

Mise au point d'un modèle cartographique pour la description des stations forestières en Ardenne belge

Hugues Claessens, Philippe Lejeune, Mélanie Cuvelier, Axelle Dierstein, Jacques Rondeux

Unité de Gestion et Économie forestières. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux (Belgique).

Reçu le 19 juin 2002, accepté le 5 septembre 2002.

L'article présente une méthode originale permettant l'identification automatisée des types de station ou unités géomorphopédologiques. Elle intègre une clé typologique dans un système d'information géographique (SIG), de manière à produire une couche cartographique décrivant les différents types de station. Les données de base utilisées pour produire cette carte thématique sont la Carte des sols de la Belgique, digitalisée au 1/20.000^e, et un modèle numérique de terrain (MNT) construit en utilisant les courbes de niveau digitalisées au départ de la carte topographique au 1/10.000^e. La clé typologique s'inspire de la démarche développée dans le catalogue des stations d'Ardenne centrale publié en 1988 par Thill *et al.*, dans la carte de végétation potentielle de Sougnez et Dethioux (1975) et dans la carte des territoires écologiques de Delvaux et Galoux (1962). Les types de station définis sont, par construction, étroitement liés aux familles de sols de la carte des sols et aux syntaxons de la classification phytosociologique. Ils sont ensuite mis en relation avec le Guide du boisement et plusieurs études phytosociologiques et autécologiques réalisées en Région wallonne pour différentes essences forestières. Il est de ce fait possible de cartographier également des niveaux d'aptitude pour ces essences ou encore les habitats potentiels correspondant aux types de station. La clé typologique est valable pour l'Ardenne belge. Elle doit faire l'objet d'une validation sur le terrain, tenant compte des niveaux d'imprécision liés à la nature des données sur lesquelles elle s'appuie. L'intégration de cet outil dans un SIG ouvre des perspectives novatrices dans une démarche d'aménagement forestier intégré et peut jouer un rôle déterminant dans la phase de prospection et d'analyse des sites désignés pour le projet NATURA 2000 initié par l'Union Européenne.

Mots-clés. Forêt, géomorphopédologie, cartographie, habitat, SIG, aménagement forestier, NATURA 2000, catalogue des stations, Belgique.

Development of a cartographic model for the forest site types delineation in the Belgian Ardenne. The paper presents an original method dealing with the forest site types delineation. The suggested method consists in integrating a typological key in a GIS aiming at producing a thematic map that describes forest site types. Data used are the soil map of Belgium (digitized at the scale 1:20,000) and a digital elevation model built from a topographic map (scale 1:10,000). The typological key is mainly based on the methodology used by Thill *et al.* (1988) in the site types system for central Ardenne, the potential vegetation map of Sougnez and Dethioux (1975) and the ecoregion map of Delvaux and Galoux (1962). In that respect, site types are closely linked to the soil map and the phytosociological classification. So, they can be connected to the afforestation guide and different phytosociological and autecological studies concerning forest species. It is then possible to map the potential habitats or the site potentialities related to tree species. The key is valid for the Ardenne ecoregion located in Southern Belgium (elevation higher than 300 m). It has to be validated through an intensive use in the field, taking into account its imprecision linked to the types of collected data, chiefly those being digitized. The integration of such a tool in a SIG can be considered as an original way in terms of integrated forest management or forest sites description in the context of the project "Natura 2000" launched by the European Union. The study has been carried out within the framework of an experimental integrated management project concerning the Saint-Hubert forest (17,000 ha).

Keywords. Forest, mapping, habitats, GIS, forest management, NATURA 2000, site classification, Belgium.

1. INTRODUCTION

L'identification des stations¹ constitue une des étapes fondamentales de l'élaboration des aménagements forestiers. Cette étape est particulièrement délicate à négocier dans les aménagements modernes, qualifiés d'intégrés ou encore de multifonctionnels, car elle concerne autant les sensibilités du milieu (érosion, podzolisation, pollution, etc.) que sa productivité ou sa valeur d'habitat potentielle.

Les écologues ont de longue date cherché à développer des outils leur permettant de mieux appréhender et décrire le milieu. Une série d'outils ont ainsi été développés, selon diverses méthodologies adaptées à des niveaux de perception différents et surtout marquées par la sensibilité de leurs auteurs, tantôt phytosociologues, tantôt pédologues ou encore zoologistes, et plus récemment, dans le cas des catalogues de stations, pluridisciplinaires.

Le développement fulgurant des systèmes d'information géographique (SIG) au cours de la dernière décennie, permet d'envisager sous un angle nouveau la valorisation des outils d'analyse stationnelle, tant au plan de l'intégration des différentes approches rendues possible par la souplesse des outils d'analyse, que de l'échelle d'application (possibilité de considérer des surfaces très importantes à une échelle très fine).

Ainsi, grâce aux nouvelles possibilités offertes par les SIG, il est aujourd'hui possible de mettre en œuvre à grande échelle des outils aussi efficaces que le concept de végétation naturelle potentielle (Sougnez, Dethioux, 1975) ou encore la clef de diagnostic des stations du Guide du boisement (Weissen *et al.*, 1994) qui sont restés relativement peu utilisés jusqu'à présent dans le cadre des aménagements forestiers.

La première étape a consisté à construire, à partir des nombreuses études existantes, un catalogue des stations assorti d'une clef de détermination des types (ou clef typologique).

Les types de station du catalogue correspondent à des unités géomorphologiques, et sont définis à partir de l'expertise de terrain et des nombreuses études stationnelles portant sur la zone d'étude.

La clef typologique, utilisant exclusivement les informations cartographiques de la carte des sols de la Belgique au 1:20.000^e et de la carte topographique au 1:10.000^e, a ensuite été incorporée dans un SIG afin de produire de manière automatisée des cartes des stations.

D'un point de vue méthodologique la construction du catalogue s'appuie donc essentiellement sur des descripteurs abiotiques du milieu, mais une correspon-

dance est proposée *a posteriori* avec les syntaxons climatiques de la classification phytosociologique des forêts belges en s'inspirant de la méthodologie de Sougnez et Dethioux (1975).

Le système étant aussi enrichi des connaissances disponibles sur l'aptitude des différentes essences forestières et sur la qualité biologique potentielle des habitats, différentes cartes thématiques de grand intérêt pour les aménagements intégrés ont pu être produites.

2. CADRE DE L'ÉTUDE

Cette étude s'inscrit dans le cadre du Projet de Gestion intégrée du massif forestier de Saint-Hubert (PGISH) mis en œuvre par la Division générale des Ressources naturelles et de l'Environnement de la Région wallonne (DGRNE) et auquel l'Unité de Gestion et Économie forestières de la FUSAGx apporte un appui scientifique *via* divers développements méthodologiques. Le projet, situé à cheval sur 5 communes de la province de Luxembourg (sud de la Belgique), couvre une superficie totale de 21.000 ha, dont 80 % en zone forestière. Près de la moitié de ces forêts, soit 10.161 ha, appartiennent à des propriétaires publics qui sont majoritairement des communes (**Figure 1**). La taille moyenne des propriétés est de 725 ha, 3 d'entre elles dépassant les 1.500 ha. Initié en 1998, ce projet a notamment pour objectif la refonte des aménagements forestiers couvrant les forêts publiques de la zone d'étude, en adoptant une démarche multi-acteurs et en visant des objectifs multifonctionnels (vocations écologique, économique et sociale).

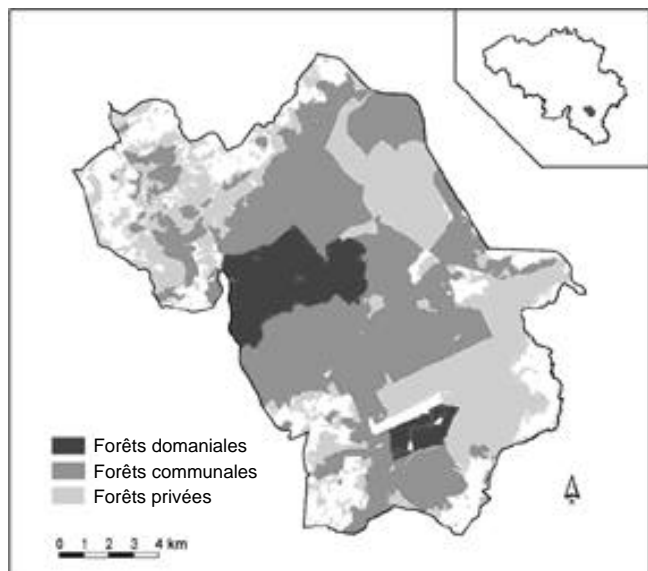


Figure 1. Cartographie des types de propriétés forestières pour la zone d'étude — *Map of the forest ownership for the study area.*

¹ Station: étendue de terrain de superficie variable, homogène dans ses conditions physique et biologique (Delpéch *et al.*, 1985).

La zone d'étude est située presque exclusivement en Ardenne. Elle s'étend du haut plateau (580 m) aux fonds de vallées (220 m) (**Figure 2a**). Elle est majoritairement constituée (près de 90 %) de sols bruns acides dérivés des roches mères siliceuses du dévonien, couverts par une forêt principalement feuillue et dans l'ensemble assez âgée. Le plateau contient de larges plages (un peu moins de 20 %) de sols hydromorphes et oligotrophes ("argiles blanches") occupés principalement par une pessière particulièrement sensible aux chablis de vent. Le territoire est aussi parsemé de fonds de vallées et de zones humides d'un grand intérêt biologique (aulnaies, érablaies, boulaies tourbeuses, landes humides, tourbières, carrières, etc.) nécessitant l'instauration d'une gestion spécifique (**Figure 2b**).

3. MATÉRIEL

3.1. Données disponibles

Un grand nombre de données descriptives sont disponibles, sous forme cartographique, pour la zone d'étude. Celles qui se sont avérées utilisables (couverture complète de la zone, échelle pertinente) dans le cadre du modèle développé ont été rassemblées au sein d'un SIG. Le **tableau 1** dresse la liste des informations cartographiques présentant un intérêt pour la construction du catalogue des stations.

Tableau 1. Principales caractéristiques des données cartographiques présentant un intérêt pour la construction du catalogue des stations — *Main characteristics of the cartographic data of interest for the elaboration of the forest site types system.*

Dénomination	Échelle	Couverture de la zone	Auteurs
Carte topographique	1:10.000	Complète	IGN
Carte des Sols de Belgique	1:20.000	Complète	IRSIA
Carte de végétation	1:20.000	Incomplète	IRSIA
Carte de la végétation potentielle	1:20.000	Incomplète	IRSIA, non publiée
Carte des territoires écologiques	1:100.000	Complète	Delvaux, Galoux, 1962

La **carte topographique** au 1:10.000^e de l'Institut Géographique National (IGN) a été utilisée pour digitaliser les courbes de niveau. Celles-ci ont permis de construire un modèle numérique de terrain permettant de dériver des classes d'altitudes, une carte des pentes, et une carte des expositions. Ces dernières peuvent être traduites en une carte des sous-secteurs tels que définis par Delvaux et Galoux (1962) : le sous-secteur froid reprend les zones de pente

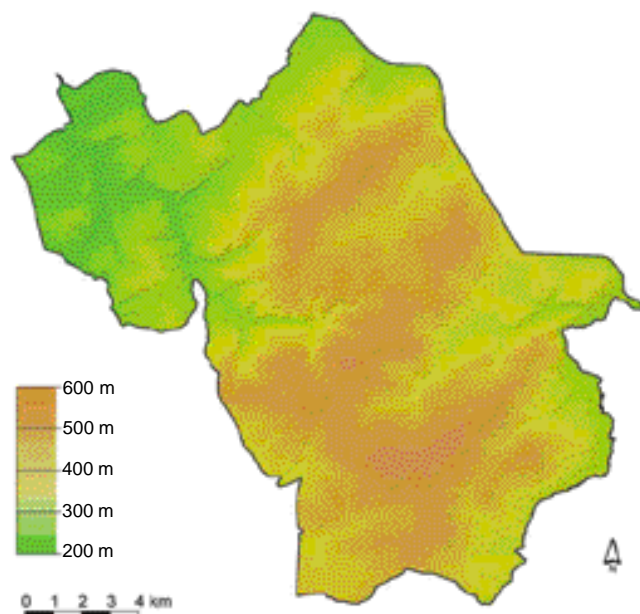


Figure 2a. Représentation du modèle numérique de terrain (MNT) pour la zone d'étude — *Representation of the digital elevation model (DEM) for the study area.*

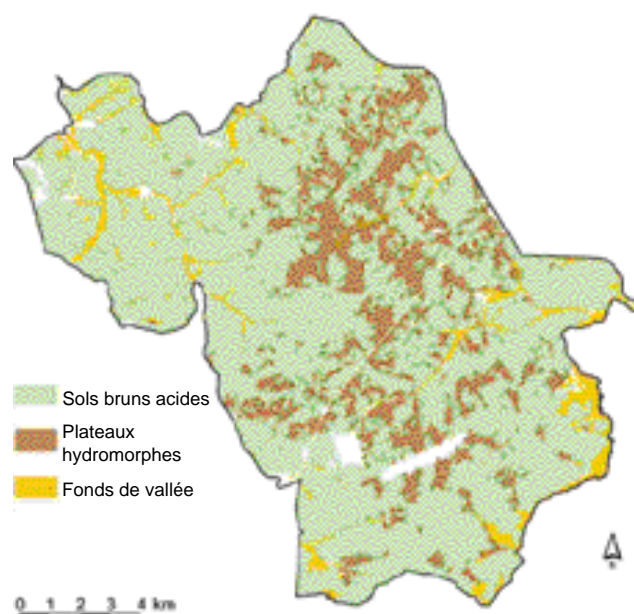


Figure 2b. Principaux types de milieux pour la zone d'étude — *Map of the main site types for the study area.*

supérieure à 12° et d'orientation nord comprise entre 110° et 290° ainsi que les fonds de vallée encaissés. Le sous-secteur chaud est opposé au sous-secteur froid et le sous-secteur principal est constitué des zones dont la pente n'excède pas 12°.

La carte des sols de la Belgique, éditée au 1:20.000^e par l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (IRSIA), utilise un système de classification des sols très précis (Avril, 1987) qui présente d'étroites similitudes avec le concept d'unité géomorphologique. La codification de cette carte a d'ailleurs été adoptée dans la plupart des études autécologiques (voir plus loin). Cette carte constitue de ce fait une base incontestable pour les études de stations.

La carte des territoires écologiques, mise au point par Delvaux et Galoux (1962), s'appuie sur des paramètres qui sont à la base de tous les catalogues de stations, pour aboutir à une classification hiérarchique des territoires écologiques du Sud-Est belge. Le niveau du secteur, division caractérisée par un ensemble géomorphologique et climatique relativement uniforme, peut être utilisé pour caractériser le climat à l'échelle locale, tandis que le sous-secteur précise le microclimat stationnel induit par la topographie. Levée à l'échelle du 1:100.000^e, cette carte ne peut intervenir directement comme source d'information dans l'élaboration du catalogue des stations. Cependant les concepts de secteur et sous-secteur développés par Delvaux et Galoux peuvent être valorisés par l'intermédiaire du modèle numérique de terrain évoqué précédemment. En outre, la carte des secteurs peut être utilisée pour préciser la zone de validité du catalogue.

La carte de végétation (Thill, 1956 ; 1957 ; Sougnez, Thill, 1959 ; 1961) et la **carte de végétation naturelle potentielle**² (Sougnez et Dethioux, 1975) ont toutes deux été levées au 1:20.000^e. Le contenu de ces cartes correspond assez bien aux objectifs de la présente étude. En effet, comme l'ont montré Sougnez et Dethioux (1975), les unités syntaxonomiques cartographiées sont en bonne correspondance avec des unités géomorphopédologiques identifiables. Qui plus est, la qualité biologique des habitats et les potentialités des essences forestières sont bien définies pour chaque syntaxon. Une bonne correspondance a aussi été établie avec le catalogue des stations de l'Ardenne centrale (Thill *et al.*, 1988). La carte de végétation naturelle potentielle présente même le grand intérêt d'être utilisable dans les zones enrésinées

ou même cultivées. Ces cartes présentent toutefois des inconvénients majeurs qui limitent leur utilisation dans le contexte actuel : 1) elles ne sont pas disponibles pour l'ensemble de la zone d'étude et encore moins pour la Wallonie et 2) elles sont basées sur des relevés de terrain, très abondants dans le cas de la carte de végétation, plus limités dans le cas de la carte de végétation naturelle potentielle. Quant à cette dernière, sa méthodologie de construction, faisant largement appel aux cartes pédologiques et topographiques, n'est pas clairement définie.

3.2. Outils de diagnostic stationnel existants

De nombreux outils d'analyse et de diagnostic des stations ont été spécifiquement développés pour la zone d'étude ou lui sont applicables. Selon les cas, ils répondent aux objectifs d'analyse des stations, de diagnostic des potentialités de production de bois ou d'évaluation de la qualité des habitats. Aucun, toutefois, ne réalise une synthèse qui corresponde exactement à l'objectif poursuivi dans les aménagements forestiers intégrés et qui soit transposable sous la forme d'un modèle cartographique exploitable au niveau du SIG.

Le catalogue des stations de l'Ardenne centrale. Ce catalogue, développé par Thill *et al.* (1988), s'applique particulièrement à la zone d'étude dans laquelle il a été partiellement conçu. Il synthétise de façon remarquable les informations sur les potentialités des stations en termes de production de bois, de sylviculture et de qualité biologique. Sa précision est excellente et dépasse même les exigences de notre étude. Il est en bonne liaison avec la carte des sols et la carte topographique, mais demande cependant une analyse plus locale de la flore ou au moins de caractéristiques pédologiques non renseignées par la carte des sols, essentiellement le pH et le type d'humus.

Le fichier écologique des essences et le Guide du boisement. Le fichier écologique des essences (Weissen, 1991) se présente sous la forme de fiches précisant pour chaque essence les facteurs climatiques, géomorphologiques et édaphiques limitant son bon développement. Les facteurs climatiques sont renseignés par l'intermédiaire des territoires écologiques de Delvaux et Galoux (1962). L'énoncé des facteurs limitants est complété par un tableau des facteurs de compensation identifiant, par territoire écologique, les interactions entre facteurs limitants.

Quant au guide du boisement (Weissen *et al.*, 1994), il permet de positionner la station observée dans un diagramme écologique utilisant une triple clef de différenciation basée sur des échelles hydrique, trophique et climatique.

² Au sens de la végétation climacique potentielle dans sa phase de maturité.

Ces documents sont tout à fait adaptés à une utilisation ponctuelle sur le terrain après y avoir relevé les différents paramètres nécessaires (altitude, territoire écologique, topographie, pédologie). Par contre, leur utilisation dans le cadre d'une cartographie automatisée *ex situ* souffre de l'absence, sur le support cartographique, de certaines données essentielles et ne peut donc s'envisager sans une perte d'information importante :

- le pH du sol (nécessitant une mesure précise au 1/10^e d'unité près) auquel il fait référence n'est pas disponible sur support cartographique ;
- les mécanismes de compensation et de tolérance résultant de la combinaison de plusieurs facteurs stationnels n'ont, à ce jour, pas pu être intégrés de manière satisfaisante dans un algorithme permettant leur application par voie informatique ;
- les modèles numériques de terrain disponibles actuellement ne se sont pas révélés suffisamment précis pour caractériser les différentes conditions d'apport d'eau qui sont nécessaires à la détermination des niveaux hydriques.

3.3. Études autécologiques

Les études autécologiques constituent des compléments indispensables aux outils qui viennent d'être cités, dans la mesure où elles permettent d'établir les relations station X production pour les principales essences cultivées. Plusieurs études autécologiques récentes sont applicables au territoire ardennais, certaines d'entre elles faisant explicitement référence aux catalogues de stations mentionnés précédemment. Ces études concernent le hêtre (Thill *et al.*, 1988), les chênes indigènes (Gruselle, 2002), les bouleaux (Fourbisseur, 2001), l'érable sycomore (Villeval, 2001), l'aulne glutineux (Claessens, 1999), l'épicéa commun (Rondeux, Thill, 1989), le douglas (Claessens *et al.*, 1996) et les mélèzes (Claessens *et al.*, 2002).

4. MÉTHODE

4.1. Définition des unités stationnelles

L'information décrivant la zone d'étude est riche et de bonne qualité. Sa valorisation au sein d'un SIG pose cependant plusieurs problèmes en relation avec la disponibilité des données. En effet, dans son principe, le Catalogue des stations de l'Ardenne centrale présente la meilleure définition des stations, il n'est cependant pas utilisable dans une démarche automatisée car il nécessite des mesures de terrain. De même, l'approche basée sur la végétation naturelle potentielle correspond le mieux aux objectifs de l'étude, mais sa validation par des relevés de terrain

constitue un obstacle au développement d'un modèle cartographique.

Toutefois, en reprenant les principes de construction de la carte de végétation naturelle, à savoir sa liaison étroite avec la carte des sols, la carte topographique et le concept de territoires écologiques, il est possible d'établir un modèle de diagnostic stationnel manipulable par le SIG (**Figure 3**). À l'aide d'un algorithme (ou clé typologique : **figure 4**) basé sur une interprétation des informations dérivées de la carte des sols (sigle pédologique) et de la carte topographique (altitude, pente et orientation), ce modèle différencie l'ensemble du territoire en unités géomorphopédologiques. Une correspondance peut ensuite être établie entre ces unités et les types de végétation naturelle potentielle (**Figure 4**) pour obtenir une description plus complète sous la forme de types de station. Cette méthode admet les simplifications découlant de la non prise en compte de données "terrain". Son niveau de précision est donc moindre que celui des cartes de végétation, mais il est suffisant dans le cadre d'un plan de gestion dressé à l'échelle d'un massif de plusieurs milliers d'hectares.

Ces unités peuvent ensuite être utilisées pour synthétiser diverses informations existantes concernant les habitats et leurs potentialités en termes de sylviculture (**Figure 3**). En effet, par construction, les types de station produits correspondent à des unités phytosociologiques connues, dont les potentialités sylvicoles, la qualité biologique et la valeur d'habitat sont clairement définis dans les catalogues existants (Noirfalise, 1984 ; Thill *et al.*, 1988 ; Rameau *et al.*, 2000).

Par leur liaison avec la codification de la carte des sols, les types de station peuvent aussi être mis en relation avec les matrices d'aptitude des essences du Guide du boisement (Weissen *et al.*, 1994). En effet, les caractéristiques des types de station (pédologie, topographie, altitude) permettent d'établir les niveaux hydrique et trophique nécessaires à son positionnement dans la matrice d'aptitude du Guide du boisement (**Figure 5**). La différenciation climatique opérée dans ce dernier par l'intermédiaire des territoires écologiques, est ici remplacée par des classes d'altitude (**Tableau 2**). Comme on peut l'observer dans la **figure 5**, les stations peuvent

Tableau 2. Correspondance entre les niveaux d'altitude et les territoires écologiques — *Elevation levels according to ecoregions.*

Niveau altitudinal	Territoire écologique
< 350 m	Vallées supérieures et moyennes des affluents mosans Ardenne atlantique et bassins ardennais
350 – 500 m	Ardenne centro-orientale
> 500 m	Haute Ardenne

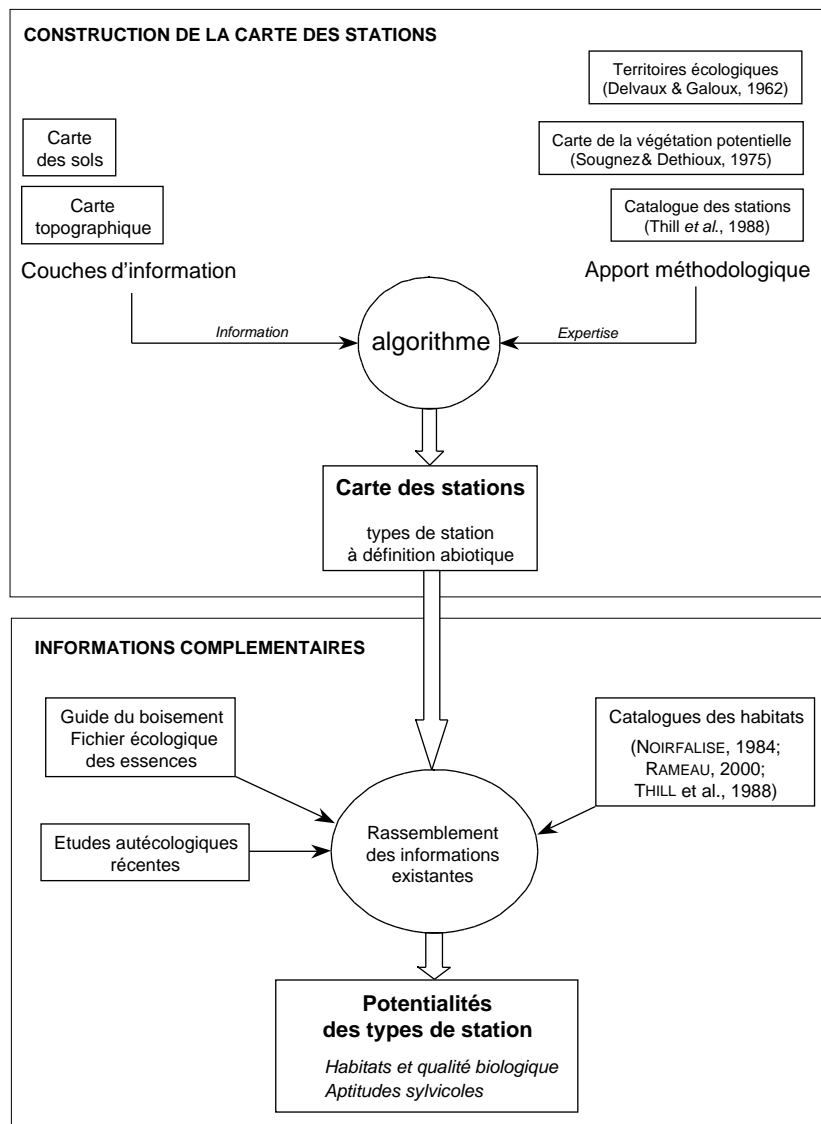


Figure 3. Représentation schématique de la méthodologie de construction de la carte des stations et de l'évaluation de l'aptitude stationnelle — *Synthetic representation of the methodology for the site types and site potentialities evaluation.*

présenter une amplitude assez large sur l'échelle hydrique (cas de la "chênaie acidophile") ou sur l'échelle trophique (cas des "sources et marais" ou de la "hêtraie humide"). Si l'aptitude de l'essence varie dans les limites d'amplitude de la station, des ajustements sont effectués sur base d'une réflexion par rapport aux conditions locales et à partir des études autécologiques existantes. Cette simplification est rendue possible en raison de la portée géographique limitée de la typologie stationnelle, à savoir, l'Ardenne.

Il est intéressant de noter que dans certains cas, l'aptitude proposée par le Guide du boisement vis-à-vis de telle ou telle essence a été remise en cause à la lumière d'études plus récentes, et de ce fait modifiée. C'est par exemple le cas de l'érable sycomore présenté au point 5.2.

4.2. Traitement de l'information cartographique

L'ensemble des traitements cartographiques a été réalisé à l'aide du logiciel ArcView 3.2 (ESRI, 1996a) complété de son extension raster Spatial Analyst (ESRI, 1996b). Le langage de programmation Visual Basic 6.0 de Microsoft a, quant à lui, été utilisé pour développer le module d'interprétation des tables d'attributs des couches cartographiques produites.

L'information à caractère géomorphologique est dérivée des courbes de niveau qui ont été digitalisées au départ de la carte topographique au 1:10.000^e de l'IGN. Un modèle numérique de terrain (MNT) a été produit en format raster (pixels de 10 m) par interpolation des courbes de niveau, en utilisant la méthode IDW (Inverse Distance Weight) du module Spatial Analyst. Deux couches décrivant la pente et l'exposition ont été

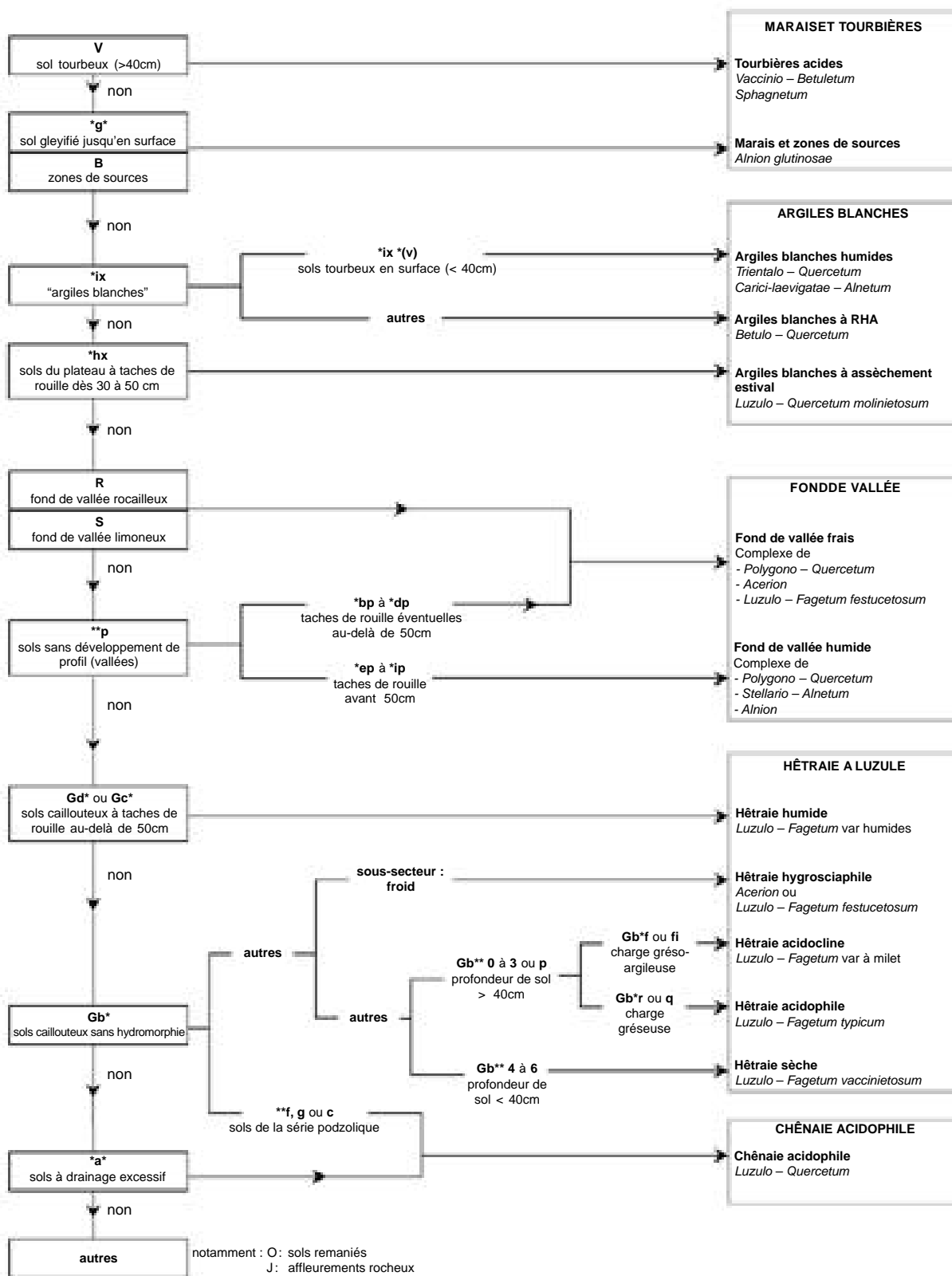


Figure 4. Clé de différenciation des types de station ou clef typologique — Key for the site types definition.

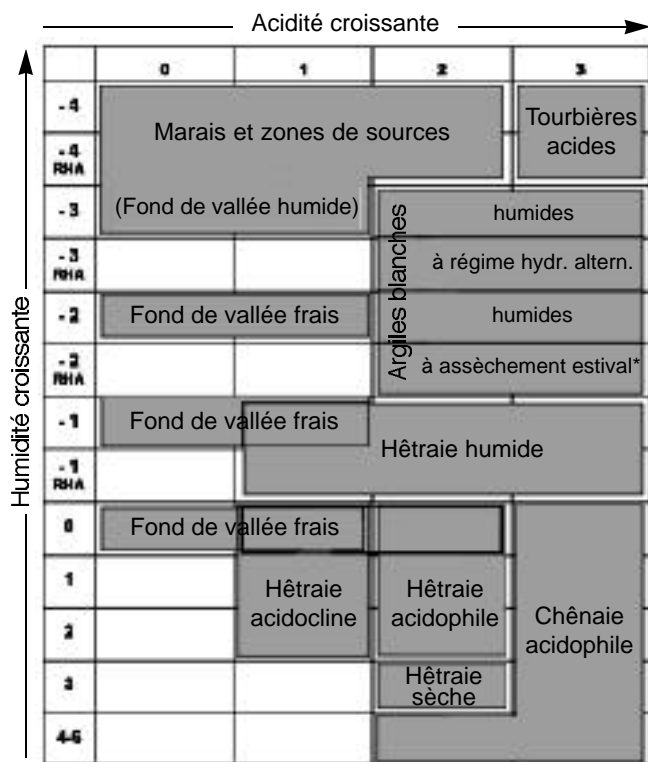


Figure 5. Positionnement des types de station dans le diagramme stationnel du Guide du boisement de Weissen *et al.*, 1994. Les échelles trophique et hydrique sont définies par le guide — *Site types position in the site chart of the afforestation guide of Weissen et al. (1994) (nutrient and hydric levels are defined in the guide).*

* = souvent assimilable au niveau -1RHA en raison du "fonctionnement hydrique" du sol.

calculées à partir de ce MNT. Celles-ci ont été combinées pour construire une couche différenciant les sous-secteurs. Cette différenciation se base sur la définition donnée par Delvaux et Galoux (1962).

La carte des sols a également été convertie en mode raster avant d'être croisée avec la couche "sous-secteur". La couche résultante a ensuite été revectorisée. Une procédure d'interprétation des caractéristiques de chaque polygone (développée en Visual Basic 6.0) a permis d'attribuer un code de station à chaque entité de la carte. Une procédure de dissolution a finalement permis de produire des entités stationnelles homogènes. Pour alléger quelque peu la carte, les polygones d'une superficie inférieure à 500 m² ont été rattachés au polygone voisin présentant les caractéristiques stationnelles les plus proches.

5. RÉSULTATS

5.1. Clé typologique

D'un point de vue méthodologique, la clé typologique présentée au paragraphe précédent (**Figure 4**)

constitue déjà intrinsèquement un résultat. Le principe qui a prévalu dans sa construction est en effet transposable à d'autres zones de l'Ardenne belge. Les unités sont nommées en se référant à un vocabulaire usuel du monde forestier et naturaliste. La correspondance avec la végétation naturelle potentielle (en italique dans la **figure 4**) est établie selon la syntaxonomie de Noirfalise (1984), excepté, pour certains cas pour lesquels celle de Thill *et al.* (1988) et Sougnez (1974) a été adoptée.

L'application de cette clé par le SIG sur la zone forestière du PGISH (16.800 ha) permet d'aboutir à la carte des stations qui est présentée à la **figure 6**. Le **tableau 3** reprend la distribution des surfaces attribuées aux différentes stations répertoriées sur cette même zone.

5.2. Aptitude des essences

Le **tableau 4**, résultant de la démarche développée dans cette étude, reprend les diagnostics d'aptitude pour les principales essences forestières cultivées en Région wallonne. Ce tableau permet d'établir des cartes d'aptitude des essences.

Pour chaque station, l'aptitude des essences a été considérée selon deux critères : le rôle de production de bois de qualité (fonction économique) et le rôle

Tableau 3. Répartition des surfaces forestières selon le type de station pour le territoire du PGISH — *Repartition of the forest surfaces according to site types for the study area.*

Station	Surface	
	(ha)	(%)
Tourbières acides	335,9	2,0
Marais et zones de sources	27,9	0,2
Argiles blanches "humides"	48,2	0,3
Argiles blanches à régime hydrique alternatif	2953,6	17,7
Argiles blanches à assèchement estival prononcé	630,2	3,8
Fonds de vallée frais	294,8	1,8
Fonds de vallée humides	328,6	2,0
Hêtraie humide	3302,4	19,7
Hêtraie hygrosociophile	573,3	3,4
Hêtraie acidocline	2812,6	16,8
Hêtraie acidophile	4111,6	24,6
Hêtraie sèche	329,3	2,0
Chênaie acidophile	727,7	4,3
Autres	240,9	1,4
Total	16717,0	100,0

Tableau 4. Aptitude des principales essences forestières selon les types de station. En lettres grasses : aptitude à la production de bois ; en italiques : les essences peu aptes, mais pouvant convenir en accompagnement (diversification) — *Silvicultural potentialities of the main species according to site types. Bold letters: quality wood production; italic letters: compaign species for forest diversification.*

Type de station	Classes d'altitude		
	Moins de 350 m	350 à 500 m	Plus de 500 m
Tourbières acides	<i>BP, BV, AX, SO, PE</i>	<i>BP, BV, AX, SO, PE</i>	<i>BP, BV, AX, SO, PE</i>
Marais et zones de sources	AX, BV, BP, FR	AX, BV, BP, FR	<i>AX, BV, BP</i>
Argiles blanches humides	AX, BV, CP, CS, BP, PE, SO PS, TH, EK	AX, BV, CP, CS, BP, PE, SO PS, TH, EK	AX, BV, CP, CS, BP, PE, SO PS, TH, EK
Argiles blanches à RHA	AX, BV, CS, CP, BP, PE, SO PS, TH, EK, EP	AX, BV, CP, CS, BP, PE, SO TH, EK, EP, PS	AX, BV, CP, CS, BP, PE, SO TH, EK, EP
Argiles blanches à assèchement estival	CS, CR, BV, HE, AX, BP, PE, SO MJ, MH, PS, AP, AG, TH, TS, EP	CS, CR, BV, HE, AX, BP, PE, SO MJ, MH, PS, AP, AG, TH, TS, EP	BV, CS, CR, HE, AX, BP, PE, SO MJ, MH, EP <i>AP, AG, TH, TS</i>
Fond de vallée frais	CP, CS, CR, ES, AX, BV, BP, HE, FR AG, AP, DO, EP, TH, MJ, TS	CP, CS, CR, ES, AX, BV, BP, HE, FR AG, AP, DO, EP, TH, MJ, TS	AX, BV, BP, HE, CP, CS, FR, ES AG, AP, DO, EP, TH, MJ, TS
Fond de vallée humide	AX, CP, BV, ES, FR, BP AG, TH	AX, CP, BV, ES, FR, BP EK, AG, TH	AX, BV, CP, ES, FR, BP EK, AG, TH
Hêtraie humide	HE, CS, BV, CR, ES, BP, CP, PE, SO EK, MH, MJ, TH, TS, AG, AP, PS, EP, DO, ME	HE, CS, BV, CR, ES, BP, CP, PE, SO EP, EK, MH, MJ, TH, TS, AG, AP, PS, DO, ME	HE, BV, ES, BP, CP, PE, SO, CS EP, EK, MH, MJ, TH, TS, AG, AP, PS, DO, ME
Hêtraie hygrosciaphile	HE, CS, CP, CR, BV, ES, FR, PE EP, EK, DO, MH, MJ, AG, AP, TH, TS, ME	HE, CS, CP, CR, BV, ES, FR, PE EP, EK, DO, MH, MJ, AG, AP, TH, TS, ME	HE, CS, CP, CR, BV, ES, FR, PE EP, EK, DO, MH, MJ, AG, AP, TH, TS, ME
Hêtraie acidocline	HE, CS, CR, BV, SO, PE, ES DO, ME, MH, MJ, PS, PC, AP, AG, TH, TS, EP	HE, CS, CR, BV, SO, PE, ES EP, DO, ME, MH, MJ, AP, AG, TH, TS, PS	HE, BV, SO, PE, CS, ES EP, DO, ME, MH, MJ, AP, AG, TH, TS
Hêtraie acidophile	HE, CS, CR, BV, SO, PE DO, ME, MH, MJ, PS, PC, AP, AG, TH, TS, EP	HE, CS, CR, BV, SO, PE EP, DO, ME, MH, MJ, AP, AG, TH, TS, PS	HE, BV, SO, PE, CS EP, DO, ME, MH, MJ, AP, AG, TH, TS
Hêtraie sèche	HE, CS, CR, BV, SO, PE DO, ME, MJ, MH, PS, PC	HE, CS, CR, BV, SO, PE DO, ME, MJ, MH, PS, EP	HE, BV, CS, SO, PE DO, ME, MJ, EP
Chênaie acidophile	CS, CR, BV, HE, SO PS, PC, DO, ME	CS, CR, BV, HE, SO PS, DO, ME	BV, CS, CR, HE, SO DO, ME

Abréviations pour les essences :

Feuillus : AX= aulne glutineux ; BP = bouleau pubescent ; BV= bouleau verruqueux ; CP= Chêne pédonculé ; CR= chêne rouge ; CS = chêne sessile ; ES= érable sycomore ; FR= frêne ; HE = hêtre ; PE = tremble ; SO= sorbier.

Résineux : AG = Abies grandis ; AP = Abies alba ; DO = douglas ; EK= épicéa de Sitka ; EP= épicéa commun ; ME = mélèze d'Europe ; MH= mélèze hybride ; MJ= mélèze du Japon ; PC = pin de Corse ; PS = pin sylvestre ; TH = thuya ; TS = tsuga.

cultural comme essences d'accompagnement pour les avantages qu'elles peuvent apporter au peuplement et à l'écosystème d'une manière générale (fonction écologique). Cette distinction fournit une clarification intéressante par rapport au Guide du boisement qui propose un diagnostic unique pour chaque essence, mais en se basant tantôt sur des critères écologiques (aulne glutineux), voire phytosociologiques (bouleau

pubescent), tantôt sur la qualité du bois produit (chênes).

La **figure 7** présente l'exemple de l'érable sycomore. Dans ce cas précis, la carte d'aptitude a été établie d'après les résultats de Villeval (2001), qui caractérise directement les niveaux d'aptitude selon les types de station sans appliquer la démarche du Guide du boisement.

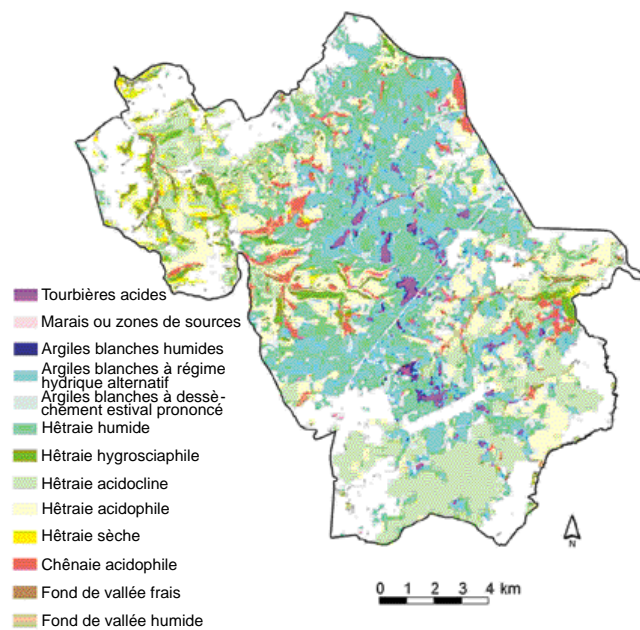


Figure 6. Carte des stations pour la zone d'étude — *Map of the sites types for the study area.*

5.3. Qualité biologique potentielle des stations

Par construction, la correspondance entre les types de station et la classification phytosociologique est directe. On trouvera donc toute l'information nécessaire dans les ouvrages utilisés, et en particulier pour ce qui concerne les habitats d'intérêt communautaire, dans les travaux de Rameau *et al.* (2000). Il est ainsi possible d'envisager une cartographie des habitats potentiels qui peut servir de base à l'évaluation de la végétation existante.

6. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'approche qui est proposée dans cette étude fournit une solution tout à fait originale et opérationnelle pour la caractérisation des stations dans le contexte des aménagements forestiers intégrés actuellement en cours de développement en Région wallonne.

Elle permet de valoriser, non seulement des documents tels que le Guide du boisement ou encore la carte de végétation potentielle, nettement sous-exploités jusqu'ici, mais également un ensemble d'études consacrées d'une manière générale à l'autécologie des principales essences forestières cultivées dans la région.

Elle permet en outre de nuancer la notion même d'aptitude développée dans le cadre du Guide du boisement, en tenant compte de l'objectif recherché par le gestionnaire forestier à un endroit donné : production de bois de qualité ou diversification de la composition spécifique.

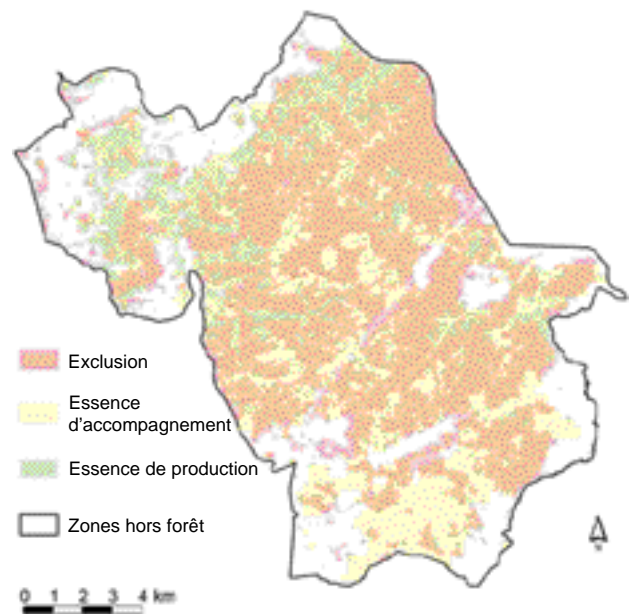


Figure 7. Carte d'aptitude de l'érable sycomore pour la zone d'étude — *Potentiality for sycamore in the study area.*

Elle permet aussi et surtout d'interpréter les stations sous l'angle des habitats potentiels. Elle offre ainsi un cadre pour l'évaluation des types de végétation observés, de leur qualité, de leur état de conservation, de leur adéquation à la végétation potentielle, autant d'éléments d'analyse intéressants, par exemple, la problématique des plans de gestion des sites désignés dans le cadre du projet européen Natura 2000.

Il est cependant important de garder à l'esprit que les cartes thématiques produites (carte des stations et cartes d'aptitude) ne sont pas à l'abri d'un certain nombre d'imprécisions liées aux modalités de construction. Une première source d'imprécision est liée à la nature même des données cartographiques de base (carte des sols et carte topographique). Leur échelle (1/20.000^e pour la carte des sols) conditionne directement l'échelle d'utilisation des cartes dérivées. L'attribution des sigles pédologiques, par principe synthétiques, à des unités surfaciques, gomme inévitablement certaines variations observées lors des levés de terrain (cas des sigles pédologiques traduisant des complexes de drainage par exemple). Des discordances géométriques locales peuvent apparaître dans certaines planchettes de la carte des sols par rapport au fond topographique utilisé comme référence dans le SIG (Lejeune, 1995). Si l'on ne parvient pas à corriger ces discordances, qui peuvent présenter une amplitude de plusieurs dizaines de mètres, les plages concernées ne sont pas positionnées correctement par rapport aux parcelles définies dans la carte de gestion.

Une seconde source d'imprécision est liée aux simplifications adoptées dans la typologie des stations en raison du caractère strictement cartographique de la démarche retenue.

Toutes ces remarques, sans remettre en cause ni la pertinence, ni l'intérêt de la démarche proposée, soulignent les précautions qui doivent accompagner sa mise en œuvre. Si les cartes thématiques produites peuvent être utilisées sans crainte lors d'analyses globales à l'échelle des massifs forestiers dont la surface est de l'ordre de 1.000 à 10.000 ha, les délimitations qu'elles proposent méritent d'être validées sur le terrain lorsqu'elles conditionnent des actes de gestion bien précis (reboisement par exemple).

Enfin il convient de préciser que la disponibilité des données de base sous une forme numérique et leur qualité sont autant de préalables à l'utilisation de la méthode sur une zone donnée. À ce sujet, un projet visant à la digitalisation de la carte des sols de Belgique sur l'ensemble du territoire wallon est en cours de réalisation (Bock *et al.*, 2002) ; il devrait fournir une version numérique de la carte des sols pour le début de 2004. Par contre, il n'existe à l'heure actuelle, pour la Région wallonne, aucun modèle numérique de terrain à une échelle compatible avec la démarche présentée. Il est donc nécessaire de construire un modèle numérique utilisant par exemple des courbes de niveau digitalisées au départ de la carte topographique 1:10.000^e de l'IGN.

Au-delà de ce problème de disponibilité de données, il convient de mettre l'accent, lors de l'application de la méthode à d'autres territoires, sur l'expertise que représente la conception de la clé typologique, évidemment différente dans chaque région biogéographique, et de la matrice d'aptitude qui en découle.

Remerciements

Cette étude a été financée par la Région wallonne (Division générale des Ressources naturelles et de l'Environnement).

Bibliographie

Avril P. (1987). *La légende de la carte des sols de Belgique*. Gembloux, Belgique : Science du Sol, Faculté universitaire des Sciences agronomiques, 26 p.

Bock L., Rondeux J., Lejeune P., Bracke C., Veron P. (2002). *Mise en œuvre du projet de cartographie numérique des sols de Wallonie* (PCNSW). Rapport de Convention. Gembloux, Belgique : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 23 p.

Claessens H. (1999). *Conception d'un catalogue des stations dans le cadre de la gestion intégrée des forêts*

hydrophiles : application à l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner) en Région wallonne. Thèse doct. Sci. agron., Fac. univ. Sci. agron. Gembloux, Belgique, 290 p.

Claessens H., Rondeux J., Thibaut A. (1996). *Le douglas en Belgique*. Gembloux, Belgique : Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Centre de Recherche et de Promotion forestières (IRSIA), Ministère des Classes Moyennes et de l'Agriculture, Section "Ecologie", 141 p. + annexes.

Claessens H., Lecomte H., Pauwels D. (2002). Le mélèze en Région wallonne : état des lieux et stations potentielles. *Forêt Wallonne* **61**, p. 4–9.

Delpech R., Dumé G., Galmiche P. (1985). *Typologie des stations forestières - Vocabulaire*. Paris : IDF, 243 p.

Delvaux J., Galoux A. (1962). *Les territoires écologiques du Sud-Est belge*. Travaux hors-série. Bruxelles : ULB, Centre d'Écologie générale, 2 vol., 311 p.

ESRI (1996a). *Using ArcView GIS*. Redlands, California, USA: Environmental Systems Research Institute, 340 p.

ESRI (1996b). *Using the ArcView Spatial Analyst*. Redlands, California, USA: Environmental Systems Research Institute, 148 p.

Fourbisseur A. (2001). *Modélisation de la croissance de l'aulne glutineux* (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner) et interprétation en termes de sylviculture. Travail de fin d'études. Fac. univ. Sci. agron. Gembloux, Belgique, 78 p. + 3 annexes.

Gruselle MC. (2002). *Étude des potentialités de production de chênes de qualité en Ardenne belge*. Travail de fin d'études. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 79 p.

Lejeune P. (1995). Carte des sols de Belgique et SIG : un traitement préalable visant à la concordance géométrique. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* **30**, p. 339–251.

Noirfalise A. (1984). *Forêts et stations forestières de Belgique*. Gembloux, Belgique : Presses Agronomiques de Gembloux, 234 p.

Rameau JC., Gauberville C., Drapier N. (2000). *Gestion forestière et diversité biologique – Wallonie et Grand-Duché de Luxembourg*. Paris : IDF, 99 p. + annexes.

Rondeux J., Thill A. (1989). L'estimation de la productivité des peuplements d'épicéa commun (*Picea abies* KARST.) en Ardenne. *Silva Belgica* **96**, p. 7–15.

Sougnez N., Dethioux M. (1975). *Rapport d'activité 1974–1975. Travaux de phytosociologie et de cartographie écologique*. Gembloux, Belgique: Centre d'Écologie forestière. Fac. Sci. agron. Gembloux, p. 19–23.

Sougnez N. (1974). Les chênaies silicicoles de Belgique (*Quercion roboris-petraeae* (MALC. 1929) BR.-BL. 1932). In Vaduz J., Cramer. *Colloques phytosociologiques* (Lille) **Vol. 3**, p. 183–249.

Sougnez N., Thill A. (1959). *Carte de la végétation de la Belgique. Texte explicatif de la planchette de Grupont 195W + Carte à 1/20.000^e*. Bruxelles : IRSIA, 82 p. + tableaux.

- Sougnéz N., Thill A. (1961). *Carte de la végétation de la Belgique. Texte explicatif de la planchette de Saint-Hubert 195E + Carte à 1/20.000^e*. Bruxelles : IRSIA, 68 p. + tableaux.
- Thill A. (1956). *Carte de la végétation de la Belgique. Texte explicatif de la planchette d'Amberloup 196W + Carte à 1/20.000^e*. Bruxelles : IRSIA, 63 p. + tableaux.
- Thill A. (1957). *Carte de la végétation de la Belgique. Texte explicatif de la planchette de Champlon 187W + Carte à 1/20.000^e*. Bruxelles : IRSIA, 70 p. + tableaux.
- Thill A., Dethioux M., Delecour F. (1988). *Typologie et potentialités forestières des hêtraies naturelles de l'Ardenne centrale*. Gembloux, Belgique : Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Centre de Recherche et de Promotion forestières (IRSIA), 135 p.
- Villeval (2001). *Étude des possibilités de diversification de la hêtraie ardennaise : le cas de l'érable sycomore (Acer pseudoplatanus L.)*. Travail de fin d'études. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 67 p. + annexes.
- Weissen F. (1991). *Fichier écologique des essences. Tomes 1 et 2*. Namur, Belgique : Ministère de la Région wallonne 45 + 190 p.
- Weissen F., Bronchart L., Piret A. (1994). *Guide du boisement des stations forestières de Wallonie*. Namur, Belgique : Ministère de la Région wallonne, 175 p.

(25 réf.)