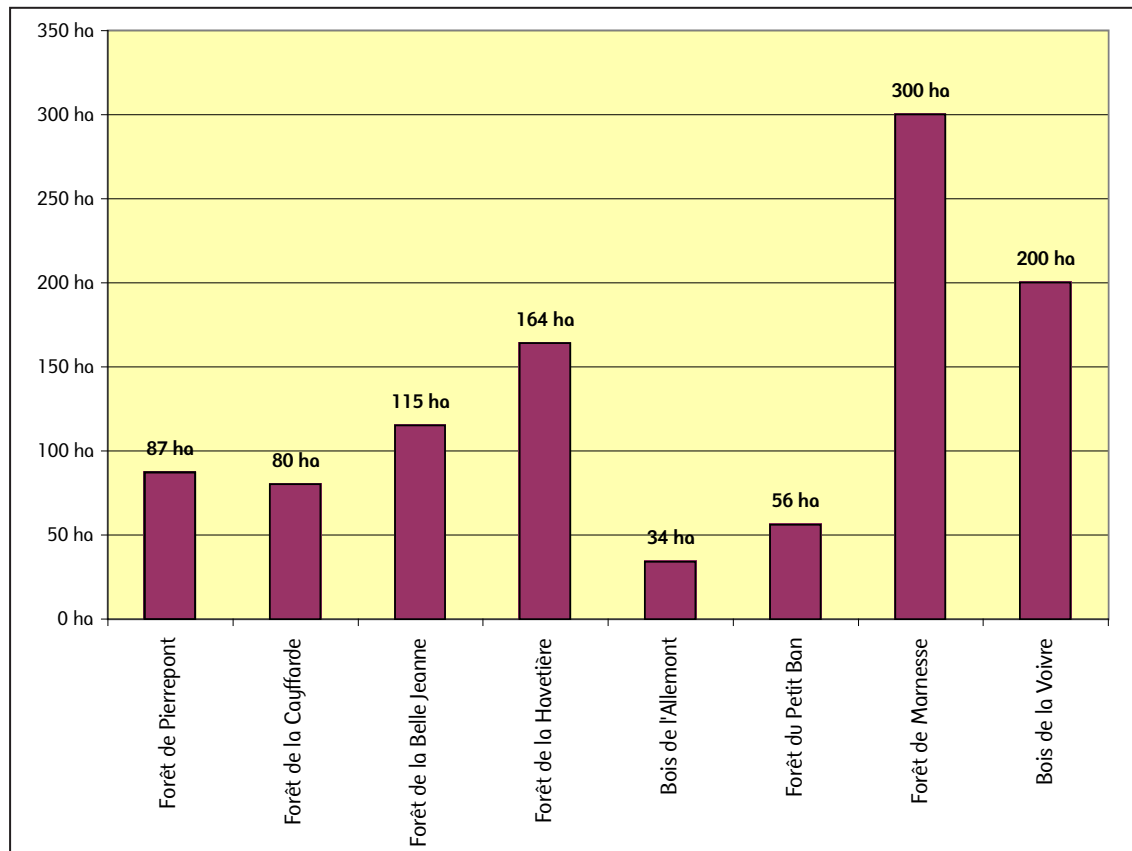


Figure 11. Surface des forêts retenues.

Cet échantillon de forêts comprend à la fois des forêts de petite taille, mais aussi des forêts de taille moyenne. Il était difficile de retenir des forêts plus grandes dans la mesure où le temps de vérification par la méthode systématique serait alors devenu très

grand. Ces forêts ont des tailles qui les rendent assez représentatives des forêts privées champardennaises soumises à plan simple de gestion.

#### IV.1.1.1.2. La diversité des régions naturelles

Les huit forêts cartographiées sont assises sur sept régions naturelles différentes. Sachant que la Champagne-Ardenne compte une vingtaine de régions naturelles, elles n'ont pas pu être toutes retenues. La Champagne humide a été représentée par deux forêts. Deux raisons expliquent cela :

- c'est une région qui était considérée d'emblée comme **difficile** à cartographier (Pinel, com. pers.) et il était donc intéressant d'y multiplier les tests,
- cette région est couverte par **deux catalogues** des stations différents ce qui permettait d'avoir une idée (même imprécise) de l'effet du catalogue sur les résultats obtenus.

Bien que toutes les régions naturelles de la Champagne-Ardenne ne soient pas retenues, les forêts cartographiées traduisent une assez grande *diversité*. Il existe par exemple beaucoup de différences entre l'Ardenne primaire, les Plateaux calcaires et la Champagne humide.

#### IV.1.1.1.3. Des topographies différentes – la présence ou l'absence de buttes

La topographie a une influence forte sur la répartition des stations. Elle conditionne l'utilisation d'un certain nombre de lois de répartition des sols (loi des chaînes de sols, loi des buttes) ou des stations (exposition). Il apparaissait donc important de retenir des forêts ayant des conditions variées en ce qui concerne la topographie.

Certaines forêts retenues sont donc plutôt plates ou ont du moins un relief peu marqué (forêt de Marnesse, bois de la Voivre...). D'autres ont en revanche un relief plus marqué et il est possible d'y distinguer des plateaux, des versants et des fonds de vallon (forêt de Pierrepont, forêt de la Havetière...).

La loi des buttes est également une règle importante pour la cartographie rapide par zonage préalable. Ainsi, pour chaque forêt, le nombre de buttes a été noté. Il s'agissait soit de buttes marquées bien traduites par les courbes de niveau, soit de buttes légères beaucoup plus difficiles à interpréter.



Photo 3. Forêt sur cuesta. Les forêts retenues ayant un relief marqué sont souvent assises en partie sur un versant. Dans ce cas, les buttes signalées correspondent à des saillants sur le versant, séparés par des talwegs. Voir aussi la figure 7 à ce sujet.





## IV.1.1.4. Un ou plusieurs étages géologiques

La géologie est un des facteurs expliquant la répartition des stations et elle est utilisée lors du zonage préalable. Le nombre d'étages géologiques présents a donc été noté pour chaque forêt. Le tableau 5 précise le nombre d'étages en fonction de la surface des forêts retenues. Bien entendu, le faible nombre de forêts ne permet pas de cerner tous les cas possibles. Il est cependant possible de dire que certaines forêts étaient très variées d'un point de vue géologique (4 étages sur 80 ha pour la forêt de la Cayffarde). D'autres étaient nettement moins variées (2 étages - l'un argileux, l'autre marneux - sur 200 ha pour le bois de la Voivre).

Tableau 5. Nombre d'étages géologiques en fonction de la taille des forêts.

|                             |       | Classes de surface (en ha) |        |         |         |             | Total |
|-----------------------------|-------|----------------------------|--------|---------|---------|-------------|-------|
|                             |       | Moins de 50                | 50-100 | 100-150 | 150-200 | Plus de 200 |       |
| Nombre d'étages géologiques | 1     | 1                          |        |         |         |             | 1     |
|                             | 2     |                            |        |         | 1       |             | 1     |
|                             | 3     |                            | 2      |         | 1       |             | 3     |
|                             | 4     |                            | 1      | 1       |         | 1           | 3     |
|                             | Total | 1                          | 3      | 1       | 2       | 1           | 8     |

La variabilité géologique mérite d'être discutée. En effet, le nombre d'étages peut masquer certains éléments de la réalité. Par exemple :

- Un étage peut posséder des **roches très variées** qui ne donneront pas les mêmes stations. Par exemple, le *Siégénien inférieur* rencontré en Ardenne primaire sur la forêt de la Havetière peut présenter des faciès à schistes et des faciès à quartzites.
- La nature ou l'épaisseur de la **couverture pédologique** au dessus d'une même roche peut donner des sols de fertilité très variable. Ainsi, l'épaisseur des limons sur un calcaire est un facteur très important.
- Des forêts à la géologie variée peuvent avoir des stations assez homogènes en raison d'une couverture pédologique qui va **masquer** l'effet que pourraient avoir les roches sous-jacentes. C'est souvent le cas en Champagne humide.

## IV.1.1.5. Bilan sur les forêts retenues

La méthode de vérification choisie pouvait rapidement être laborieuse. Il a donc fallu limiter le nombre de forêts cartographiées et ne pas retenir trop de grandes forêts pour mener à bien cette étude. Il était nécessaire de trouver un compromis entre le temps imparti et l'obligation de travailler sur des forêts différentes, présentant des situations variées. Le nombre limité de forêts traitées fait que les conclusions qui seront produites devront être nuancées. Il est trop faible pour appréhender toutes les configurations possibles ou pour permettre des répétitions.

Dans l'avenir, il pourrait être intéressant de travailler à l'échelle d'une seule *région naturelle* ou de forêts ayant les *mêmes caractéristiques globales* (géologie, relief, buttes...). Cela faciliterait l'acquisition de conclusions précises sur la méthode.

Même si la région Champagne-Ardenne est une région de plaine, il y existe des forêts sur lesquelles il y a des oppositions de versant (adret-ubac), des fonds de vallon encaissés et donc des stations qui peuvent se différencier en fonction de leur *mésoclimat* (figure 12). Au départ de l'étude, ce cas de figure devait être traité. Malheureusement, les forêts retenues pour lesquelles il semblait possible d'avoir des différences mésoclimatiques n'étaient pas assez pentues pour cela (les courbes de niveau tous les 5 m ont induit en erreur l'opérateur en le faisant surestimer les pentes...).

Sur d'autres forêts, il a été constaté que quand des variations mésoclimatiques existent, elles sont assez faciles à anticiper. Elles permettent ainsi un bon zonage préalable

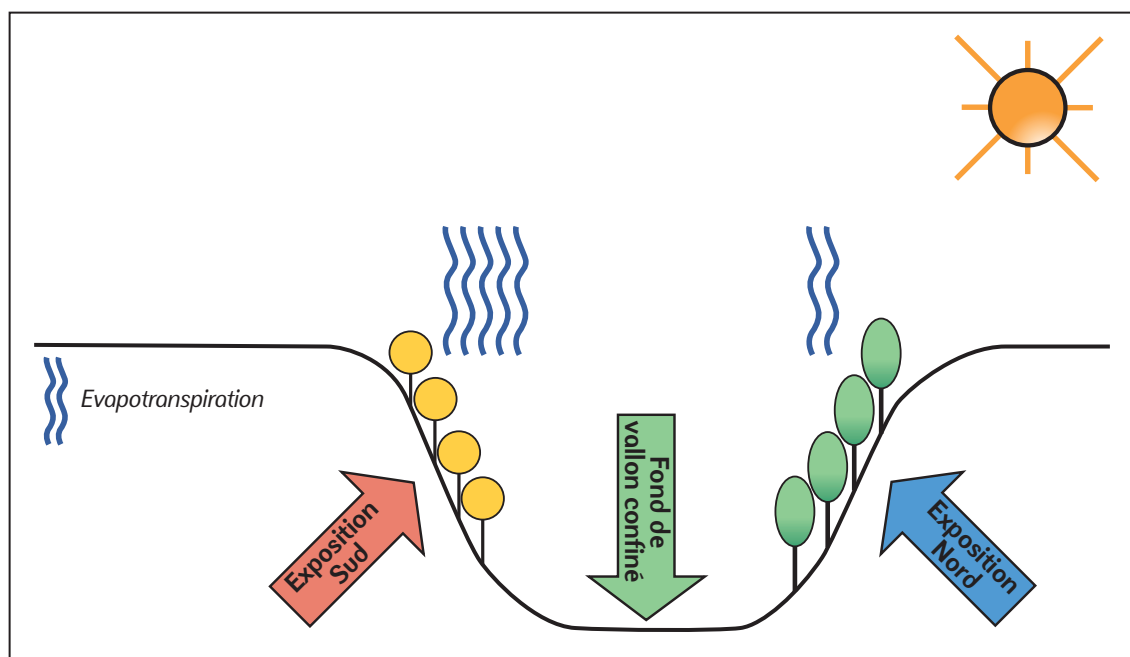


Figure 12. Coupe schématique d'un vallon avec différents mésoclimats.

en s'aidant des courbes de niveau. Dans ce cas, la qualité de la cartographie rapide peut être bonne.

Au départ, deux autres forêts avaient été retenues. Une se situait en vallée alluviale dans une zone populicole. Elle a posé trop de problèmes de détermination des stations pour être analysée correctement. Il semble, même si cette conclusion est prématurée, que les zones alluviales sont souvent trop complexes pour qu'une cartographie rapide par zonage soit applicable. En effet, ces milieux sont très plats. Les sols peuvent très rapidement changer (apparition de banc de grèves, de zones argileuses, de sables et changements de types de stations très rapides) sans que cela puisse être anticipé.

L'autre forêt était de grande taille. Le catalogue des stations était également d'un abord délicat, mais surtout le temps a manqué pour faire une vérification systématique sérieuse. Ce dispositif a donc été abandonné.



Le nombre de forêts retenues est peu important. Elles ont été choisies afin de traduire au mieux la diversité qui peut être rencontrée, mais cet objectif n'est que partiellement atteint. Il sera cependant possible d'en déduire quelques conclusions, même si celles-ci restent provisoires ou à valider plus complètement. Seul un dispositif plus conséquent pourrait permettre d'obtenir plus de certitudes.

#### IV.1.1.2. La méthode de vérification et le nombre de types de stations

Le tableau synthétique de l'annexe X indique en plus des données du milieu naturel des éléments sur la méthode de vérification. Pour chaque forêt, la maille du parcours systématique est détaillée. Dans certains cas, elle est un peu lâche, mais les impératifs de temps ne permettaient pas d'être précis.

La forêt de Marnesse constitue une exception. En effet, une soixantaine de points de détermination stationnelle ont été réalisés lors d'un projet par des élèves de l'ENGREF en tronc commun (Clerc *et al.*, 1997). Il a donc été décidé de se servir de ce dispositif pour estimer la pertinence de la cartographie rapide par zonage préalable. *A posteriori*, il semble difficile de conclure sur cette forêt en raison de plusieurs problèmes :

- les soixante relevés réalisés sont **trop peu nombreux** pour une forêt de 300 ha aux stations très variées,







- la **détermination** des stations dans cette région naturelle est difficile et le catalogue utilisé est d'un abord **complexe**,
- les élèves font part, dans leur rapport, de **doutes** en ce qui concerne la détermination des types de stations. Utiliser leurs données pour la vérification de la cartographie rapide introduit une part trop importante d'incertitudes.

Cette forêt a cependant été conservée, mais les résultats obtenus seront à relativiser.

Le *nombre de types de stations rencontré sur chaque forêt* est donné dans le tableau de l'annexe X. Il ne s'agit pas d'un indice permettant de connaître la qualité de la cartographie rapide, mais il apporte des informations. En effet, le nombre de types rencontrés dépend :

- de la **complexité du catalogue** (un catalogue peut comporter plus ou moins de types de stations selon la diversité des milieux et le niveau de précision que veut atteindre le chargé d'étude),
- de la **diversité** de la forêt qui est cartographiée.

Afin d'estimer la diversité stationnelle des forêts cartographiées, le nombre total de types du catalogue ou de la sous-partie du catalogue applicable sur la forêt, a été noté entre parenthèses. Cela permet de mieux interpréter le nombre de types cartographiés. Par exemple, la forêt de Pierrepont présente 10 types de stations sur les 11 possibles dans la Crête oxfordienne. Il est donc logique de supposer qu'elle possède une bonne diversité stationnelle. En revanche, sur le bois de l'Allemont, seuls 4 types sur les 36 possibles sont rencontrés.



Les modalités de la vérification indiquent le niveau de précision retenu. Plus le nombre de points est élevé et la densité de sondage forte, plus la vérification est fine. Le nombre de types rencontrés sur la forêt apporte une idée de sa diversité stationnelle quand on le compare au nombre total de types du catalogue. Cette information peut être utilisée lors de l'analyse des résultats.

Des indicateurs ont été définis au § III.2.3.2. pour mieux estimer la qualité de la cartographie obtenue selon la méthode rapide. Les principaux résultats obtenus pour ces indicateurs sont résumés dans le tableau de l'annexe X. Ils vont être commentés ici.

#### IV.1.1.3.1. L'indice de bonne superposition

Pour chaque forêt, l'indice de bonne superposition a été calculé. Il est présenté sous forme de graphique en figure 13.

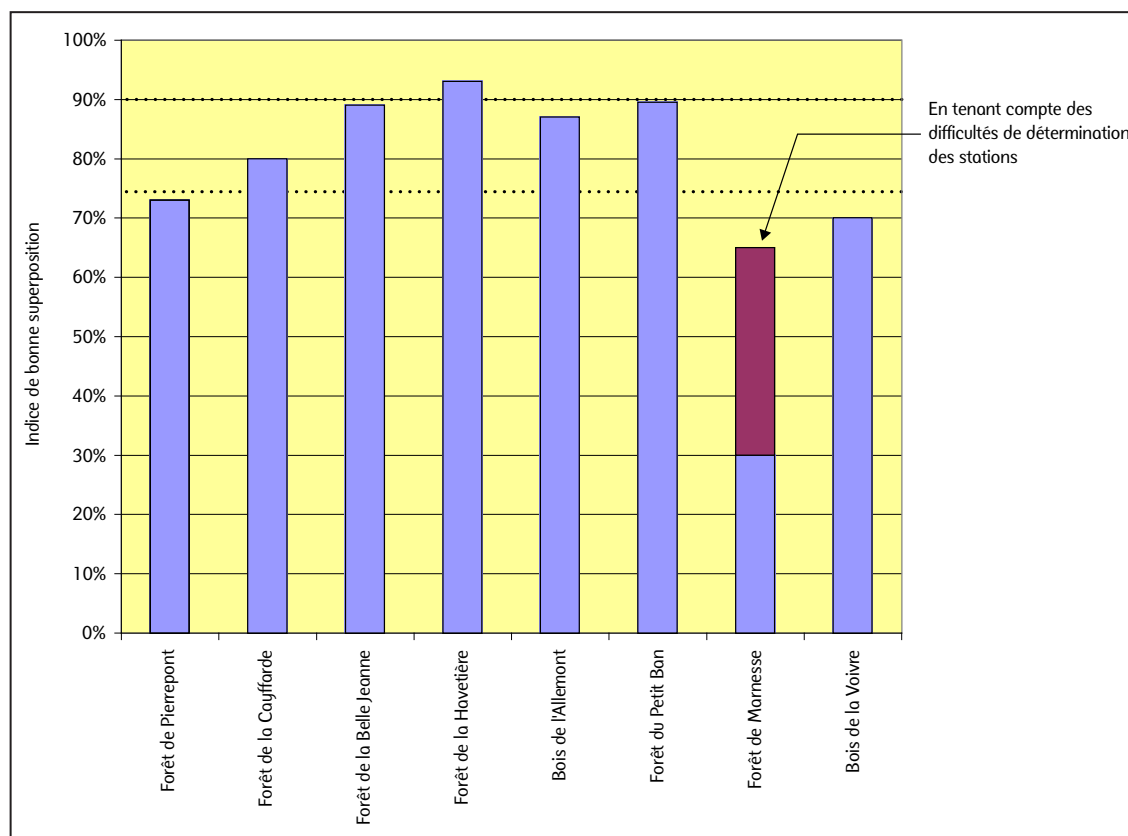


Figure 13. Indice de bonne superposition pour les forêts cartographiées

A l'exception d'une forêt (la forêt de Marnesse dont le cas sera évoqué par la suite), cet indice prend plutôt des valeurs élevées. Ce résultat est donc globalement rassurant en ce qui concerne la méthode de cartographie rapide.

L'indice de bonne superposition peut être traduit concrètement par le pourcentage de surface de la forêt correctement cartographiée selon la méthode rapide. Si le gestionnaire se contente d'un *seuil* de 75 %, la méthode de cartographie rapide est souvent satisfaisante. En revanche, s'il ne désire pas dépasser une erreur de 10 % (ce qui est une exigence très forte dans le domaine de la cartographie de milieux naturels !), la méthode de cartographie rapide lui donnera rarement satisfaction.

Cette analyse globale devra être nuancée par les conditions de milieu des forêts concernées et des paramètres externes comme le niveau de compétence de l'opérateur dans ce domaine. Il est possible que la méthode de cartographie rapide soit bien adaptée dans certains cas et le soit moins dans d'autres.



L'indice de bonne superposition donne globalement des résultats élevés. Dans beaucoup de cas, cela signifie que la cartographie rapide semble avoir une précision suffisante pour répondre aux besoins courants de gestion.





#### IV.1.1.3.2. La concordance des types rencontrés

Dans 5 cas sur 8, la concordance des types rencontrés est bonne. Cela signifie alors que la cartographie rapide avait bien cerné l'ensemble des types de stations présents sur la forêt. Dans les autres cas, quelques types de stations (par exemple, 3 pour Pierrepont et 3 pour le bois de la Voivre) n'ont pas été rencontrés lors de la cartographie rapide. On constate que les types qui ont été oubliés couvrent une *faible surface*.

En ce qui concerne les forêts sur lesquelles la concordance est exacte, deux remarques générales apparaissent :

- les forêts à bonne concordance ont toutes un bon ou un très bon indice de superposition,
- elles sont toutes peu diversifiées (nombre de types de stations peu important comparé au nombre total de types de stations du catalogue, par exemple 8 sur 22 dans le cas de la forêt de la Havetière).

Cette seconde remarque indique qu'il est plus probable d'oublier des types de stations sur des forêts variées, ce qui est somme toute assez logique. Cela conduit également à conclure, au moins dans un premier temps, que la méthode rapide fonctionne moins bien sur les forêts variées ou sur les forêts pour lesquelles le catalogue des stations possède de très nombreux types.

La notion de concordance des types conduit à se poser des questions sur l'importance de l'opérateur dans la détermination des stations. Deux problèmes sont soulevés :

- Il peut exister un **biais** lors de la cartographie systématique. En effet, l'opérateur connaissant les principaux types de stations de la forêt après la cartographie rapide, il peut assimiler certains nouveaux types proches aux types qu'il connaît s'il ne prend pas soin de toujours bien vérifier le type de station ou si les clés du catalogue sont complexes ou peu opérationnelles. Ce cas a été rencontré une fois, sur une des deux forêts qui n'ont pas été retenues. Il a été mis en évidence par une seconde vérification.
- Dans le cas de la forêt de Marnesse, il a été décidé de comparer les résultats obtenus lors de la cartographie rapide à ceux existants dans un projet élève de l'ENGREF. Ce sont donc deux équipes différentes qui ont fait les relevés. Au delà des problèmes de cartographie, l'analyse des résultats sur cette forêt montre clairement qu'il existe un **effet opérateur** dans la détermination des types (divergence des résultats sur des points de relevés proches). En règle générale, les divergences liées à des erreurs ou à des difficultés de détermination augmentent :
  - avec le manque de connaissances (pédologie, botanique...) ou de pratique du catalogue de l'opérateur,
  - avec la présence de milieux perturbés (milieux ouverts après coupe, chablis...) ou trop fermés,
  - avec la complexité du catalogue (nombre de types) ou la faiblesse de ses clés qui laissent trop de part à l'interprétation.

Pour essayer de s'affranchir de ce problème sur la forêt de Marnesse, il a été décidé de tenir compte des confusions entre types proches. Ainsi, si l'indice de bonne superposition vaut strictement 30 % sur cette forêt, il passe à 65 % en considérant que deux types très proches ont pu être confondus par l'une ou l'autre des équipes (niveau trophique voisin, texture du matériau presque identique...). Même avec cette valeur de 65 %, la forêt de Marnesse a le plus mauvais indice de bonne superposition de l'ensemble des dispositifs.

Au delà de ce cas particulier de la forêt de Marnesse, il est rassurant que les cartographies rapides et les vérifications aient été faites par la même équipe. En effet, cela a limité les problèmes liés à l'interprétation du catalogue et donc les confusions de types. Ainsi dans quelques cas, il a fallu trancher pour déterminer certains types stationnels

et les arbitrages se sont toujours faits dans le même sens (établissement de règles en complément des clés de détermination). Cela signifie qu'il existe vraisemblablement des erreurs de détermination des types stationnels (en espérant toutefois qu'elles sont peu nombreuses!), mais qu'elles n'influencent que peu sur l'interprétation des résultats.



Assez souvent, la cartographie rapide permet de recenser tous les types stationnels présents sur la forêt. Cela semble cependant ne se produire que sur les forêts peu diversifiées. Lorsque des types sont oubliés, ils couvrent généralement une surface faible. Ils peuvent cependant avoir parfois un intérêt patrimonial important (zones humides de petite taille, milieux ouverts associés à la forêt...).

#### IV.1.1.3.3. Le nombre de zones oubliées ou rajoutées

Lors de la définition du protocole, il fut prévu de comptabiliser les zones oubliées lors de la cartographie rapide et également les zones artificiellement rajoutées. Après avoir testé la méthode, il apparaît qu'il n'y a pas eu de zones rajoutées sur les forêts cartographiées (cette éventualité était de toute façon pressentie comme rare).

Pour quatre forêts cartographiées, il n'y a pas de zones oubliées lors de la cartographie rapide. Ce sont des forêts pour lesquelles les autres indices (bonne superposition, concordance des types, comparaison des surfaces sont bons voire très bons).

En ce qui concerne les forêts sur lesquelles il existe des zones oubliées, les situations sont variées. Il apparaît cependant qu'un nombre important de zones oubliées (de l'ordre d'une dizaine) semble corrélé à un indice de bonne superposition assez moyen (70-75 %). Cette remarque ne repose toutefois que sur deux forêts. Elle est néanmoins assez logique. L'analyse au cas par cas des résultats des forêts pour lesquelles des zones ont été oubliées a été faite :

- Pour la **forêt de la Havetière**, seules trois zones de très petite taille ont été oubliées. Ces oublis ont une *influence très faible* sur la carte finale et sont vraiment mineurs. Les zones oubliées étaient difficiles à prévoir, leur très petite taille fait qu'elles n'ont pas été vues lors du parcours initial de la forêt.
- Pour la **forêt de Pierrepont**, onze zones ont été oubliées. Ce nombre est important, même si la surface cumulée de ces zones est faible. Après l'analyse de ces données, il apparaît que certaines de ces zones auraient pu être échantillonnées lors de la cartographie rapide. Une meilleure utilisation de la loi des buttes aurait notamment amélioré les résultats. Cette forêt ayant été la première cartographiée, il est fort possible que les résultats eussent été meilleurs avec le traitement de ce cas par une équipe plus aguerrie et maîtrisant mieux la méthode. Pour conclure, les résultats de la forêt de Pierrepont sont moyens en ce qui concerne le nombre de zones oubliées. Le *facteur humain* est vraisemblablement en partie en cause dans ces résultats.
- Pour le **bois de la Voivre**, 8 zones ont été oubliées. Leur surface cumulée représente environ 4 à 5 % de la surface totale de la forêt, ce qui peut être considéré comme faible. Contrairement à ce qui s'est passé sur la forêt de Pierrepont, il aurait été très *difficile d'améliorer les résultats* sur cette forêt. En effet, la distribution des zones oubliées n'apparaît pas, même *a posteriori*, comme répondant de manière évidente à des lois de distribution des sols.

Le cas de la forêt de Marnesse n'a pas été traité, faute d'une vérification complète sur cette forêt. Il apparaît d'emblée, de manière certaine, que des types ont été oubliés lors de la cartographie rapide, même si cette information ne peut être quantifiée.

Au delà des zones oubliées, assez souvent, il existe des imprécisions dans le tracé des limites. Cela peut être visualisé sur la carte fournie en annexe VIII. Par exemple, au nord de la forêt, il existe des pastilles vertes sur fond bleu et des pastilles bleues sur





fond vert. Cela signifie donc que la frontière entre les types 2 et 4 n'a pas été tracée de manière parfaite lors de la cartographie rapide. Assez souvent, il existe sur les forêts cartographiées des imprécisions de ce type et les tracés définitifs doivent être décalés de quelques mètres, voire de quelques dizaines de mètres.



Dans environ la moitié des cas, il n'y a pas eu de zones oubliées lors de la cartographie rapide. Pour l'autre moitié, l'oubli de zones aurait parfois pu être diminué par une meilleure maîtrise des techniques par l'opérateur, même si pour certaines forêts, l'apparition de différences n'était pas prévisible. Il existera donc toujours, sur ces dernières forêts des zones oubliées par la cartographie rapide.

#### IV.1.1.3.4. La comparaison des surfaces

Trois degrés de précision ont été définis au § III.2.3.2.2 pour juger globalement de la comparaison des surfaces. La figure 14 présente, sous forme de graphique, les résultats en utilisant cet indice pour les forêts du dispositif. Seule la forêt de Marnesse n'est pas concernée, mais si cet indice avait pu être calculé sur cette forêt, il serait vraisemblablement de niveau 1 (•).

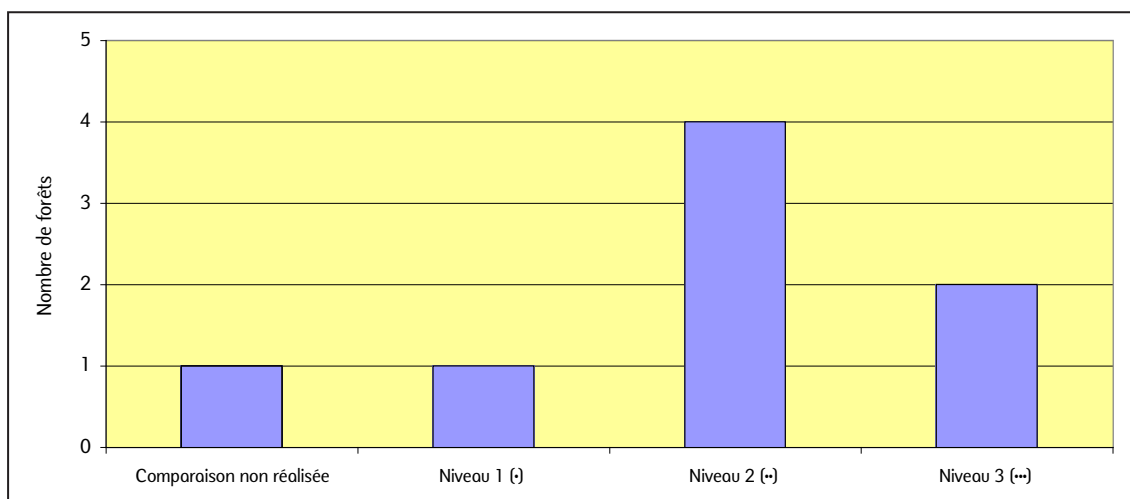


Figure 14. Valeurs de l'indice lié à la comparaison des surfaces pour les différentes forêts du dispositif.

L'analyse à l'aide de trois niveaux de qualité est très synthétique. Afin d'avoir une approche plus fine, les graphiques concernant les forêts ont été regroupés et sont consultables en annexe XI.

La comparaison des surfaces semble bien corrélée à l'indice de bonne superposition. En effet, les valeurs prises par cet indice sont :

- 89 et 93% pour le niveau 3 (•••),
- 73, 80, 87 et 90% pour le niveau 2 (••),
- 70% pour le niveau 1 (•).

La comparaison des surfaces confirme les résultats obtenus avec les autres indicateurs. L'analyse de chaque graphique montre quelles sont les sous-estimations ou les surestimations commises lors de la cartographie rapide.





Les différents indices varient globalement dans le même sens. Ils permettent pour chaque forêt, de juger la pertinence de la cartographie rapide par zonage préalable. Par la suite, ces résultats seront exploités pour connaître la performance de cette cartographie et pour la moduler en fonction de différentes données (milieu naturel, opérateur, fiabilité des données initiales...).



#### IV.1.2. Les difficultés de la méthode de cartographie rapide

##### IV.1.2.1. Quelle confiance pour les données initiales ?

La méthode de cartographie rapide par zonage préalable s'appuie sur des données initiales (géologie, carte topographique, fond de carte de la forêt...). Les tests qui ont été réalisés montrent que la qualité de ces informations conditionne en partie la précision des résultats.

##### IV.1.2.1.1. Les données géologiques

Les données géologiques sont utiles pour anticiper la présence de certains types stationnels ou pour appliquer la loi des compartiments. Pour la présente étude, seules des forêts couvertes par une carte géologique au 1 : 50 000<sup>e</sup> ont été retenues. En effet, les cartes au 1 : 80 000<sup>e</sup> n'apportent souvent que trop peu d'informations pour être utilisables.

Selon les dispositifs, les informations géologiques n'ont pas eu la même importance. Cela dépendait de deux facteurs : la *qualité* de la carte géologique et la *pertinence* des informations recueillies.

- Pour ce qui est du premier point, la **qualité de la carte**, plusieurs remarques peuvent être faites :
  - Il existe des cartes pour lesquelles les *formations superficielles* (couvertures limoneuses, colluvions...) sont notées. Dans ce cas, ces informations sont souvent très utiles pour cartographier les stations. En revanche, sur certaines cartes (souvent anciennes), le manque d'informations de ce type peut conduire à des erreurs de cartographie.
  - Le rédacteur de la carte peut faire une *notice* plus ou moins détaillée et plus ou moins accessible, notamment aux forestiers. Une bonne clarté est importante pour que l'opérateur utilise au mieux les informations.
  - Le niveau de *précision* des tracés est également très important. En effet, parmi ces tracés, quelques uns vont servir de limite entre types stationnels. Un tracé inexact induira donc une erreur dans la carte des stations. Ces tracés sont d'autant plus importants que les cartes géologiques au 1 : 50 000<sup>e</sup> sont agrandies (au 15 000<sup>e</sup>, au 10 000<sup>e</sup>, voire au 5 000<sup>e</sup> selon les besoins).
- En ce qui concerne le second point, la **pertinence des informations**, là encore il existe une certaine variabilité :
  - Les étages géologiques sont plus ou moins *variés*. Dans certains cas, une seule roche correspond à l'étage dans la zone cartographiée et il n'existe pas d'ambiguïté (par exemple, sur la forêt de Pierrepont, le *Callovien* est constitué de marnes à minerais de fer). En revanche, dans d'autres cas, l'étage comprend une grande diversité de roches qui n'auront pas toutes la même dégradabilité et ne formeront pas les mêmes sols (par exemple, le *Siégénien inférieur* rencontré sur la forêt de la Havetière qui peut présenter des faciès à schistes ou à quartzite).
  - Les informations géologiques n'ont pas toutes la même *valeur* pour le forestier. En reprenant l'exemple du *Callovien*, on constate que la seule présence de cet étage permet de déduire de nombreuses conclusions. En effet, les marnes en position topographique basse vont donner des systèmes étanches à nappe temporaire ou permanente. Cela peut même se traduire, à l'aide du catalogue des stations par les types 1 ou 2. Dans ce cas, la géologie apporte d'emblée beaucoup d'informations. En revanche, la



présence de *Kimméridgien supérieur* et *moyen* sur le bois de l'Allemont n'apporte que peu d'information. Outre le fait qu'il peut s'agir de marnes ou de calcaires durs, c'est l'épaisseur d'argiles et de limons au dessus du calcaire qui va être un des facteurs prépondérants pour discriminer les stations.

- En dernier lieu, le *nombre* d'étages présents sur la forêt est un facteur prépondérant à prendre en compte. En règle générale, plus les formations sont nombreuses, plus la géologie permettra de définir des zones *a priori*. Cette règle doit cependant être relativisée lorsque les informations géologiques sont difficilement utilisables (présence de plaquages de limons en Champagne humide, en particulier).



La géologie doit systématiquement être prise en compte pour le zonage préalable. Il apparaît cependant, à la suite des tests qui ont été réalisés, que les informations apportées sont d'une utilité variable suivant les cas. Elles sont parfois directement utilisables mais dans d'autres cas, elles ne contribuent que peu au zonage préalable.

#### IV.1.2.1.2. La topographie

La topographie est un élément prépondérant à prendre en compte. Les courbes de niveau issues de l'IGN (Scan 25© - version numérisée des cartes de la série bleue) donnent de très nombreuses informations :

- la lecture des courbes indique la présence éventuelle de **plateaux**, de **versants** et de **fonds de vallon**,
- lorsque des pentes sont présentes, elle offre la possibilité de calculer leur **pourcentage** (pente à 10 % ou à 50 %, par exemple),
- en cas de présence de pentes fortes, l'**exposition** est déduite de la lecture de la carte IGN,
- la forme des courbes de niveau indique la présence des **buttes** quand elles existent.

L'information concernant le relief issue de l'IGN est le plus souvent fiable. Des problèmes se posent parfois lorsque les courbes sont utilisées à une échelle trop grande (agrandissement au 1 : 5 000<sup>e</sup>, par exemple). Cependant, les imprécisions les plus courantes proviennent de la superposition du fond de carte de la forêt sur le scan 25© de l'IGN. Il existe en effet souvent des décalages entre les fonds de carte issus de plans cadastraux et l'IGN. Même si la superposition est effectuée au mieux, les courbes de niveau peuvent être décalées sur le fond de carte obtenu.



La topographie permet d'obtenir de nombreuses informations. L'information de base (courbes de niveau de l'IGN sur le scan 25©) est de bonne qualité, même si son report sur le fond de carte peut parfois être problématique.

#### IV.1.2.1.3. Le fond de carte

Lors des tests, le fond de carte a été déduit des cartes fournies dans le **plan simple de gestion**. Il existe une très grande hétérogénéité dans la *qualité* et la *précision* des informations recueillies de cette manière. En effet, certaines cartes sont de bonne facture, tracées avec précision et comportent tous les éléments utiles pour se repérer (routes, voies ferrées, parcellaire, fossés, ruisseaux, équipements...). D'autres sont en revanche imprécises et incomplètes.

Comme il a été écrit précédemment, un fond de carte imprécis ne permet pas de positionner correctement les courbes de niveau ce qui a des implications dans le tracé des limites stationnelles. Dans un autre domaine, un fond de carte imprécis ou

incomplet rend difficile le positionnement des relevés lors de la cartographie rapide ce qui peut également induire des erreurs de tracé. En effet, lors de cette phase, afin de gagner du temps, le positionnement se fait directement sur la carte par l'opérateur sans mesurer les distances au topofil. Dans ce cas, un positionnement des relevés au GPS apparaît comme une solution pour s'affranchir en partie de ce problème.



Pour conclure, les éléments de départ (géologie, topographie, fond de carte) pour effectuer la cartographie rapide sont de qualité variable. Pour certaines forêts, les informations recueillies sont directement utilisables et permettent un zonage précis et sûr. Pour d'autres, la phase de terrain est commencée sans que beaucoup d'informations aient pu être synthétisées auparavant.

#### IV.1.2.2. L'utilisation des catalogues des stations

En raison d'une bonne couverture de la région administrative par des catalogues des stations, il a été décidé initialement de travailler avec ce type d'outil pour réaliser cette étude. Le catalogue offre une bonne description de la région naturelle. Il évite à la fois un travail de synthèse (les types de stations sont créés) et permet de faire les relevés plus rapidement (utilisation d'une clef de détermination).

##### IV.1.2.2.1. Une utilisation parfois délicate

L'étude des stations est dans certains cas intrinsèquement difficile. Les zones perturbées par les chablis, enrésinées, sous peuplier, sous peuplements trop fermés sont, par exemple, difficiles à cartographier que l'on utilise un catalogue ou non (photo 4). Dans d'autres cas, c'est l'utilisation du catalogue qui est difficile. A la suite des tests réalisés, une liste de problèmes a été dressée :

- Pour certains catalogues utilisés, il faut un **temps d'apprentissage long** avant de maîtriser convenablement l'outil. Cela est difficilement compatible avec les besoins des gestionnaires (en particulier, ceux de forêts privées) pour lesquels il faut une prise en main relativement rapide.
- Bien que la région naturelle explique une bonne partie des différences entre catalogues, le chargé d'étude imprime sa marque au document et fait des choix. Si par exemple, le nombre de types de stations dépend de la diversité des milieux rencontrés

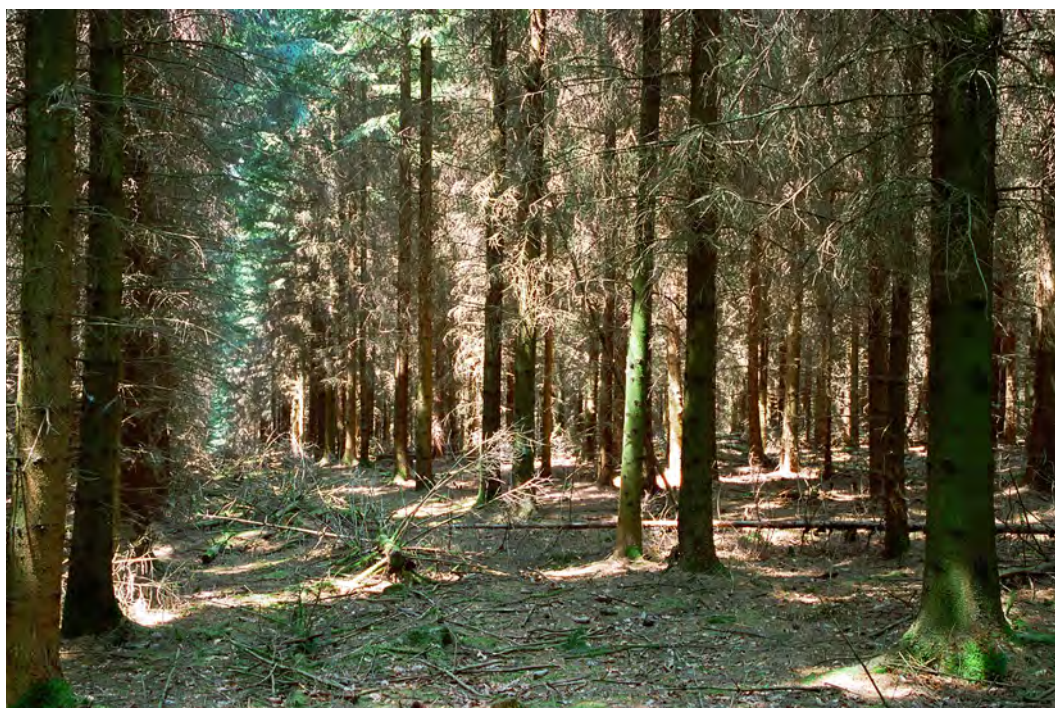


Photo 4. Un exemple de station difficile à décrire en raison d'un couvert très fermé et des bouleversements liés à l'implantation des épicéas (travail du sol, modification de la flore...). Forêt de la Havetière.







dans une région naturelle, il résulte aussi du degré de précision que voulait atteindre le chargé d'étude. Bien que cela ne soit en aucun cas systématique, un **nombre important de types** entraîne parfois une détermination des stations délicate. Celle-ci l'est d'autant plus que les clés sont imprécises ou n'utilisent pas de critères facilement observables et interprétables. Fort heureusement, le doute ne concerne le plus souvent que des types stationnels proches, mais il arrive que dans des cas extrêmes, les confusions possibles soient plus graves.

- Comme cela a été signalé au § IV.1.1.3.2, il existe dans la détermination des stations un effet « opérateur ». Il peut provenir d'un manque de qualification. Par exemple un manque de compétences botaniques conduit parfois à une réponse inexacte dans la clef et à l'obtention d'un type qui ne convient pas. Dans ce cas, la formation et la pratique conduisent à combler les lacunes.

En revanche, avec certains catalogues, des clefs laissant trop de part à l'interprétation ou des types mal décrits font que l'effet « opérateur » est difficilement corrigable. Même un relevé stationnel exact et exhaustif ne conduit pas alors à une détermination certaine.

Ce problème a été rencontré lors des tests. Afin de limiter au maximum cet effet, les cartographies rapides et systématiques ont été réalisées par la même équipe (sauf dans le cas de la forêt de Marnesse qui a été traité à part). Cela signifie qu'il a dû arriver parfois de ne pas aboutir au bon type de station lors de la cartographie rapide, mais dans ce cas, la même erreur a été faite lors de la vérification systématique. Même si cette approche n'est pas dans l'absolu satisfaisante (une erreur étant conservée), elle permet de ne pas augmenter artificiellement les imprécisions de la cartographie rapide.

#### IV.1.2.2.2. Des outils d'apport variable

Comme cela a été écrit dans la description de la méthode, le catalogue des stations a servi lors des phases de zonage préalable. Tous les catalogues n'apportent pas les mêmes informations. Par exemple, celui des Crêtes pré-ardennaises utilisé sur la forêt de Pierrepont permet une approche assez fine (figure 15). Elle est possible en raison d'un classement des stations selon la topographie (plateau, versant, bas de pente, fond de vallon) et la géologie (gaize, alluvions, calcaire...). Il est donc possible avec un tel catalogue de prévoir à l'avance la répartition de certains types ou groupes de types de stations (figure 8).

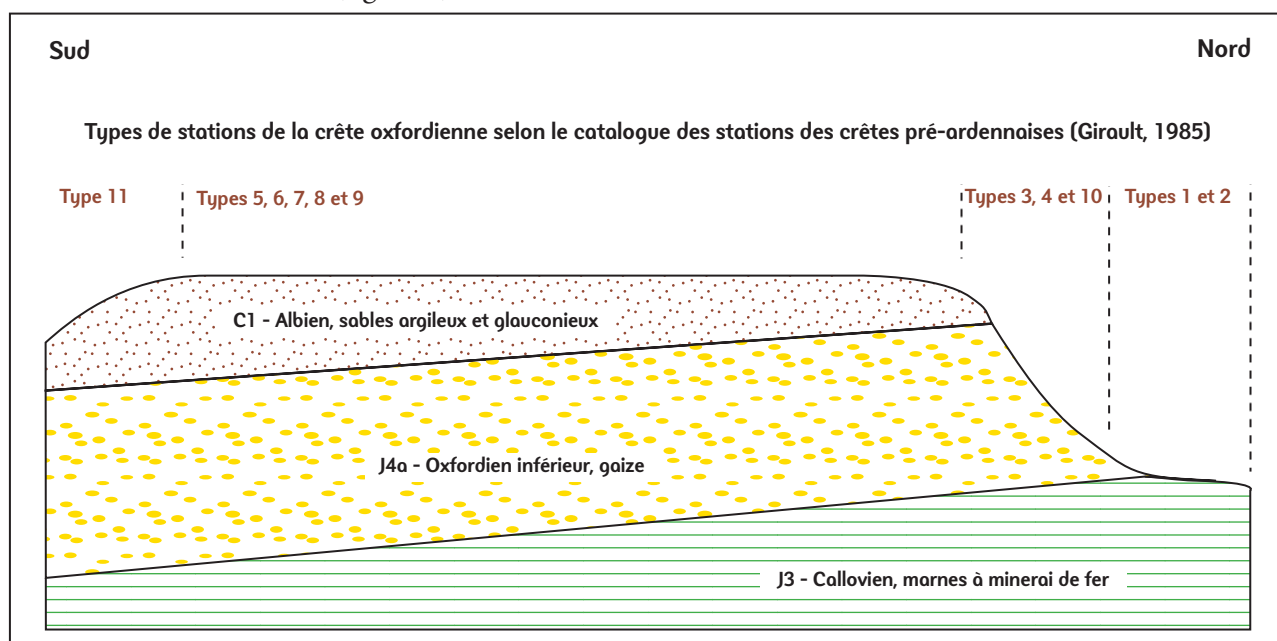


Figure 15. Coupe géologique simplifiée d'une forêt de la Crête oxfordienne. Les types de stations potentiels tels qu'ils ont été définis dans le catalogue sont placés sur ce schéma. Cela est possible parce que le catalogue indique d'emblée pour chaque type de stations : la topographie, le type de substrat (qui est mis en relation avec la géologie et la topographie) et l'exposition. Le tableau synoptique des types de stations de la Crête oxfordienne est fourni en annexe VII.

Dans d'autres cas, (en raison du nombre de types trop important du catalogue, d'une approche fondée sur le matériau pédologique [sable, limon, marne]...), le catalogue ne donne que peu d'informations supplémentaires lors du zonage préalable. Seule la phase de terrain apporte dans ce cas la connaissance des types de stations.

Comme cela a été écrit précédemment, le nombre de types d'un catalogue dépend de la complexité de la région naturelle concernée et du niveau de précision recherché par le chargé d'étude. Il est apparu au cours des tests que le nombre de types du catalogue avait son importance. En effet :

- Il se peut que malgré un découpage fin, le catalogue ne soit *pas assez sensible* pour transcrire certaines différences. Ainsi, deux buttes voisines très peu marquées ont parfois le même type de station, même s'il existe des différences minimales (mais qui ne justifient pas deux types de stations différents).
- Dans d'autres cas, le *découpage trop fin* induit des confusions entre types proches, les types étant difficiles à déterminer sur le terrain. Cela fait baisser artificiellement la fiabilité de la cartographie rapide. Il serait intéressant dans ce cas de refaire des tests en utilisant un *guide simplifié* ce qui pourrait résoudre le problème.



Des problèmes inhérents à l'étude des stations sont rencontrés, que l'on utilise un catalogue ou pas. Parmi ceux-ci, l'étude de milieux perturbés est souvent citée. Si l'utilisation d'un catalogue des stations pose parfois des problèmes, elle apporte dans tous les cas une synthèse et facilite la détermination et le classement des stations. Lorsque la région naturelle et le catalogue s'y prêtent bien, elle permet de plus d'améliorer le zonage préalable et de gagner du temps lors de la phase de terrain de la cartographie rapide. Lorsque l'utilisation du catalogue a posé des problèmes en raison d'un nombre élevé de types, il sera intéressant de tester l'usage d'un guide simplifié pour le choix des essences, s'il existe.

#### IV.1.2.3. La vérification des différentes lois de répartition des sols

Des « lois » de répartition des sols ont été utilisées pour cette étude (Lucot et Gaiffe, 1994). Les prendre en compte doit permettre de mieux cerner la logique de répartition des stations. Cela induit un gain de temps dans :

- la phase de terrain, les sondages étant réalisés dans les endroits les plus pertinents,
- la phase de restitution, les lois aidant parfois à faire des choix lors du tracé de la carte.

*A posteriori*, il est très intéressant de vérifier ces différentes lois et de confirmer leur intérêt dans la méthode de cartographie rapide. C'est ce qui est proposé dans les paragraphes qui suivent.

##### IV.1.2.3.1. La loi des chaînes de sols

La loi des chaînes de sols a été présentée au § II.3.2. Elle est synthétisée par le principe suivant : « les hauts nourrissent les creux ». Lors des tests, les transferts de matière le long des pentes ont régulièrement été constatés. De même, la faible variabilité des sols colluviaux dans les positions basses a été vérifiée. Ainsi de manière globale, la loi des chaînes de sols est vérifiée. Très souvent, le catalogue des stations intègre cette loi (figure 16).

Même dans les situations topographiques peu variées (forêts relativement planes), la loi des chaînes de sols a été retrouvée. Cependant, son application est nettement plus facile dans les forêts au relief marqué.





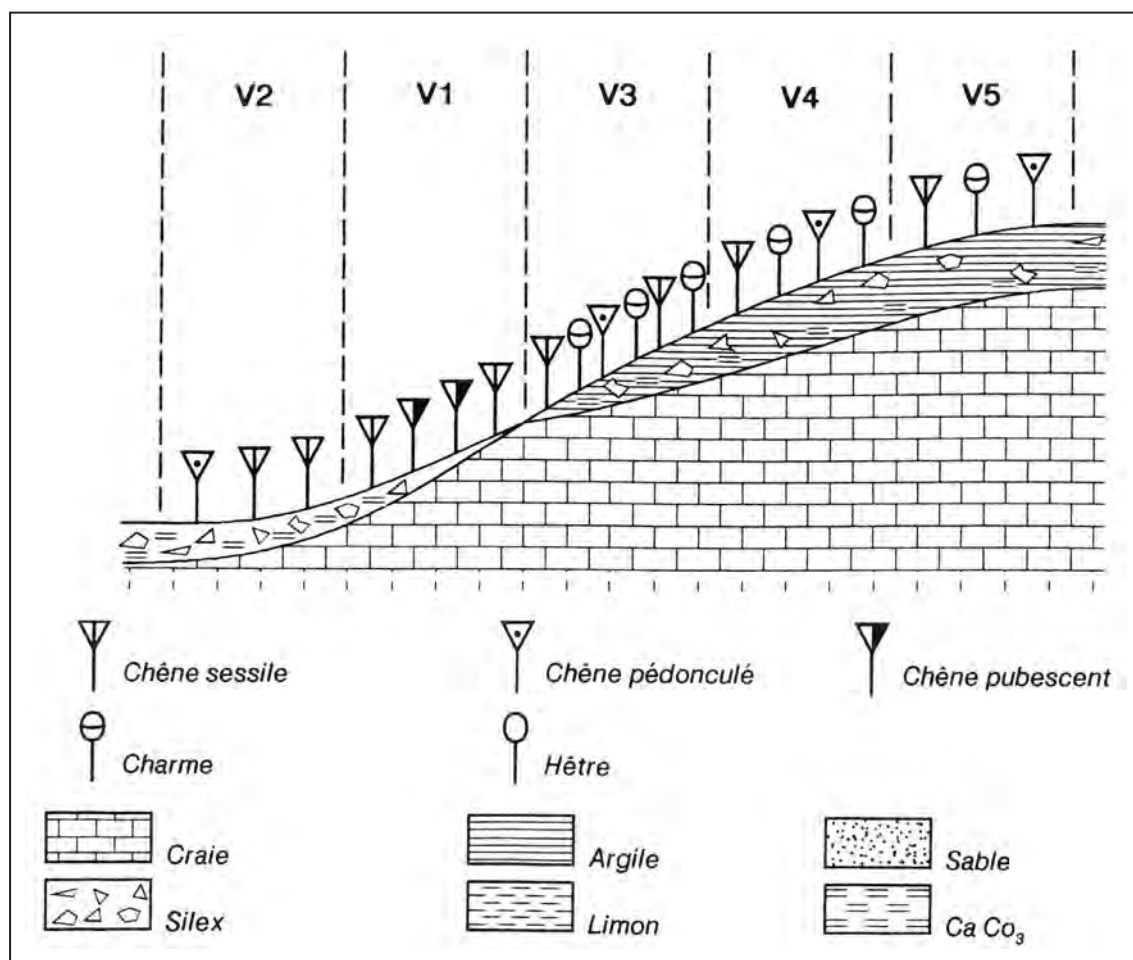


Figure 16. Séquence sur argile et craie des stations de versant du Pays d'Othe (Girault et al., 1990). L'épaisseur des sols est visible sur ce schéma.

#### IV.1.2.3.2. La loi des buttes

La loi des buttes apparaît d'emblée comme très intéressante. Il s'agit d'une approche récente (Lucot et Gaiffe, 1994) qui autorise une interprétation novatrice du relief. A la suite des tests, il apparaît :

- que pour les forêts sur lesquelles les **buttes sont marquées** (Havetière, Pierrepont, Belle Jeanne), la loi des buttes est clairement retrouvée. Par exemple, sur la forêt de Pierrepont (annexe IX), une butte correspond à un affleurement de gaize oxfordienne et un autre à un affleurement de calcaire dur ;
- que lorsque les **buttes sont peu marquées**, la loi des buttes n'est pas vérifiée. Deux explications sont alors possibles : la loi ne fonctionne pas sur les forêts au relief peu marqué, ou bien les changements sont trop fins pour que le catalogue des stations puisse les mettre en évidence. Cette constatation est à rapprocher de ce qui a été établi en Franche-Comté, où une étude a montré que deux buttes voisines ont, selon le contexte, de 75 à 90 % de chances d'avoir des sols différant par un ou plusieurs caractères (Bruckert, 1989 *in* Lucot et Gaiffe, 1994). La notion de différence dans ce cas est relative au sigle (Lucot et Gaiffe, 1994) et n'utilise pas la notion de type de station.

Il ressort dans un premier temps des tests réalisés que la loi des buttes est précieuse pour cartographier les forêts au relief marqué. Cependant, seules des forêts de bord de versant ont été retenues pour représenter les forêts au relief marqué (par exemple, la forêt de Pierrepont est sur une *cuesta*). Il serait intéressant dans le futur de cartographier des massifs plus diversifiés en ce qui concerne le relief. En ce qui concerne les forêts plutôt plates, il est difficile d'y définir des buttes et de constater des différences entre elles. Cela ne remet pas nécessairement en cause la loi des buttes. Les différences éventuelles ne seraient, dans ce cas, simplement pas accessibles.

La loi des compartiments n'a pas beaucoup été utilisée lors des tests. Plusieurs raisons sont avancées :

- les informations géologiques ne pouvaient pas toujours être traduites en termes clairs et opérationnels permettant de tracer des limites de compartiments,
- les régions naturelles et leurs particularités n'étaient pas toujours assez bien maîtrisées par les opérateurs pour pouvoir anticiper la nature des compartiments,
- il est possible que les échelles de cartographie retenues ne soient pas toujours compatibles avec les tracés permis par la loi des compartiments. Certains exemples franc-comtois montrent que cette notion peut être définie à l'échelle du 1 : 250 000<sup>e</sup> voire du 1 : 100 000<sup>e</sup>.

Le travail réalisé sur la forêt de Pierrepont (cf. § III.2.2.2), indique cependant que sur des forêts à la géologie variée, celle loi est utilisable et performante pour définir *a priori* des zones relativement homogènes. De plus, elle a pu être vérifiée *a posteriori* sur d'autres forêts.

#### IV.1.2.3.4. Vers une loi des chemins ?

A la suite de la réalisation de la carte des stations de certaines forêts (Cayffarde, Belle Jeanne), il a été remarqué que certaines limites entre types stationnels suivaient des chemins. Cela est étrange dans la mesure où il n'y a pas d'emblée de logique dans cela. Plusieurs tentatives d'explication peuvent être avancées :

- Les chemins tracent souvent des limites entre parcelles. Pour peu que les peuplements soient très différents de part et d'autre, la lumière arrivant au sol peut changer (peuplement très ouvert d'un côté et très fermé de l'autre). La végétation ne s'exprime donc pas de la même façon dans chacune des parcelles et cela peut conduire à des déterminations différentes.
- Les routes et les chemins sont parfois bordés de fossés. Le drainage qui en résulte modifie le niveau d'engorgement des sols et donc le type stationnel. Le drainage peut alors être effectif d'un côté du chemin et pas de l'autre.
- Dans certains cas, le tracé des chemins peut suivre les contours géologiques. La différence des types de stations est là encore expliquée.

Ces quelques éclaircissements ne sont que des propositions. Tout cela serait à valider. Le but n'est pas, de toute façon, de chercher à appliquer une nouvelle loi, mais de tenter d'expliquer des constatations de terrain.



**Les lois de répartition des sols ont globalement été vérifiées. Dans certains cas, elles apportent un appui précieux qui aide à la cartographie rapide des stations. Dans d'autres, elles sont plus difficiles à appliquer ou à interpréter et leur apport est moins efficace.**

#### IV.1.2.4. Un savoir-faire obligatoire

##### IV.1.2.4.1. Les erreurs liées à l'opérateur

Au cours des tests, les vérifications faites sur chaque forêt ont montré qu'il existait des erreurs liées à l'opérateur. Elles peuvent être classées selon deux catégories :

- Les **erreurs d'identification** des types de stations. Ce sont le plus souvent des confusions entre types stationnels. Elles dépendent non seulement de l'opérateur, mais également de la qualité et de l'ergonomie des catalogues qui lui sont confiés. Comme il a été dit précédemment, l'impact de ces erreurs a été minimisé lors des tests, la même équipe réalisant la cartographie rapide et la vérification. Il demeure, au delà de cette constatation, que la détermination des stations doit être la plus exacte possible.





- Les erreurs de **cartographie**. Ces erreurs méritent d'être détaillées. On distingue :
  - les erreurs de méthode, comme le mauvais choix de l'itinéraire sur le terrain qui laisse de côté des zones qu'il aurait fallu prospecter,
  - les erreurs de positionnement avec un mauvais report sur la carte de l'endroit où le relevé a été fait,
  - les erreurs de rendu cartographique, comme le mauvais choix des tracés ou des interprétations inexactes concernant l'étendue de certaines stations.

L'opérateur a un rôle central dans la méthode de cartographie rapide par zonage préalable. Les erreurs ou les interprétations inexactes peuvent rapidement donner des cartes aux contours imprécis ou contenant des erreurs.

#### IV.1.2.4.2. Une méthode qui nécessite de l'entraînement

Les erreurs liées à l'opérateur peuvent être conséquentes. Cependant, une minimisation importante des problèmes peut résulter d'une formation de base et de la pratique de la méthode. Il est fortement recommandé au départ :

- de maîtriser les bases de l'étude des stations,
- de connaître la région naturelle et ses spécificités,
- d'avoir déjà pratiqué le catalogue qui sera utilisé sur la forêt à cartographier.

La pratique de la méthode permet rapidement de mieux la maîtriser. Par exemple, la forêt de Pierrepont a été cartographiée en premier. Si elle avait été faite après les 7 autres, il y a de fortes chances que les résultats eussent été meilleurs. L'inexpérience à ce moment n'a pas en effet permis d'optimiser au mieux les relevés (le parcours lors de la cartographie rapide) et de valoriser complètement les résultats des différentes lois (la loi des buttes a été sous-utilisée).



**Toute méthode de cartographie des stations nécessite une certaine maîtrise des techniques de base. Pour la méthode de cartographie rapide, cette maîtrise doit être effective pour espérer obtenir de bons résultats. De plus, au delà d'une initiation à la cartographie rapide, il est nécessaire de pratiquer la méthode afin d'augmenter ses performances.**

## IV.2. Quelques conclusions

Même si le nombre de forêts traitées est faible, il est important de faire une synthèse des résultats pour apporter quelques éléments de réponse aux questions initialement posées. Le bilan des tests a d'ores et déjà donné une idée de la validité des résultats obtenus. Il indique également certaines difficultés d'utilisation ainsi que les limites qui ont été rencontrées.

Il est désormais nécessaire de hiérarchiser les critères à prendre en compte et de donner les éléments qui permettront aux gestionnaires de choisir au mieux leurs méthodes de cartographie des stations. Pour cela, non seulement les résultats des tests seront mis à contribution, mais d'autres données (obtenues sur des forêts non concernées par cette étude) seront également utilisées.

### IV.2.1. Quand choisir de travailler avec une méthode par zonage préalable ?

#### IV.2.1.1. Selon les données physiques et le milieu naturel

##### IV.2.1.1.1. La taille de la forêt

Une carte des stations est coûteuse à établir sur une forêt de grande taille. Par exemple, sur une forêt de 500 ha, il est économiquement impossible de réaliser des relevés au quart d'hectare en utilisant une méthode systématique (2 000 relevés stationnels!).

Dans ce cas, un échantillonnage moins serré est prévu (par exemple, un point pour deux hectares, soient 250 relevés). La densité des relevés étant moins importante, la précision peut chuter, en particulier s'il existe des stations peu représentées.

Dans ce cas de figure, une cartographie rapide par zonage préalable est intéressante car avec un nombre limité de relevés (par exemple une trentaine), il est possible d'établir une carte qui pourra avoir la même précision qu'une cartographie systématique faite selon un quadrillage assez lâche.



Même si ce n'est pas le seul critère à prendre en compte, la taille de la forêt est un critère de choix pour utiliser ou non une méthode de cartographie rapide par zonage préalable. En effet, il est difficile d'obtenir sur de grandes forêts une cartographie fine par les méthodes usuelles. Dans ce cas, même si la précision n'est pas meilleure avec une cartographie rapide, le rapport qualité/prix sera à son avantage.

#### IV.2.1.1.2. La diversité géologique

A la suite des tests, il est tentant d'affirmer que plus le nombre d'étages géologiques est élevé, plus la méthode rapide peut être fiable. Cette affirmation est à nuancer. Par exemple, la forêt de la Cayffarde et la forêt de la Belle Jeanne reposent toutes deux sur 4 étages géologiques. Pour la première, des limons recouvrent les formations sous-jacentes alors que sur la seconde, on passe de formations très variées allant des argiles à silex à la craie ! [cf. figure 16]. Ainsi, la géologie apporte peu de variabilité dans le premier cas, alors qu'elle est prépondérante dans le second.

Au niveau de la géologie, plusieurs éléments seront donc à prendre en compte :

- le **nombre d'étages** présents sur la forêt (qui donne une première idée de la diversité),
- la **variabilité des roches** de ces différents étages (une forêt présentant un niveau marneux et un niveau argileux ne présentent pas autant de différences qu'une assise à la fois sur des grès et sur des marnes),
- l'expression de la géologie au **niveau stationnel** (par exemple, des roches variées recouvertes par une épaisseur importante de limons ne vont pas donner des sols aussi différents que si les limons étaient absents).

Le recueil des informations et leur traitement permet d'obtenir non seulement les données géologiques, mais aussi ce que vont impliquer ces données d'un point de vue stationnel. En règle générale, plus une forêt est variée géologiquement, plus le zonage préalable sera efficace.



L'analyse des données géologiques permet de définir la *diversité géologique*. L'efficacité de la méthode rapide par zonage préalable et la diversité géologique varient dans le même sens.

#### IV.2.1.1.3. La topographie

Même si la qualité des résultats obtenus dépend de plusieurs facteurs, il ressort assez facilement du tableau donné en annexe X que la topographie intervient fortement en cartographie rapide. Au delà des forêts testées, des constatations analogues ont pu être faites sur d'autres forêts.

Un relief varié implique souvent la présence de *buttes*, des *positions topographiques* différentes (plateau, versant, fond de vallon) voire des différences *mésoclimatiques* (adret et ubac). De plus les stations présentent souvent des différences plus marquées quand les positions topographiques sont diversifiées (en raison de la loi des chaînes de





sols, notamment) et les types stationnels sont plus faciles à anticiper ou à déterminer sur le terrain. A l'opposé, les tests sur les forêts plutôt plates ont donné des résultats moyens ou assez décevants. L'absence de buttes marquées ne permet pas d'utiliser efficacement la loi des buttes, les stations sont plus difficiles à appréhender et il n'existe aucun effet mésoclimatique.



En règle générale, les forêts au relief varié se prêtent plus facilement à une cartographie rapide. Même si la méthode est applicable sur des forêts à la topographie moins variée, les bons résultats seront difficiles à obtenir et il sera de toute façon nécessaire de réaliser plus de sondages.

L'échelle de la *région naturelle* intègre des données sur le relief et la diversité géologique. Même si les forêts peuvent y être différentes, il existe des caractéristiques communes qui font que des régions naturelles seront globalement plus propices que d'autres à la cartographie rapide.

#### IV.2.1.2. Selon les outils disponibles

Divers documents sont utilisés pour les phases de la cartographie rapide. Si certains sont de qualité standard comme le scan25©, d'autres, comme la carte géologique et le catalogue des stations sont assez hétérogènes d'une forêt à l'autre. Une carte géologique au 1 : 50 000<sup>e</sup> bien tracée et à la notice claire tout comme un catalogue bien structuré et facile d'emploi faciliteront toute démarche de cartographie des stations. La méthode de cartographie rapide par zonage préalable est sûrement encore plus sensible à la qualité de ces documents que d'autres méthodes. D'après les premiers tests, il serait intéressant dans certains cas d'utiliser un guide simplifié, mais cela reste à confirmer. Il éviterait dans certains cas des confusions entre types de stations proches.



La qualité des outils disponibles est importante pour toute méthode de cartographie. La méthode de cartographie rapide est plus exigeante que d'autres en ce qui concerne ces outils. En effet, la qualité du zonage préalable est en partie liée aux documents de base qu'il est possible de consulter pour une forêt donnée.

#### IV.2.1.3. Selon ses compétences

Pour toute cartographie des stations, il est nécessaire de maîtriser un minimum de connaissances de base, notamment en géologie, en pédologie et en botanique. La méthode de cartographie rapide demande également d'emblée de bien connaître :

- les caractéristiques générales de la **région naturelle** concernée,
- le **catalogue** des stations qui sera utilisé (une première cartographie à l'aide de ce catalogue, ou du moins une utilisation ponctuelle sont vivement souhaitées; la connaissance de la structure du catalogue et de la logique de répartition des stations a également une grande importance pour la phase de zonage préalable).



La cartographie rapide est plus exigeante que les autres méthodes en ce qui concerne le niveau de compétences à avoir. D'une certaine manière, il faut compenser les nombreux relevés de terrain des autres méthodes par de la réflexion et du savoir-faire.

#### IV.2.1.4. Vers un document d'aide à la décision?

Ce présent rapport a pour finalité de faire la synthèse des résultats obtenus jusqu'à ce jour. S'il est par la suite décidé de développer la méthode de cartographie rapide



des stations forestières, des *fiches* décrivant la méthode seront rédigées à destination des gestionnaires forestiers. Il sera alors indispensable d'en rédiger une concernant le choix de la méthode de cartographie des stations. Une aide à la décision permettra sur la fiche le gestionnaire de faire le choix de la meilleure méthode, en fonction des paramètres qui viennent d'être cités.



#### IV.2.2. Comment situer cette méthode par rapport à celles employées habituellement

##### IV.2.2.1. Comparaison technique

Comme les tests réalisés le laissent supposer, dans certaines conditions, la méthode rapide par zonage préalable donne de bons, voire de très bons résultats. Dans les autres cas, bien que les résultats obtenus ne soient pas catastrophiques, le niveau de précision n'est pas compatible avec les attentes des utilisateurs. Dans les zones les moins favorables à un zonage préalable (topographie peu marquée, pas ou peu de variations géologiques...) une méthode par *transects* pourrait être intéressante. Cette méthode n'a pas été essayée, mais elle mériterait de l'être.

En règle générale, la méthode systématique présente l'avantage d'obliger à parcourir toute la forêt. Elle permet ainsi de repérer des zones qui n'auraient pas été échantillonnées sinon. Cela a été utile lors des phases de vérification. En revanche, elle a aussi obligé à cartographier des zones à problèmes comme les milieux perturbés après la tempête. A ce niveau, la méthode rapide est plus intéressante car elle permet de situer au mieux les points de relevés (hors milieux touchés par la tempête, en évitant les zones de transition entre stations...). Par ailleurs, il a été confirmé lors de tests que des zones de petite taille, comme des aulnaies, pouvaient ne pas être cartographiées avec une méthode systématique. Dans une large mesure, les avantages et les inconvénients évoqués au chapitre II ont été retrouvés.

##### IV.2.2.2. Comparaison économique

A la fin de l'analyse bibliographique des différentes méthodes de cartographie des stations, le tableau 1 faisait une première comparaison de ces méthodes. La phase de tests permet désormais d'aller plus loin. Des notions de rendement ont pu être notées, même si le nombre de répétition n'était pas suffisant pour annoncer des chiffres définitifs. De plus, pendant la phase de cartographie rapide, un temps conséquent (mais non quantifiable) fut consacré à la prise en main sur le terrain des catalogues de stations.

En ce qui concerne les méthodes systématiques, des données issues de cartographies faites dans le cadre de documents d'objectifs (Natura 2000) ont également été utilisées. Elles complètent les résultats obtenus lors de l'étude.

Le tableau 6 produit une comparaison des deux méthodes. Ce tableau est pour l'essentiel issu des données recensées, mais il intègre également quelques extrapolations. Il pourra être ajusté au fur et à mesure de la collecte de nouvelles références. Il donne d'ores et déjà des éléments de comparaison.

Même si certaines hypothèses peuvent être affinées, ce tableau permet facilement de vérifier que la méthode de cartographie rapide mérite bien son nom. En fonction des hypothèses du tableau 6, elle est de **3 à 5 fois plus rapide** qu'une cartographie systématique, donc 3 à 5 fois moins coûteuse. Ce *ratio* pourrait même être plus élevé pour les forêts de taille supérieure.



|                      |                                                                                  | Surface de la forêt (en ha) |         |         |         |         |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                      |                                                                                  | 50                          | 100     | 200     | 300     | 500     |
| Méthode rapide       | Recueil des données<br>Tracé du fond de carte (SIG)                              | 3                           | 4       | 4       | 6       | 6       |
|                      | Zonage préalable<br>Choix du parcours                                            | 2                           | 2       | 2       | 2       | 2       |
|                      | Relevés (nombre de points)                                                       | 10 à 20                     | 15 à 25 | 15 à 30 | 25 à 40 | 30 à 50 |
|                      | Temps passé pour les relevés                                                     | 6                           | 8       | 12      | 16      | 24      |
|                      | Interprétation des relevés<br>Tracé de la carte                                  | 2                           | 2       | 3       | 4       | 6       |
|                      | Temps total en heures                                                            | 13                          | 16      | 21      | 28      | 38      |
|                      | Temps total en journées                                                          | 1,625                       | 2       | 2,625   | 3,5     | 4,75    |
| Méthode systématique | Définition de la densité des relevés<br>Préparation de la grille de points (SIG) | 0,5                         | 0,5     | 1       | 1       | 1       |
|                      | Relevés (nombre de points par ha)                                                | 4                           | 2       | 1       | 0,5     | 0,25    |
|                      | Rendement<br>en nombre de relevés par heure                                      | 4                           | 3       | 2,5     | 2       | 1,25    |
|                      | Temps passé pour les relevés                                                     | 50                          | 66,67   | 80      | 75      | 100     |
|                      | Saisie et interprétation des relevés<br>Tracé de la carte                        | 4                           | 4       | 6       | 6       | 8       |
|                      | Temps total en heures                                                            | 57,50                       | 75,17   | 91      | 88      | 115     |
|                      | Temps total en journées                                                          | 7,2                         | 9,4     | 11,4    | 11,0    | 14,4    |

Tableau 6. Comparaison pour des forêts de différentes tailles du temps passé pour une cartographie rapide par zonage préalable et une cartographie systématique. Afin d'être assez réaliste, le taux d'échantillonnage en méthode systématique a été adapté à la taille des forêts cartographiées. En effet, il semble par exemple difficile de faire une cartographie au quart d'hectare sur une forêt de 300 ha!



Les essais réalisés en Champagne-Ardenne ont confirmé bon nombre de données bibliographiques. La méthode de cartographie rapide par zonage préalable permet dans un certain nombre de cas d'obtenir des données dont la validité a été vérifiée. Dans tous les cas, elle permet une cartographie au moindre coût en diminuant le temps passé par un facteur allant de 3 à 5. Lorsque la méthode de cartographie rapide n'est pas adaptée, une solution de cartographie par transects pourrait être un complément qui éviterait de recourir à une méthode systématique.

## Conclusions

Ce qui précède ne donne qu'une analyse partielle des méthodes de cartographie des stations. Le nombre limité de forêts cartographiées, le manque de répétitions dans des conditions voisines et parfois le manque de pratique des opérateurs dans certaines régions naturelles font que ces résultats sont nécessairement partiels. L'objectif initial n'était toutefois pas de conclure de manière ferme et définitive, mais de recenser suffisamment d'informations pour pouvoir lancer un éventuel programme de développement. Au delà de ces réserves, il existe une assez bonne convergence des résultats sur les forêts testées. Des conclusions analogues semblent de plus être retrouvées sur des forêts ne faisant pas partie du dispositif.

Toutes les méthodes de cartographie gagnent en efficacité en utilisant des outils modernes comme le GPS (positionnement par satellite) et le SIG (système d'information géographique). Cela a pu être vérifié lors des tests qui ont été réalisés. La montée en puissance de l'utilisation de ces outils par les gestionnaires de forêts privées est donc une très bonne chose.

La cartographie des stations forestières est encore extrêmement rare en forêt privée. La possibilité d'obtenir des subventions et la mise à disposition de méthodes moins coûteuses pourront peut-être contribuer à son développement. Dans un autre domaine, la cartographie des habitats dans le cadre de sites Natura 2000 est pratiquée en ce moment par bon nombre d'opérateurs. Certaines conclusions obtenues pour les stations pourront être extrapolées aux habitats forestiers.





## Bibliographie

- BAZIN N., 2002, Validation à l'aide de tests d'une méthode de cartographie rapide des types de stations, Rapport de stage de BTSA Gestion Forestière, LEGTA Le Chesnoy-Les Barres, Nogent sur Vernisson, 31 p. 1 volume d'annexes
- BOISSEAU B., 1999, Bilan de la typologie des stations forestières – Synthèse, Ministère de l'Agriculture, Direction de l'Espace Rural et de la Forêt, document interne, 35 p.
- BRUYÈRE P., DRAPIER J., 1992, L'identification des stations forestières de l'Ardenne primaire - Guide pour le choix des essences et des orientations culturelles, CRPF, Châlons en Champagne, 34 p.
- CLERC M.-A. *et al.*, 1997, Rapport de projet forêt – Forêt de marnesse (52), projet élève ENGREF, tronc commun, ENGREF, Nancy, 40 p. et annexes
- DELPECH R. *et al.*, 1985, Typologie des stations forestières, Vocabulaire, Paris, IDF, 243 p.
- DENIS P., 1997, Cartographie des stations forestières, Bois et Forêts en Pays de la Loire, n°50, pp. 2-3
- DRAPIER J., 1989, Les stations forestières de l'Ardenne primaire [Ecologie, Potentialités, Catalogue, Cartographie], IFN, Nancy, 161 p. et annexes
- DUMÉ G., 1995, 100 ans de cinéma,... mais à peine 20 ans de typologie des stations forestières, Forêt-entreprise, n°102-1995/2, pp. 25-29
- GIRAULT D., 1985, Les stations forestières des Crêtes Pré-Ardenaises, DDAF des Ardennes, 103 p.
- GIRAULT D., 1990, Les stations forestières du Pays d'Othe, Collection Etudes du CEMAGREF, série forêt n°3, 1ère édition, Antony, ISBN 2-85362-178-2, 174 p.
- GRANDJEAN G., 1976, Collecte et saisie des données de base pour l'élaboration de la minute codée, Extrait du cours de Phytoécologie de l'ENITEF, Nogent sur Vernisson, 2 p.
- LEGROS J.-P., 1996, Cartographie des sols, De l'analyse spatiale à la gestion des territoires, Presses polytechniques et universitaires romandes, Coll. Gérer l'environnement, 321 p.
- LUCOT E., GAIFFE M., 1994, Cartographie de massifs forestiers témoins sur substrats calcaires du Nord-Est de la France, Intégration de l'indice de pierrosité dans la caractérisation des sols, Université de Franche-Comté, Laboratoire de pédologie, 12p. et annexes.
- MULLER S., HOREMANS P., MADESCLAIRE A., 1993, Les types de stations forestières de l'Argonne, Université de Metz, CREUM, Metz, 163 p.
- ONF DR Alsace, 1990, Cartographie des stations forestières pour l'aménagement,
- PINEL B., 1990, Les stations forestières de Champagne humide, AREP, Besançon, 448 p.
- RAMEAU J.-C., DIDIER B., 1985, Typologie des stations forestières de Haute-Marne, Tome 1, Plateaux calcaires-Vallée Oxfordienne, 414 p.
- RAMEAU J.-C., DIDIER B., 1987, Catalogue des stations forestières de Haute-Marne, Der-Perthois, Tome 2, Université de Franche-Comté, Besançon, 322 p.
- WEBEN Ch., 1998, Comment cartographier sa forêt, Forêts de France, n°413, pp. 26-28





|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction</b>                                                                      | <b>1</b>  |
| <b>I. L'étude des stations en Champagne-Ardenne: données et bilan</b>                    | <b>2</b>  |
| <i>I.1. Une région très bien dotée en catalogues des stations</i>                        | 2         |
| I.1.1. Diversité des régions naturelles                                                  | 2         |
| I.1.2. Les catalogues des stations utilisables dans la région                            | 2         |
| I.1.3. Des guides pour le choix des essences                                             | 3         |
| <i>I.2. Une pratique à développer en forêt privée</i>                                    | 3         |
| I.2.1. Bilan de l'utilisation actuelle des outils disponibles                            | 3         |
| I.2.1.1. Quelques constatations                                                          | 3         |
| I.2.1.2. L'identification des principaux problèmes                                       | 5         |
| I.2.2. Quelques pistes de développement                                                  | 5         |
| <b>II. Analyse bibliographique des méthodes de cartographie des stations forestières</b> | <b>7</b>  |
| <i>II.1. Les méthodes systématiques</i>                                                  | 7         |
| II.1.1. Présentation de la méthode                                                       | 7         |
| II.1.2. Les variantes possibles                                                          | 8         |
| II.1.3. Avantages et inconvénients                                                       | 8         |
| <i>II.2. Les méthodes par transect</i>                                                   | 8         |
| II.2.1. Présentation de la méthode                                                       | 8         |
| II.2.2. Les variantes possibles                                                          | 8         |
| II.2.3. Avantages et inconvénients                                                       | 9         |
| <i>II.3. Les méthodes par zonage préalable</i>                                           | 9         |
| II.3.1. Présentation de la méthode                                                       | 9         |
| II.3.2. Les variantes possibles                                                          | 10        |
| II.3.3. Les lois aidant à définir les unités (Lucot et Gaiffe, 1994)                     | 10        |
| II.3.4. Avantages et inconvénients                                                       | 11        |
| <i>II.4. Comparaison des différentes méthodes</i>                                        | 12        |
| <b>III. Protocole et méthodes</b>                                                        | <b>13</b> |
| <i>III.1. Objectifs</i>                                                                  | 13        |
| <i>III.2. Protocole</i>                                                                  | 13        |
| III.2.1. Le choix des forêts                                                             | 13        |
| III.2.2. La procédure suivie sur chaque forêt                                            | 13        |
| III.2.2.1. Méthode rapide et méthode systématique                                        | 13        |
| III.2.2.2. Organisation des différentes phases                                           | 14        |
| Quatrième étape: réalisation des relevés                                                 | 17        |
| III.2.3. Comparaison des résultats obtenus                                               | 20        |
| III.2.3.1. Comparaison cartographique                                                    | 20        |
| III.2.3.2. Définition et analyse d'indicateurs                                           | 20        |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| III.2.4. Quelques conclusions sur la méthode utilisée             | 23 |
| III.2.4.1. Premières constatations sur la méthode de vérification | 23 |
| III.2.4.2. L'exemple traité et les autres forêts testées          | 24 |

## **IV. Présentation des résultats et premiers enseignements** **25**

### *IV.1. Analyse des données sur les forêts cartographiées* *25*

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| IV.1.1. Comparaison des résultats obtenus                              | 25 |
| IV.1.1.1. Des forêts retenues diversifiées                             | 25 |
| IV.1.1.2. La méthode de vérification et le nombre de types de stations | 28 |
| IV.1.1.3. Analyse des indicateurs                                      | 30 |
| IV.1.2. Les difficultés de la méthode de cartographie rapide           | 34 |
| IV.1.2.1. Quelle confiance pour les données initiales ?                | 34 |
| IV.1.2.2. L'utilisation des catalogues des stations                    | 36 |
| IV.1.2.3. La vérification des différentes lois de répartition des sols | 38 |
| IV.1.2.4. Un savoir-faire obligatoire                                  | 40 |

### *IV.2. Quelques conclusions* *41*

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| IV.2.1. Quand choisir de travailler avec une méthode par zonage préalable ?        | 41 |
| IV.2.1.1. Selon les données physiques et le milieu naturel                         | 41 |
| IV.2.1.2. Selon les outils disponibles                                             | 43 |
| IV.2.1.3. Selon ses compétences                                                    | 43 |
| IV.2.1.4. Vers un document d'aide à la décision ?                                  | 43 |
| IV.2.2. Comment situer cette méthode par rapport à celles employées habituellement | 44 |
| IV.2.2.1. Comparaison technique                                                    | 44 |
| IV.2.2.2. Comparaison économique                                                   | 44 |

## **Conclusions** **46**

# Liste des figures, tableaux et photos

## Figures

---

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1. Localisation des points de sondage lors d'une cartographie systématique.                                         | 7  |
| Figure 2. Localisation des points de sondage lors d'une cartographie s'appuyant sur des transects.                         | 9  |
| Figure 3. Localisation des points de sondage et des zones homogènes lors d'une cartographie par zonage préalable.          | 10 |
| Figure 4. Illustration de la loi des buttes.                                                                               | 11 |
| Figure 5. Schéma traduisant les grandes lignes du protocole suivi sur chaque forêt.                                        | 14 |
| Figure 6. Carte topographique et géologique de la forêt de Pierrepont.                                                     | 15 |
| Figure 7. Localisation sur la forêt de Pierrepont des systèmes de subsurfaces, des buttes et des points bas.               | 15 |
| Figure 8. Les informations apportées par le catalogue des stations permettent de prévoir des types de stations potentiels. | 16 |
| Figure 9. Parcours suivi et emplacement approximatif des points de sondage.                                                | 17 |
| Figure 10. Comparaison des surfaces occupées par chaque station selon la méthode choisie.                                  | 23 |
| Figure 11. Surface des forêts retenues.                                                                                    | 25 |
| Figure 12. Coupe schématique d'un vallon avec différents mésoclimats.                                                      | 28 |
| Figure 13. Indice de bonne superposition pour les forêts cartographiées                                                    | 30 |
| Figure 14. Valeurs de l'indice lié à la comparaison des surfaces pour les différentes forêts du dispositif.                | 33 |
| Figure 15. Coupe géologique simplifiée d'une forêt de la Crête oxfordienne.                                                | 37 |
| Figure 16. Séquence sur argile et craie des stations de versant du Pays d'Othe (Girault et al., 1990).                     | 39 |

## Photographies

---

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Photo 1. Quelques exemples de roches rencontrées en Champagne-Ardenne.                                                                                                            | 2  |
| Photo 2. Plant de Merisier (dans un tube abri-serre) sur une station très acide et très hydromorphe à Molinie et à Fougère aigle (type CSI du catalogue de Bernard Pinel [1990]). | 4  |
| Photo 3. Forêt sur cuesta.                                                                                                                                                        | 26 |
| Photo 4. Un exemple de station difficile à décrire en raison d'un couvert très fermé et des bouleversements liés à l'implantation des épicéas.                                    | 36 |

# Tableaux

---

|                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1. Comparaison bibliographique des différentes méthodes de cartographie des stations                                                                     | 12 |
| Tableau 2. Types de stations rencontrés lors du parcours de la forêt de Pierrepont.                                                                              | 18 |
| Tableau 3. Tableau de contingence faisant la synthèse des contacts obtenus.                                                                                      | 21 |
| Tableau 4. Estimation des surfaces occupées par chaque station selon la méthode choisie.                                                                         | 22 |
| Tableau 5. Nombre d'étages géologique en fonction de la taille des forêts.                                                                                       | 27 |
| Tableau 6. Comparaison pour des forêts de différentes tailles du temps passé pour une cartographie rapide par zonage préalable et une cartographie systématique. | 45 |



Ce document et ses annexes, ainsi que les synthèses réalisées sur chaque forêt, sont disponibles sous forme électronique (format Acrobat Reader [.pdf]). Un CD-Rom peut être demandé au CRPF de Champagne-Ardenne.

## A n n e x e s



**Annexe I: Carte des régions naturelles**



**Annexe II.1: Carte des régions naturelles couvertes par un catalogue des stations**



**Annexe II.2: Tableau des catalogues des stations de la région**



**Annexe III: Carte des régions naturelles couvertes par un guide simplifié pour le choix des essences**



**Annexe IV: Fiche de vulgarisation sur les stations forestières à destination des propriétaires**



**Annexe V: Guide des aides forestières en Champagne-Ardenne (extrait)**



**Annexe VI: Localisation approximative des forêts étudiées**



**Annexe VII: tableau synoptique des types stationnels des Crêtes pré-ardennaises**



**Annexe VIII: Carte des stations de la forêt de Pierrepont: comparaison méthode rapide et méthode systématique**



**Annexe IX: Carte des stations de la forêt de Pierrepont: synthèse définitive**



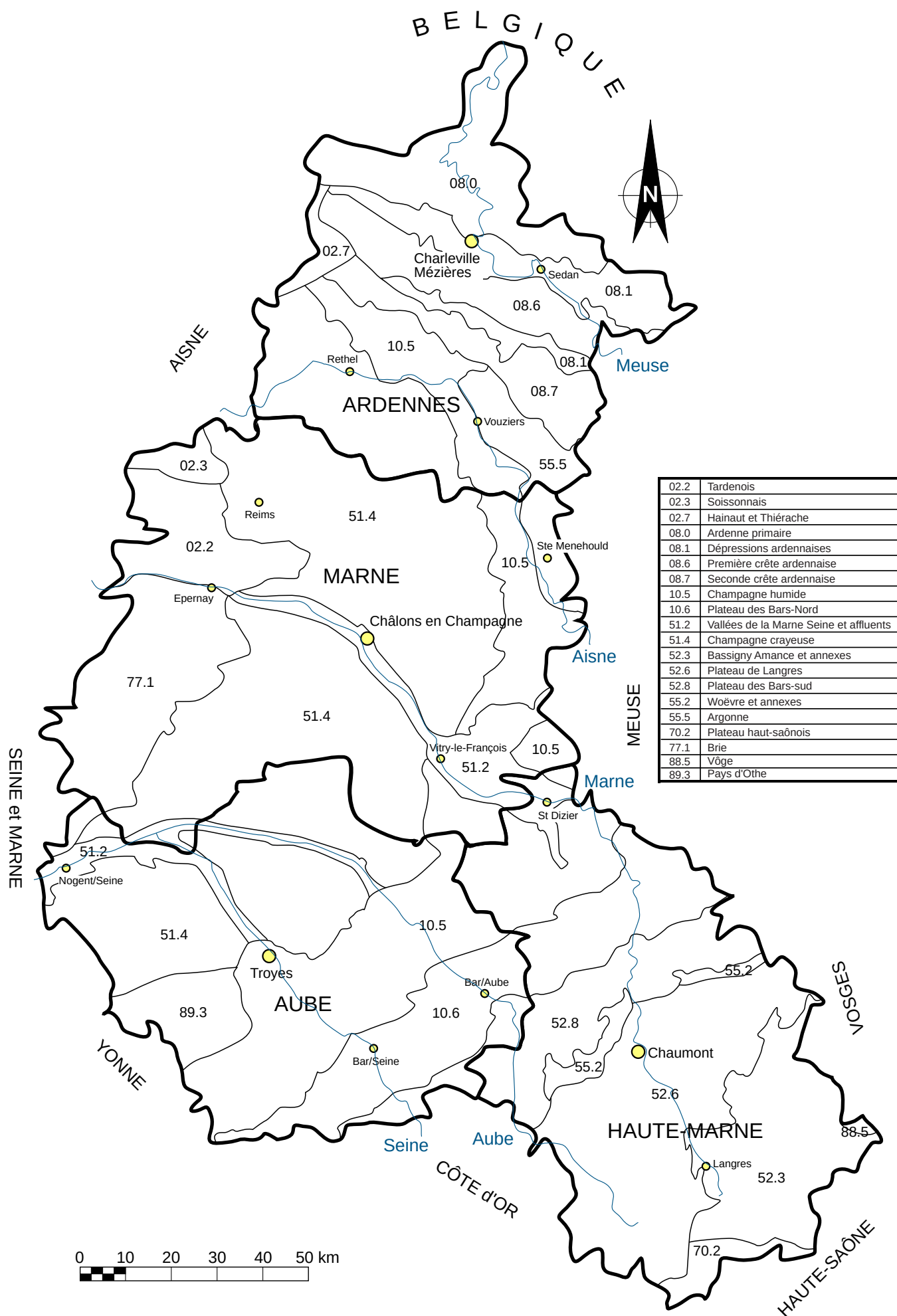
**Annexe X: Tableau résumant les résultats obtenus sur les forêts cartographiées**



**Annexe XI: Comparaison des surfaces obtenues selon chaque méthode sur les forêts du dispositif**

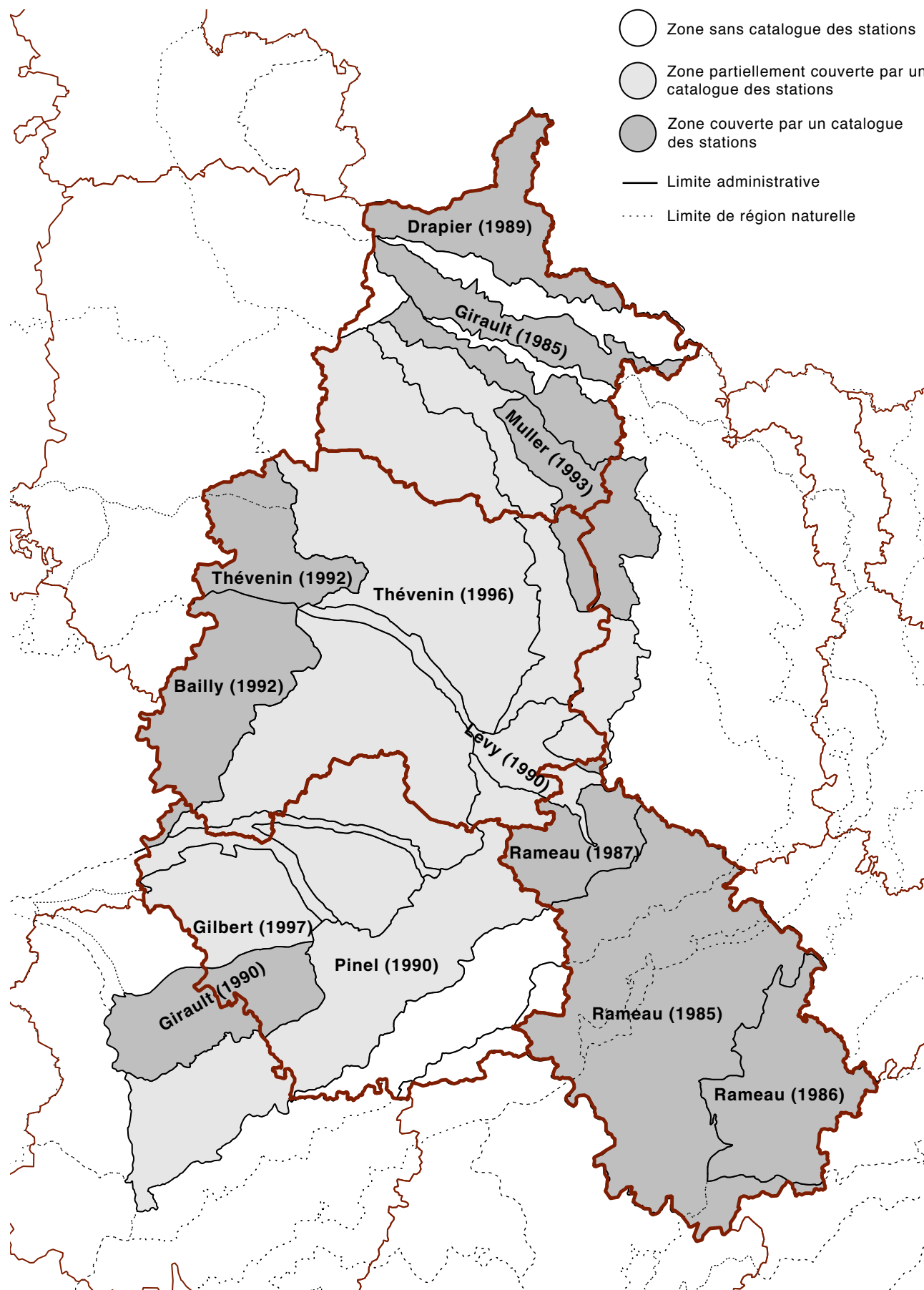




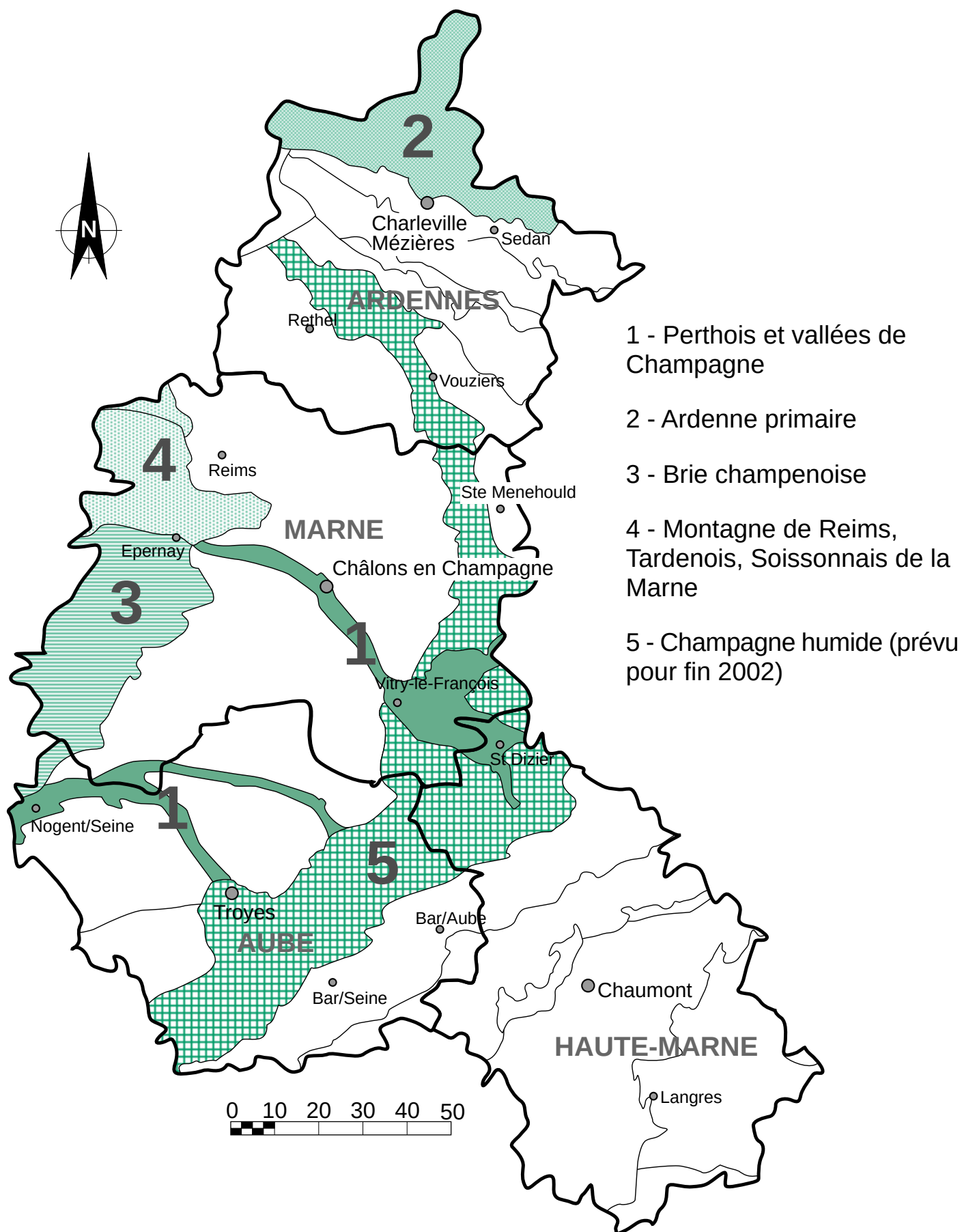


**Annexe I - Régions naturelles forestières de l'IFN en Champagne-Ardenne**

# Couverture en catalogue des stations de la région Champagne-Ardenne



# Les guides simplifiés des stations de Champagne-Ardenne

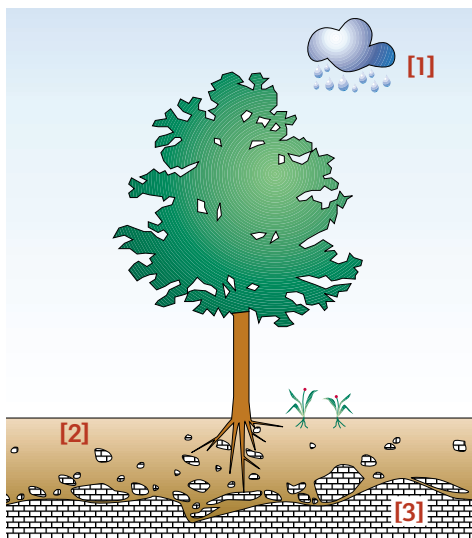


| Nom du catalogue                                                                                                                                 | Auteur                               | Structure                      | Année  | Nombre de pages | Régions naturelles couvertes   | Départements                  | Zones non couvertes ou milieux non pris en compte par le catalogue dans la ou les régions naturelles                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Catalogue des stations forestières de l'Ardenne primaire                                                                                         | Jacques DRAPIER                      | IFN                            | 1989   | 161             | 08.1                           | Ardenne                       | -                                                                                                                                                        |
| Les stations forestières des crêtes pré-ardennaises                                                                                              | Denis GIRAULT                        | DDAF des Ardenne               | 1985   | 103             | 08.6 et 08.7                   | Ardenne                       | -                                                                                                                                                        |
| Les types de stations forestières de l'Argonne                                                                                                   | Serge MULLER et al.                  | INA PG et CRPF Lorraine-Alsace | 1993   | 164             | 55.5                           | Ardenne, Meuse et Marne       | Certains types stationnels marnais ou ardennais sont peut-être mal échantillonnés.                                                                       |
| Les stations forestières de Champagne humide                                                                                                     | Benrard PINEL                        | AREP                           | 1990   | 450             | 10.5                           | Ardenne, Marne, Aube et Yonne | Toute une zone en Champagne humide centrale (bordure de l'Argonne) n'a pas été traitée. Les vallées (alluvions modernes) n'ont pas été prises en compte. |
| Typologie forestière en vue du réaménagement paysager multifonctionnel de la Champagne crayeuse                                                  | Stéphane THEVENIN                    | GEOGRAM                        | 1996   | 234             | 51.4                           | Ardenne, Marne et Aube        | Les petites vallées de Champagne crayeuse ne sont pas très détaillées                                                                                    |
| Catalogue des stations forestières de la Montagne de Reims, du Tardennois et du Soissonnais de la Marne                                          | Stéphane THEVENIN                    | GEOGRAM                        | 1992   | 360             | 02.2 et 02.3                   | Marne                         | -                                                                                                                                                        |
| Catalogue des types de stations forestières de la Brie champenoise                                                                               | Gilles BAILLY                        | AREP                           | 1992   | 355             | 77.1                           | Marne et Aube                 | -                                                                                                                                                        |
| Les vallées de la Marne, de l'Aube, de la Seine - Le Perthois (typologie des stations ; liaisons station-production)                             | Frédéric LEVY                        | BETF                           | 1990   | 80              | 51.2                           | Marne et Aube                 | Seules les peupleraies ont été prises en compte. Les boisements alluviaux relictuels ne sont pas traités.                                                |
| Les stations forestières du Pays d'Othe                                                                                                          | Denis GIRAULT                        | CEMAGREF                       | 1990   | 174             | 89.3                           | Aube et Yonne                 | -                                                                                                                                                        |
| Typologie des stations forestières de la Champagne sénonaise (incluant la vallée de la Vanne et les vallées sèches et alluviales du Pays d'Othe) | GILBERT et al.                       | CEMAGREF                       | 1997   | 123             | 51.4 (partie) et 89.3          | Aube et Yonne                 | La description des petites vallées de Champagne sénonaise semble convenir pour les petites vallées de Champagne crayeuse.                                |
| Typologie des stations forestières des Plateaux calcaires et de la Vallée oxfordienne                                                            | Jean-Claude RAMEAU<br>Bernard DIDIER | Université de Franche-Comté    | 1985 ? | 414             | 10.6, 52.8, 55.2, 52.6 et 70.2 | Haute-Marne                   | -                                                                                                                                                        |
| Catalogue des stations forestières du Bassingy et de l'Amance-Apance                                                                             | Jean-Claude RAMEAU<br>Bernard DIDIER | Université de Franche-Comté    | 1986   | 352             | 52.3                           | Haute-Marne                   | -                                                                                                                                                        |
| Catalogue des stations forestières du Der et du Perthois haut-marnais                                                                            | Jean-Claude RAMEAU<br>Bernard DIDIER | Université de Franche-Comté    | 1987   | 322             | 10.5 et 51.2                   | Haute-Marne                   | -                                                                                                                                                        |



## Qu'est-ce qu'une station forestière ?

Les arbres forestiers sont intégrés dans leur milieu. Ils dépendent de nombreux facteurs pour leur survie et leur croissance (climat [1], sol [2], sous-sol [3]...).



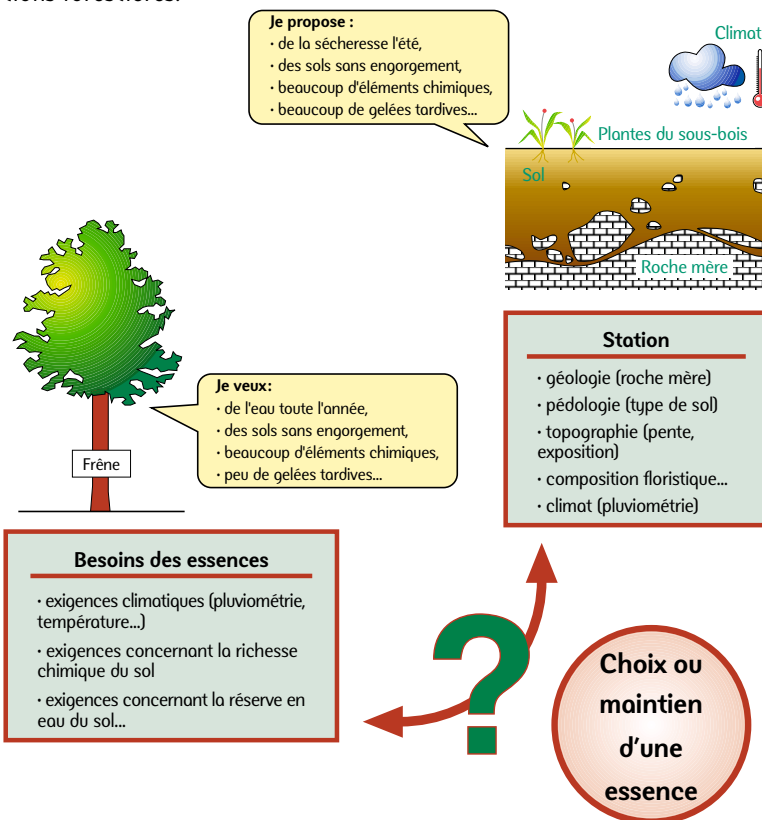
Une **station forestière** est une zone homogène pour ce qui concerne les facteurs de croissance des arbres. Elle est définie par sa topographie, son climat local, son sol, son cortège de plantes du sous-bois...

Par exemple, on peut parler de station de fond de vallon, à sol tourbeux et gorgé d'eau et à végétation herbacée dominée par les grands carex. Dans ce type de station, l'aulne glutineux sera l'essence dominante.

## Pourquoi étudier les stations de sa forêt ?

Un chêne, un épicéa ou un peuplier ne se rencontrent pas dans les mêmes stations. Chaque essence a ses exigences.

Il ne suffit donc pas de connaître les besoins des essences, il faut aussi savoir ce que sa forêt peut faire pousser. Pour cela, il faut étudier les stations forestières.

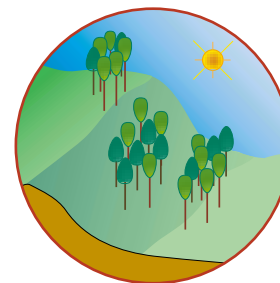


Etudier ses stations, c'est choisir correctement les essences à planter lors d'un **reboisement**, ou à favoriser dans une **régénération naturelle**. C'est aussi mieux raisonner le **choix des arbres** lors du marquage d'une coupe (dosage des essences, qualité des arbres en fonction du sol...).

## Les éléments à prendre en compte sur le terrain

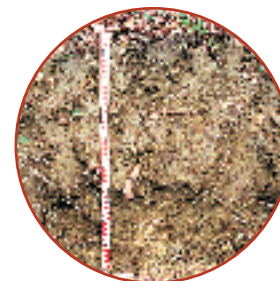
### La topographie et l'exposition

Les pentes et l'exposition sont importantes pour l'alimentation en eau des arbres. Les fonds de vallon sont bien alimentés en eau. Les versants (en particulier ceux exposés au sud) sont plus secs. L'altitude intervient également dans les zones montagneuses.



### Le sol

Les caractéristiques du sol (profondeur, nature des matériaux [argiles, limons, sables], présence de cailloux...) sont fondamentales pour définir une station forestière. Pour connaître le sol, il faut creuser une fosse ou faire un sondage à la tarière.



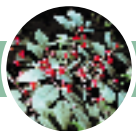
### Les plantes du sous-bois

Les plantes qui poussent en forêt traduisent certaines conditions du milieu (humidité, richesse en sels minéraux du sol...). Connaître ces plantes permet d'avoir rapidement des informations sur la station.



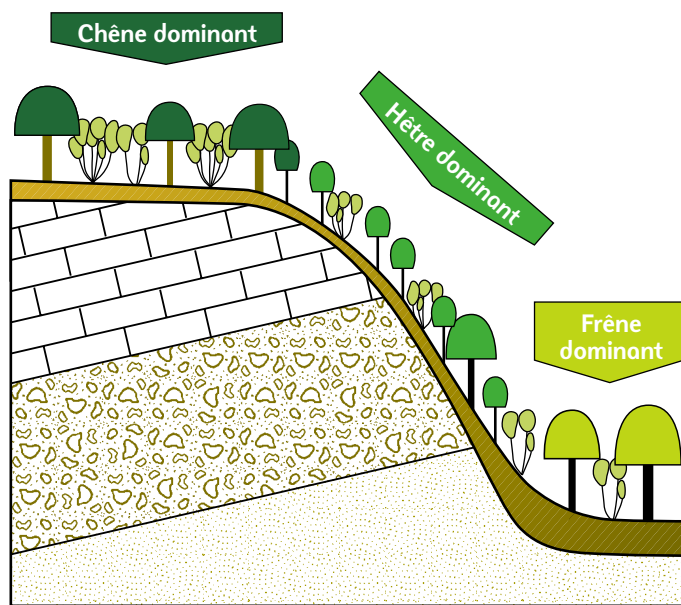
Après avoir recueilli les informations de terrain, le forestier doit faire une **synthèse**. Cette tâche étant difficile, il existe dans de nombreuses régions des **catalogues de stations** ou des **guides pour le choix des essences**. Ces documents aident à reconnaître sur le terrain les stations et indiquent les essences à privilégier.





## Une forêt peut présenter différentes stations

Sur un même site forestier, il est possible de rencontrer des conditions écologiques variées. Les **couches géologiques** peuvent être multiples. L'**exposition**, le **relief** et l'**altitude** peuvent changer. L'épaisseur et la fertilité des **sols** varient également. Des changements importants sont parfois visibles sur quelques dizaines de mètres !



Les conditions de milieu variant, une forêt peut présenter des stations très différentes. Par conséquent, les essences à introduire ou à favoriser ne seront pas identiques sur toute la forêt, voire sur une même parcelle.

Conception et réalisation: CRPF Champagne-Ardenne - SG 2001 - version 1.4.

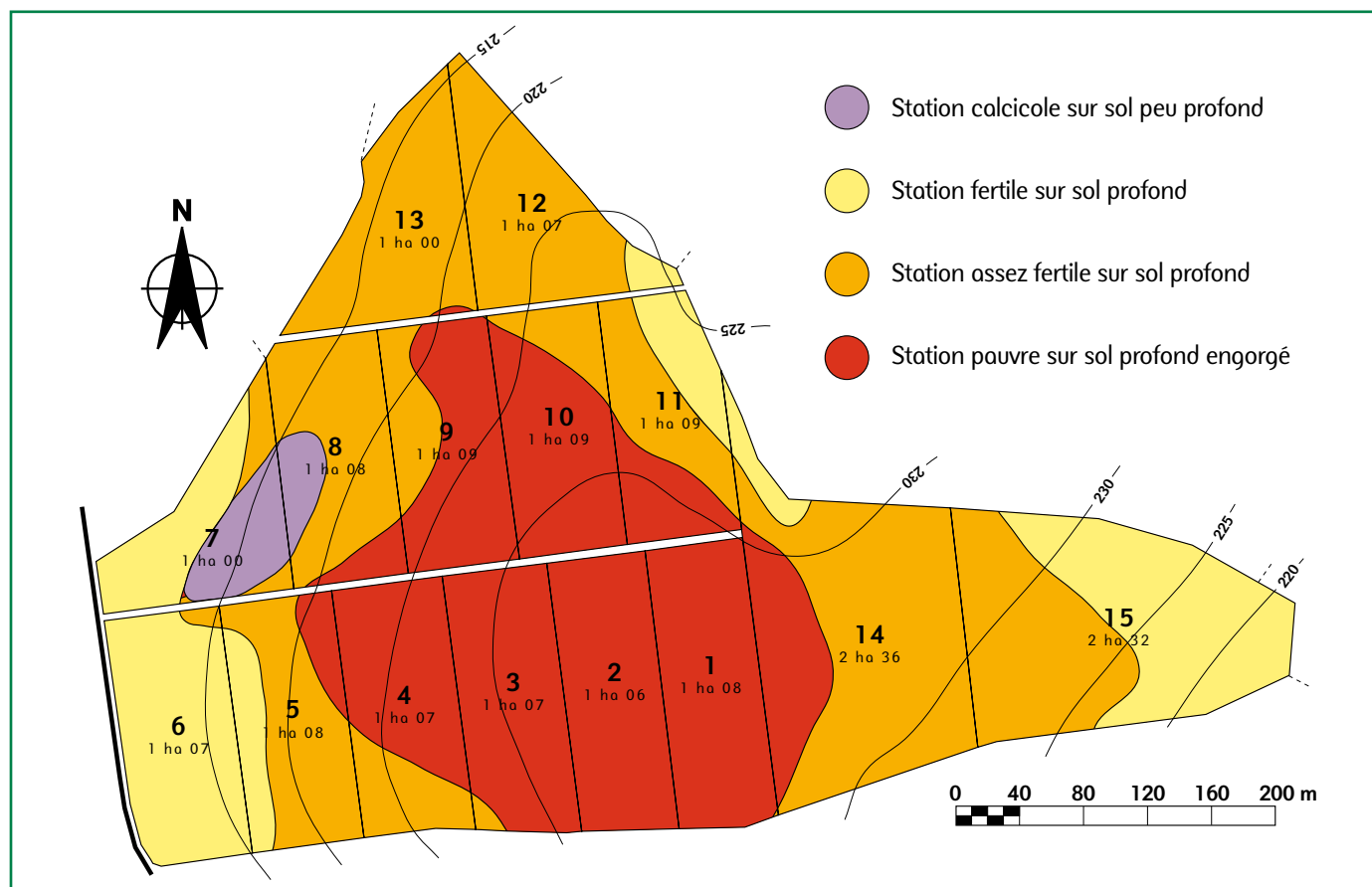
## La cartographie des stations forestières: une étape fondamentale pour connaître sa forêt

Une forêt pouvant porter de nombreux types de stations différents, il faut connaître leur répartition. Pour cela, une **carte des stations** est élaborée. Elle indique les limites des différents types de station. Elle permet d'estimer leur étendue, voire de calculer leur surface.

Outre le **choix des essences** pour d'éventuels **reboisements**, cette carte donne un grand nombre d'informations utiles. Elle permet notamment:

- de nuancer le choix des **essences** lors des **marquages de coupes**,

- de localiser les zones les plus **fertiles** et donc les plus favorables à la production de bois,
- de connaître d'éventuelles **zones écologiquement fragiles** ou sensibles lors de la vidange des bois...



## 7- Etablir un plan simple de gestion



### L'investissement

«rédaction d'un outil (le Plan Simple de Gestion) qui doit conduire à une amélioration de la connaissance, et de la gestion de la forêt. S'il s'agit d'un renouvellement, seules la réalisation de travaux d'amélioration est aidée »



### Les modalités financières

- ☐ subvention en espèce de base représentant :
  - 50 % du coût forfaitaire.

*Ce taux peut être majoré de 10 points :*

- *lorsque les opérations sont réalisées en zones classées au sein du réseau Natura 2000, et si le propriétaire s'est engagé contractuellement dans la mise en œuvre de documents d'objectifs.*



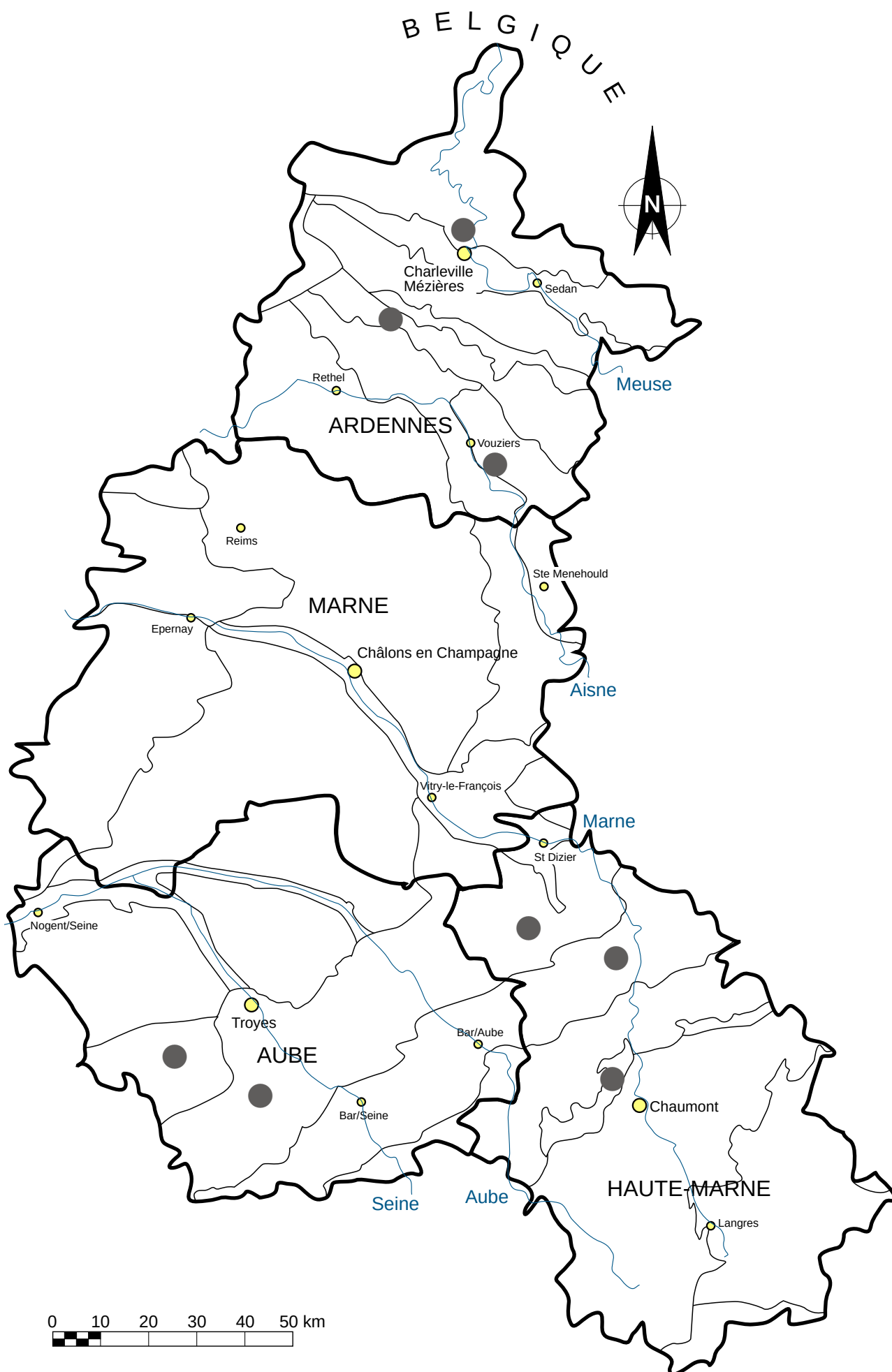
### Les principaux critères techniques

- ☐ L'aide est attribuée si le Plan Simple est établi par un expert ou par un salarié de coopérative agréé.
- ☐ L'ensemble des résultats de synthèse résultant de chaque opération soutenue devra être fourni sous forme de cartes, de tableaux.
- ☐ Les résultats dendrométriques par parcelle devront être fournis si des inventaires ou des typologies de peuplements sont subventionnés.
- ☐ Le PSG doit conduire à une nette amélioration de la gestion de la forêt.



## Les coûts forfaitaires régionaux

|                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |                                                    |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Coût forfaitaire<br>de base / ha,<br><u>Etablissement d'un premier PSG :</u><br>(plan sur fond IGN, plan particulier avec<br>indication des types de peuplements, des<br>routes et pistes, cartographie des enjeux<br>environnementaux si ils existent) |                                    | <b>915 € + 9 €/ha</b><br>plafond à 9150 €          |                                   |
| Options<br>éventuelles                                                                                                                                                                                                                                  | Cartographie des stations          | <b>24 €/ha</b>                                     |                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                         | Cartographie des peuplements       | <b>18 €/ha (2 placettes / ha)</b>                  | <b>24 €/ha (4 placettes / ha)</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                         | Inventaire en plein                | <b>30 €/ha</b><br>plafond à 3 000 €                |                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                         | Inventaire par placette permanente | <b>2440 € pour 100 placettes min.</b> (S > 100 ha) |                                   |



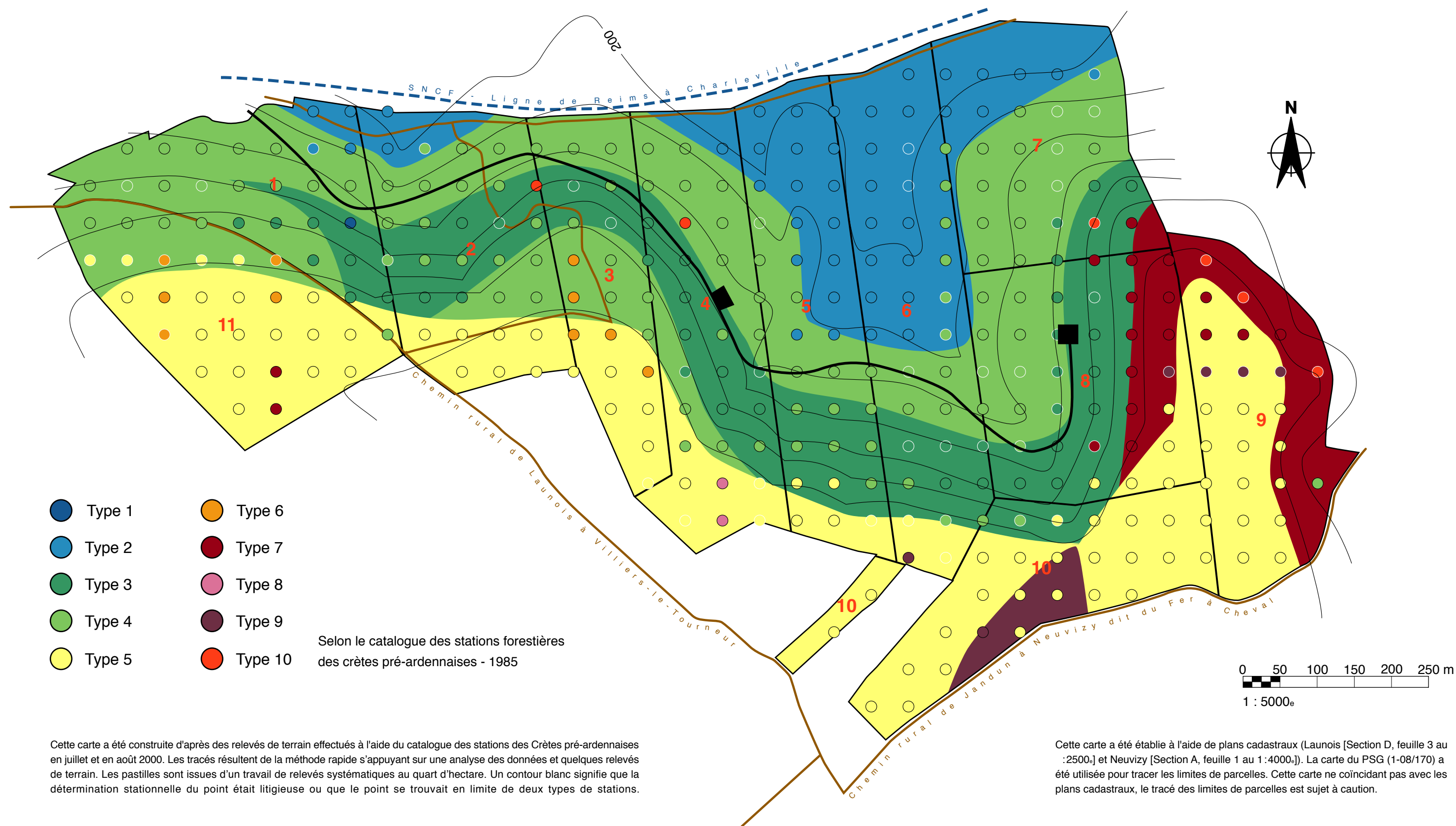
**Annexe VI - Localisation approximative des forêts cartographiées** ●

| Station                                    | 1                                                                             | 2                                                              | 3                                     | 4                                                                            | 5                                                                            | 6                                     | 7                               | 8                                    | 9                                    | 10                                   | 11                                         |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|
| Peuplement                                 | Frênaie<br>Aulnaie                                                            | Frênaie<br>Hêtraie<br>Charmaie                                 | Hêtraie<br>Frênaie<br>Erablaie        | Hêtraie<br>Chênaie<br>Frênaie                                                | Hêtraie<br>Chênaie<br>Frênaie                                                | Hêtraie<br>Chênaie<br>Frênaie         | Hêtraie<br>Chênaie              | Hêtraie<br>Chênaie                   | Hêtraie<br>Chênaie                   | Hêtraie<br>Chênaie                   | Hêtraie<br>Chênaie                         |
| Groupes<br>écologiques<br>principaux       | Hygrophiles<br>Hygro-<br>nitroclines<br>Neuro-<br>nitroclines<br>Neutrophiles | Hygro-<br>nitroclines<br>Neuro-<br>nitroclines<br>Neutrophiles | Neuro-<br>nitroclines<br>Neutrophiles | Hygro-<br>nitroclines<br>Calcicoles<br>Neuro-<br>nitroclines<br>Neutrophiles | Hygro-<br>nitroclines<br>Calcicoles<br>Neuro-<br>nitroclines<br>Neutrophiles | Neuro-<br>nitroclines<br>Neutrophiles | Neutrophiles<br>Acidoclines     | Neutrophiles<br>Acidoclines          | Neutrophiles<br>Acidoclines          | Neutrophiles<br>Acidoclines          | Neutrophiles<br>Acidoclines<br>Acidiphiles |
| Groupes<br>écologiques<br>secondaires      | Calcicoles                                                                    | Calcicoles                                                     | Hygro-<br>nitroclines                 | -                                                                            | -                                                                            | Hygro-<br>nitroclines<br>Calcicoles   | -                               | Neuro-<br>nitroclines<br>Acidiphiles | Neuro-<br>nitroclines<br>Acidiphiles | Neuro-<br>nitroclines<br>Acidiphiles | -                                          |
| Type de sol                                | Gley                                                                          | Sol colluvial                                                  | Sol colluvial                         | Sol colluvial<br>brunifié                                                    | Sol brun<br>lessivé<br>marmorisé                                             | Sol brun<br>lessivé<br>marmorisé      | Sol peu<br>évolué de<br>plateau | Sol brun<br>lessivé<br>marmorisé     | Sol brun<br>lessivé à sol<br>lessivé | Sol colluvial                        | Sol colluvial                              |
| Forme d'humus                              | Hydromull                                                                     | Mull eutrophe à mésotrophe                                     |                                       |                                                                              |                                                                              |                                       | Mull acide                      |                                      |                                      | Mull acide Mull-moder                |                                            |
| pH horizon A1                              | 5 à 6                                                                         | 4 à 6,5                                                        | 5 à 6                                 | 5 à 6,5                                                                      | 5 à 6,5                                                                      | 5 à 6,5                               | 4 à 5                           | 4 à 5                                | 4 à 5                                | 4 à 5                                | 4                                          |
| S/T horizon A1                             | 45 à 80                                                                       | 45 à 90                                                        | 45 à 80                               | 45 à 90                                                                      | 45 à 90                                                                      | 20 à 35                               | 20 à 35                         | 20 à 35                              | 20 à 35                              | 20 à 25                              | 20 à 25                                    |
| Substrat                                   | Alluvions                                                                     | Colluvions<br>plus ou moins<br>épais                           | Colluvions<br>(éboulis)               | Colluvions de<br>gaize et argile                                             | Limon, argile,<br>marne                                                      | Limon, argile,<br>calcaire            | Gaize                           | Limon, argile                        | Limon épais                          | Colluvions<br>limons et<br>gaize     | Colluvions<br>limons et<br>gaize           |
| Topographie                                | Fond de<br>vallon                                                             | Bas de pente                                                   | Versant                               |                                                                              | Plateau                                                                      |                                       |                                 |                                      |                                      | Versant                              |                                            |
| Exposition                                 | -                                                                             | -                                                              | Nord (voire<br>Sud-Est ou<br>Ouest)   | Nord, Est ou<br>Ouest                                                        | -                                                                            | -                                     | -                               | -                                    | -                                    | Nord, Est ou<br>Ouest                | Sud                                        |
| Caractéristique<br>écologique<br>dominante | Hygrophiles                                                                   | Méso-<br>hygrophile                                            | Méso-neutrophile                      |                                                                              |                                                                              |                                       | Acidocline                      |                                      |                                      |                                      | Acidiphile                                 |

**Annexe VII :** Tableau synoptique des types de stations de la Crête oxfordienne (d'après Girault, 1985)

# Carte des stations

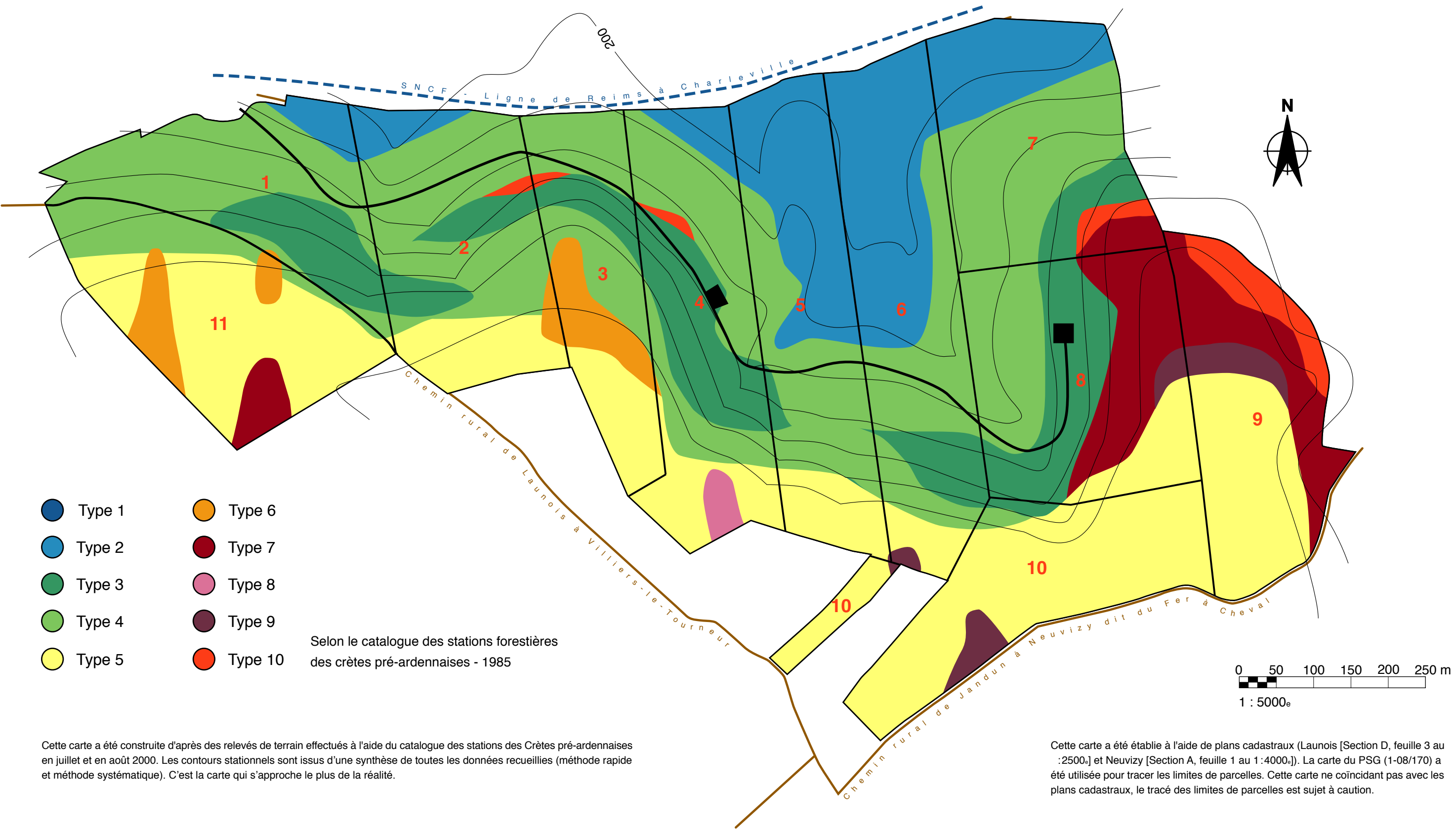
Comparaison méthode rapide et méthode  
systématique





# Carte des stations

Synthèse définitive

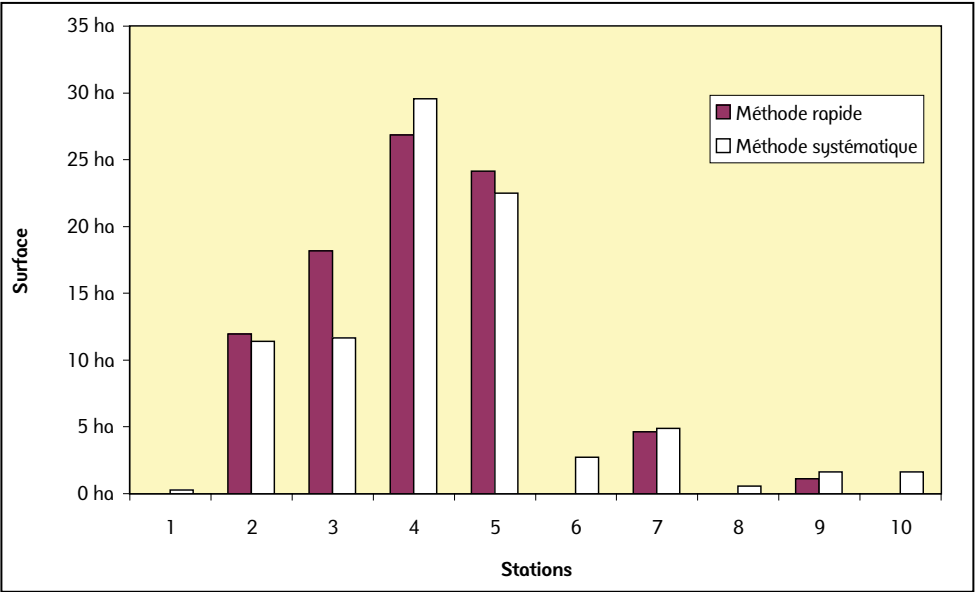


| Forêt                    | Surface | Description du milieu naturel                                        |                         |                                                                                                |                             |                                          | Méthode de vérification                                                                            | Nombre de types de stations (total) | Indices permettant de mieux cerner la qualité de la cartographie rapide |                                                                                              |                                                                                                   |                                                                               |
|--------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                          |         | Région naturelle<br>Département                                      | Auteur du catalogue     | Topographie - altitude                                                                         | Nombre d'étages géologiques | Présence de buttes                       |                                                                                                    |                                     | Indice de bonne superposition                                           | Concordance des types rencontrés                                                             | Zones oubliées ou rajoutées                                                                       | Comparaison des surfaces                                                      |
| Forêt de Pierrepont      | 87 ha   | Seconde crête ardennaise (IFN 08.7)<br>Ardennes                      | Girault (1985)          | Relief assez marqué (plateau, versant nord, bas de versant). Altitude : 200 à 260 m            | 3                           | 2                                        | Parcours systématique selon un maillage de 50 sur 50 m                                             | 10<br>(11 sur la Crête oxfordienne) | 73 %                                                                    | Moyenne (trois types de station minoritaires ont été oubliés lors de la cartographie rapide) | 11 zones de petite taille ont été oubliées lors de la cartographie rapide.                        | ••                                                                            |
| Forêt de la Cayffarde    | 80 ha   | Champagne humide (IFN 10.5)<br>Aube                                  | Pinel (1990)            | Relief peu marqué, altitude voisine de 150 m                                                   | 4                           | 3 buttes très peu marquées               | Parcours systématique selon un maillage de 100 sur 100 m                                           | 4<br>(13 dans la clef limon)        | 80 %                                                                    | Très bonne (tous les types de stations présents ont été échantillonnés)                      | Aucune                                                                                            | ••                                                                            |
| Forêt de la Belle Jeanne | 115 ha  | Pays d'Othe (IFN 89.3)<br>Aube                                       | Girault (1990)          | Relief marqué (plateau, versant et bas de versant). Altitude : 225 à 280 m.                    | 4                           | 3 buttes très marquées                   | Parcours systématique selon un maillage de 100 sur 100 m                                           | 7<br>(22)                           | 89 %                                                                    | Très bonne (tous les types de stations présents ont été échantillonnés)                      | Aucune                                                                                            | •••                                                                           |
| Forêt de la Havetière    | 164 ha  | Ardenne primaire (IFN 08.0)<br>Aube                                  | Drapier (1989)          | Relief marqué (plateau, versant et fond de vallon). Altitude : 250 à 320 m.                    | 3                           | 2 buttes marquées, 2 autres peu marquées | Parcours systématique selon un maillage de 50 sur 50 m                                             | 8<br>(22)                           | 93 %                                                                    | Très bonne (tous les types de stations présents ont été échantillonnés)                      | 3 zones de petite taille ont été oubliées lors de la cartographie rapide.                         | •••                                                                           |
| Bois de l'Allemont       | 34 ha   | Plateaux calcaires (plateau des Bars-Nord) (IFN 10.6)<br>Haute-Marne | Rameau et Didier (1985) | Relief peu marqué, altitude : 295 à 340 m                                                      | 1                           | 3 buttes très peu marquées               | Parcours systématique selon un maillage de 50 sur 50 m                                             | 4<br>(36)                           | 87 %                                                                    | Très bonne (tous les types de stations présents ont été échantillonnés)                      | Aucune                                                                                            | ••                                                                            |
| Forêt du Petit Ban       | 56 ha   | Argonne (IFN 55.5)<br>Ardennes                                       | Muller et al. (1993)    | Relief assez marqué (plateau, versant et fond de vallon). Altitude comprise entre 90 et 150 m. | 3                           | 2 buttes très peu marquées               | Parcours systématique selon un maillage de 100 sur 50 m                                            | 5<br>(20)                           | 90 %                                                                    | Très bonne (tous les types de stations présents ont été échantillonnés)                      | Aucune                                                                                            | ••                                                                            |
| Forêt de Marnesse        | 300 ha  | Champagne humide (Der) (IFN 10.5)<br>Haute-Marne                     | Rameau et Didier (1987) | Relief peu marqué, altitude : 150 à 200 m                                                      | 4                           | 6 buttes très peu marquées               | Comparaison avec les résultats obtenus par des étudiants de l'ENGREF lors d'un projet (60 points). | 11<br>(27)                          | 30 % (65 %)                                                             | Faible, mais les deux méthodes ont été pratiquées par des équipes différentes                | Assez nombreuses, mais il n'existe pas de cartographie de référence.                              | Elle n'a pas été réalisée sur cette forêt, faute d'une vérification complète. |
| Bois de la Voivre        | 200 ha  | Vallée oxfordienne [Woèvre et annexes] (IFN 55.2)<br>Haute-Marne     | Rameau et Didier (1985) | Relief peu marqué, altitude : 250 à 270 m                                                      | 2                           | 2 buttes très peu marquées               | Parcours systématique selon un maillage de 100 sur 50 m                                            | 8<br>(10)                           | 70 %                                                                    | Moyenne (trois types de station ont été oubliés lors de la cartographie rapide)              | 8 zones de petite taille (surface cumulée voisine de 9 ha) ont été oubliées par la méthode rapide | •                                                                             |

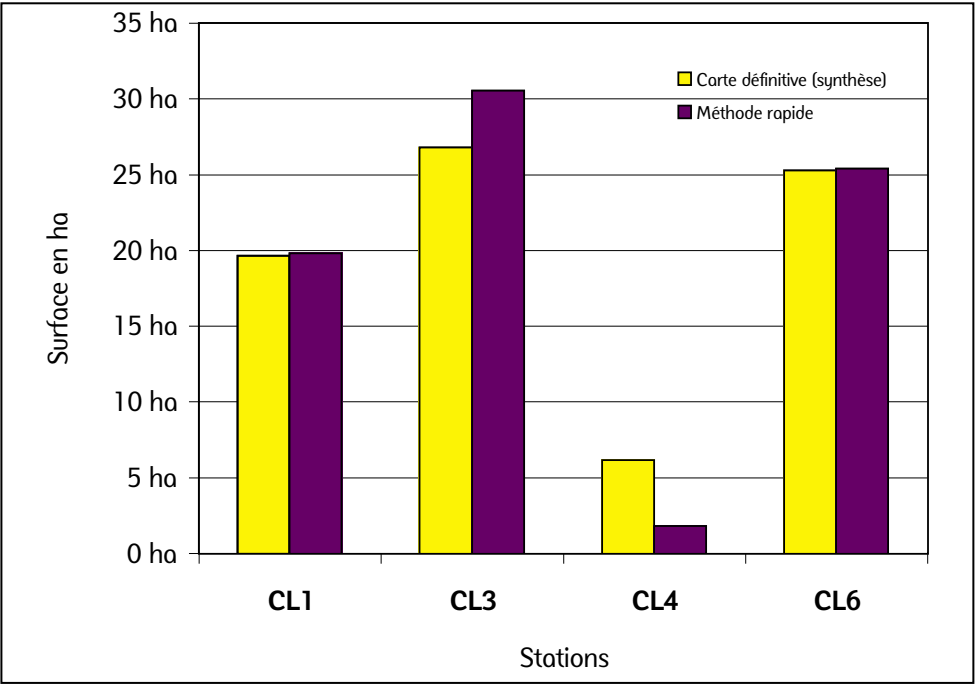
Annexe X : Tableau résumant les résultats obtenus sur les forêts cartographiées

Annexe XI : Comparaison des surfaces obtenues en cartographie rapide et en cartographie systématique pour les différents dispositifs

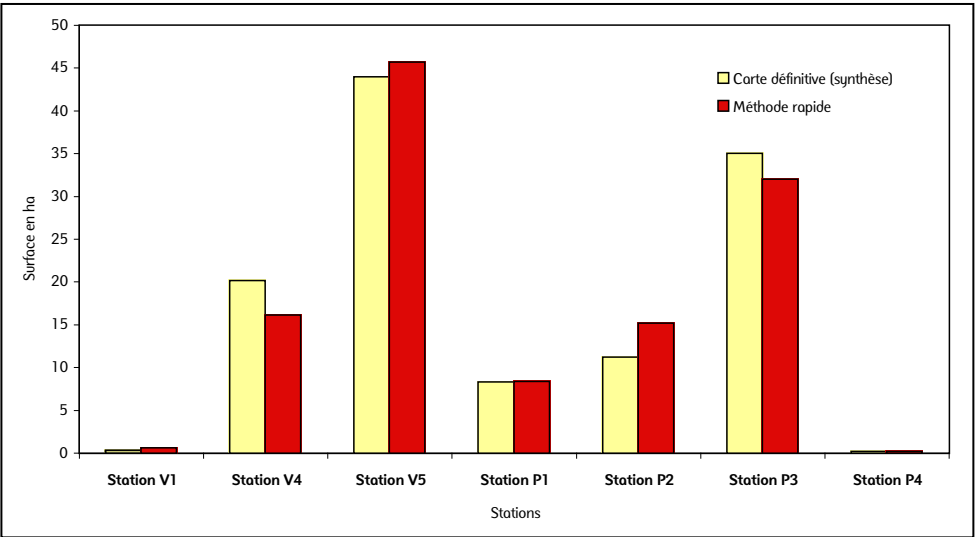
Forêt de Pierrepont



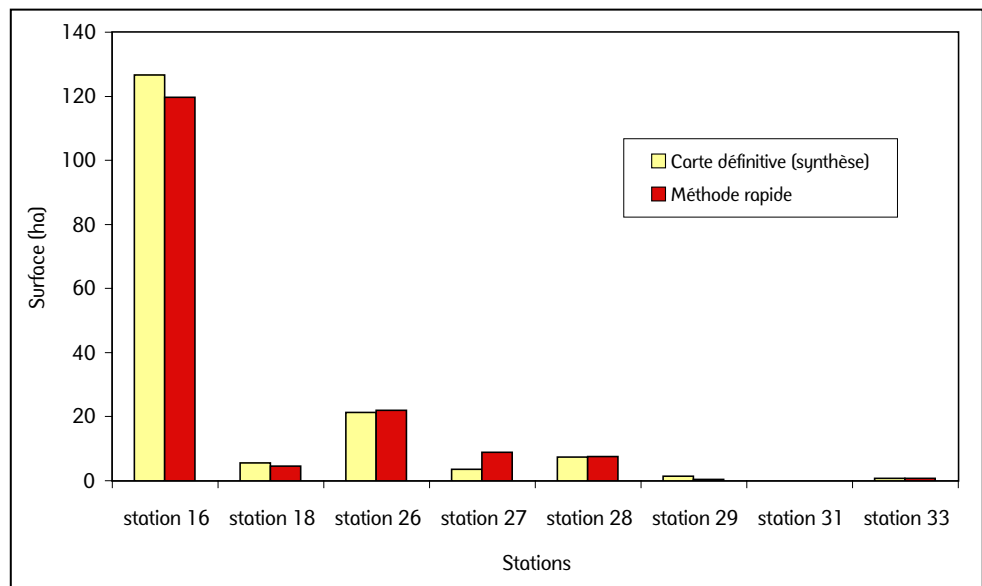
Forêt de la Cayffarde



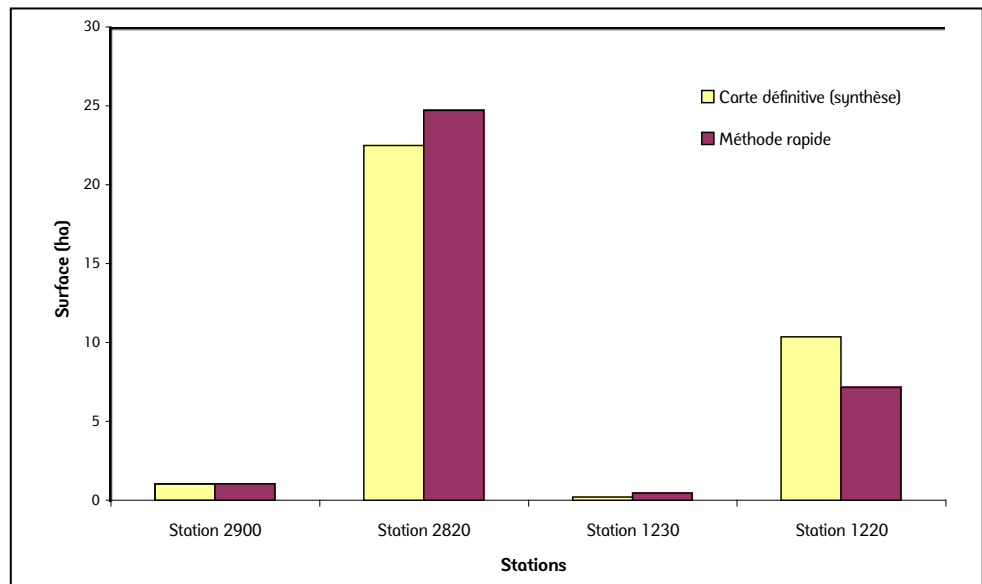
Forêt de la Belle Jeanne



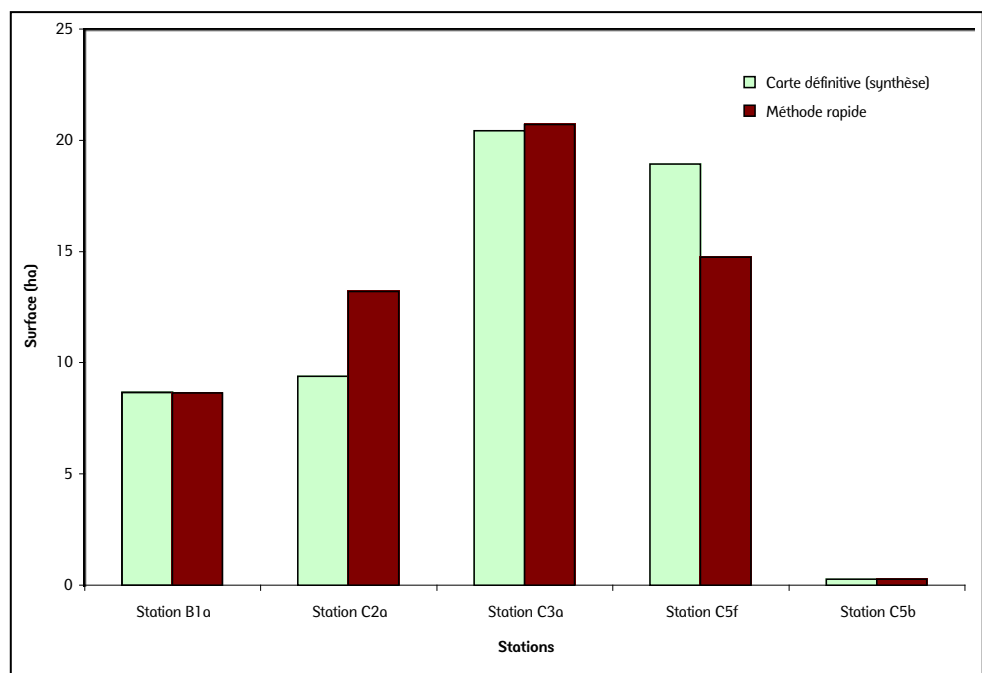
*Forêt de la Havetière*



*Bois de l'Allemont*



*Forêt du Petit Ban*



Bois de la Voivre

