

Chapitre 7

Diversités végétale et paysagère des îlots boisés

Marc GALOCHET¹, Vincent GODARD², Micheline HOTYAT³, Frédéric LIEGE⁴

CONTENTS

Introduction : Quelle diversité observer ?	
1. Une approche multi-échelle pour appréhender la diversité paysagère et végétale	
Une approche externe des îlots boisés par les données images	
Une approche interne des îlots boisés par l'observation de terrain	
2. Les facteurs de la biodiversité des îlots boisés	
A l'échelle de la région, une diversité liée à l'isolement des îlots boisés	
A l'échelle du bois, une diversité liée à l'exploitation de la ressource forestière	
3. La stratification, un marqueur de biodiversité	
Une stratification liée aux espèces représentées	
Une stratification en quatre classes dominantes	
Conclusion :	
References	

INTRODUCTION : QUELLE DIVERSITÉ OBSERVER ?

La couverture forestière européenne est particulièrement fragmentée surtout dans les espaces ruraux dans lesquels toute forme de boisement prend inéluctablement l'aspect d'une véritable zone de refuge pour la biodiversité dans ces territoires fortement artificialisés (cf. chapitre 8). Cette biodiversité se décline le plus souvent selon trois échelles : la diversité écologique (ou diversité des écosystèmes), la diversité spécifique (ou diversité entre espèces) et la diversité génétique (ou diversité au sein d'une même espèce, diversité intra-spécifique), (Académie des Sciences, 1995 ; Blondel, 1995). L'écologue François Ramade, dans le *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences et de l'environnement*, écrit : « Le terme de biodiversité (diversité biologique) désigne tout simplement la variété des espèces vivantes qui peuplent la biosphère. Pris au sens le plus simple, la biodiversité se mesure par le nombre total d'espèces vivantes (plantes, animaux, champignons, micro-organismes), que renferme l'ensemble des écosystèmes terrestres et aquatiques, se rencontrant actuellement sur la planète : les scientifiques l'appelle la richesse totale » (Ramade, 1993).

Il semble donc nécessaire de faire intervenir l'échelle et l'étendue du territoire considéré dans l'analyse biogéographique de la biodiversité, ce qui permet de mieux évaluer la qualité et la quantité des êtres vivants sur un territoire qui se manifeste à tous les niveaux d'organisation

1. Université d'Artois - Faculté d'Histoire-Géographie - 9 rue du Temple - BP 665 - 62030 Arras Cedex (France) and UMR 8505 BIOGEO-CNRS (Université Paris-Sorbonne)
2. Université Paris 8-Saint-Denis - Département de Géographie - Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord - 4 rue de la Croix Faron - 93210 La Plaine Saint-Denis (France) and UMR 8505 BIOGEO-CNRS (Université Paris-Sorbonne)
3. Université Paris-Sorbonne (Paris IV) - UFR de Géographie - 191 rue Saint-Jacques - 75005 Paris (France) and UMR 8505 BIOGEO-CNRS (Université Paris-Sorbonne)
4. UMR 8505 BIOGEO-CNRS (Université Paris-Sorbonne)

Version française de : GALOCHET (M.), GODARD (V.), HOTYAT (M.), LIEGE (F) – (sous presse) -
Landscape and vegetal diversity of forest islets. Ed. by Lech Ryszkowski in : *Développement durable en Europe, héritages et devenirs, actions et enjeux*, environ 12 p. (dernière version revue et corrigée)

du vivant, intégrant la multiplicité et l'abondance des espèces, la variété de leur organisation en écosystèmes différents et la complexité des relations entre ces écosystèmes (Ramade, 1993 ; Blandin, 1996 ; Barbault, 1997). Par ailleurs, il ne faut surtout pas omettre dans cette analyse le rôle de l'homme qui affecte considérablement cette biodiversité. En effet, observée à l'échelle du territoire et du paysage, celle-ci correspond à une richesse exploitée par les sociétés humaines comme les communautés animales et végétales et constitue une composante essentielle du géosystème et du paysage (Rougerie, Beroutchachvili, 1991).

Dans cette recherche, l'analyse de la biodiversité des boisements des espaces ruraux se fonde sur une démarche multiscalaire reposant conjointement sur des données de télédétection et des données de terrain (Galochet *et al.*, 2002). Cette démarche, permettant d'approcher la diversité du paysage forestier des espaces ruraux par un système d'enquête de terrain, génère une dialectique des échelles nécessaire pour une meilleure compréhension des petits objets forestiers dispersés comme les îlots boisés en terre de grande culture.

Pour saisir la biodiversité végétale des îlots boisés, il convient d'abord de recenser l'ensemble des espaces boisés sur les territoires étudiés, puis de les isoler du reste du paysage afin de dégager leur distribution spatiale et leur taille. Ce sont des étapes préalables indispensables permettant une approche externe des îlots boisés. Ensuite, une enquête de terrain offre une approche interne des îlots boisés pour collecter l'information. C'est seulement à partir de cette approche multi-échelle, que l'analyse des facteurs de la biodiversité des îlots boisés pourront être expliqués.

1. UNE APPROCHE MULTI-ECHELLE POUR APPREHENDER LA BIODIVERSITE PAYSAGERE ET VEGETALE

Comprendre la diversité paysagère et végétale des îlots boisés en terre de grande culture d'Europe, réclame une démarche emboîtée, de l'extérieur puis de l'intérieur, associant imagerie satellitale et enquête de terrain (Godard, 1991). Cette démarche emboîtée donne non seulement une vision du dessus et du dedans, qui saisit la diversité paysagère d'une part, et décrit la diversité structurale d'autre part, mais entraîne aussi une dialectique entre espace et milieu, puisque les îlots boisés sont considérés d'abord comme des espaces humanisés, morcelés, aménagés, territorialisés par les sociétés, ensuite comme des milieux, résultats d'une longue confrontation entre les contraintes naturelles et les interventions humaines.

Le passage de l'extérieur vers l'intérieur des îlots boisés, qui maîtrise tous les niveaux scalaires (Girard *et al.*, 1996), se fait d'abord au moyen de l'image satellitale pour appréhender l'extérieur, ensuite par l'emploi de la photographie aérienne pour guider les relevés de terrain et pénétrer l'intérieur des îlots boisés (Galochet *et al.*, 2002). Véritables lieux de diversité dans les terres de grande culture, les îlots boisés constituent des zones de refuge d'une étonnante richesse naturelle dans ces vastes agrosystèmes. Mais comment saisir leur diversité à partir des données images et des données de terrain ? Y a-t-il un lien entre leur taille et leur diversité végétale ? Comment les repérer et les isoler à partir des données images ?

Une approche externe des îlots boisés par les données images

Compte tenu de la petite superficie et de la dispersion spatiale des îlots boisés, il est nécessaire d'employer des outils géographiques pertinents, comme l'image satellitale, pour saisir le plus grand nombre de bois, leur répartition spatiale, puis les circonscrire et déterminer leur orientation spatiale dans le paysage des terres de grande culture.

Pour cela, nous avons choisi de travailler avec une image satellitale offrant un échelon territorial suffisamment grand pour saisir l'organisation de l'espace boisé et appréhender son emprise spatiale (Bonn *et al.*, 1993 ; Bonn, 1996 ; Girard *et al.*, 1975 et 1989). Ce document permet de mener une démarche emboîtée à trois niveaux d'analyse.

- D'abord, pour repérer des îlots boisés dans une couverture forestière fragmentée au sein d'un espace rural dominant.
- Ensuite, en négatif, il est possible de mettre en évidence l'interface entre deux systèmes ; l'agrosystème et le sylvosystème.
- Enfin, le troisième niveau permet de saisir la nature des peuplements végétaux, des structures et des formations végétales qui composent les plus grands îlots boisés.

Sachant que la résolution spatiale d'un pixel Spot en mode XS couvre une surface de 400 m² (moins d'un demi-hectare), il semble bien difficile de pouvoir saisir les îlots boisés du fait de leurs faibles dimensions et de leur dispersion dans les terres de grande culture. C'est pourquoi, il est nécessaire de sélectionner l'image d'abord selon des contraintes de perception et de résolution spatiales, ensuite selon la phénologie et le calendrier cultural. Des études antérieures ont démontré que l'imagerie satellitale de moyenne résolution (Spot) constitue le meilleur choix, parmi l'ensemble des capteurs proposés, pour le repérage des îlots boisés compte tenu de sa capacité à les discriminer finement, à condition de travailler sur une image de début d'automne ; période où les sols sont soit découverts ou labourés, soit couverts par une végétation herbacée peu couvrante (Galochet, 1999 et 2001 ; Hotyat *et al.*, 1997 et 1999 ; Liège, 1997). Ainsi le contraste radiométrique est suffisant pour isoler la végétation ligneuse des îlots boisés. Le choix de l'image constitue donc un préalable indispensable pour saisir les îlots boisés, puis établir un plan d'échantillonnage spatial guidant l'analyse des données de terrain.

L'image satellitale, appuyée de la carte topographique au 1/50 000, sert de document de base pour recenser les îlots boisés, les isoler du reste du paysage radiométrique par une classification non dirigée, et pour confronter l'exactitude de ce document avec les photographies aériennes, puis les extraire par la méthode du masque afin de dégager leur distribution spatiale, leur forme et leur taille.

Ce fichier masqué obtenu, permet de rechercher l'orientation principale des îlots boisés dans le but de déterminer la position des transects pour l'échantillonnage puis la collecte des données de terrain le long de ces lignes d'observation (**figure 1**). La rencontre de la batterie de transects, équidistants de 500 mètres (multiple de la carte topographique au 1/50 000), avec les îlots boisés permet de les échantillonner en fonction de leur taille (typologie en trois classes : petits, moyens, grands bois). Cette phase préliminaire à l'enquête de terrain offre ainsi une certaine représentativité de l'ensemble de l'espace boisé du territoire étudié, et guide l'approche interne des îlots boisés.



Figure 1. Distribution des transects pour les relevés de végétation superposée à l'image satellitale.
(M. Galochet)

Une approche interne des îlots boisés par l'observation de terrain

Après avoir déterminé l'échantillonnage spatial, la deuxième série d'étapes de la démarche emboîtée permet d'approcher les îlots boisés à l'échelle locale et de collecter les données de terrain. L'observation de terrain, réalisée le long d'un transect – servant d'unité de collecte de l'information – qui traverse un îlot boisé de part en part, recense la stratification et la composition floristique (essences dominantes pour chaque strate de végétation : herbacée, arbustive, arborescente).

L'observation de terrain, qui consiste aussi à décrire les structures forestières des îlots boisés, est complétée par les informations contenues sur la photographie aérienne. Ces structures forestières révèlent des décisions individuelles ou des gestions publiques retenues par les forestiers au cours du temps, comme un empilement de passés multiples (Husson, Degron, 1999). Les îlots boisés accumulent la mémoire des coupes et sont un véritable conservatoire des pratiques sylvicoles, décelables dans les structures forestières, qui s'organisent en fonction du parcellaire, offrant ainsi une couverture forestière fortement diversifiée (Hotyat, Galochet, 2001).

Par la suite, les données de terrain sont saisies dans un fichier des espèces dominantes par transect et par strate, en termes de présence/absence d'information. Pour traiter les données de terrain, un simple classement par ordre croissant fait apparaître les essences dominantes toutes strates confondues, par strates de végétation, par taille de bois, par transect... Cette étude multiparamètres, réalisée avec des traitements statistiques élémentaires, permet aussi d'établir

un lien entre la taille des bois et leur richesse végétale en classant les segments de transects par longueur. Après des tests d'homogénéité et de contrôles, nous pouvons injecter dans l'ensemble de l'image satellitale les résultats des étapes précédentes. Ainsi, cette démarche offre la possibilité de généraliser l'information aux autres îlots boisés non retenus dans l'échantillonnage spatial et de revenir à l'échelle régionale.

Cette démarche emboîtée, appliquée à l'étude des îlots boisés en terre de grande culture, repose sur des données images de nature différente offrant des informations géographiques complémentaires. Mais l'exploitation de ces données images génère aussi des informations nouvelles, comme l'organisation spatiale, la forme, la taille, la distance entre les îlots boisés, qui enrichissent la perception du territoire et celle de l'objet étudié. Les vertus de cette démarche emboîtée permettent d'abord de dégager les paramètres identifiant les îlots boisés à partir des données images satellitales, ensuite d'analyser leur contenu, notamment leurs structures forestières avec la photographie aérienne pour appuyer l'enquête de terrain (Hotyat, 1990). Cette démarche emboîtée offre la possibilité d'approcher la diversité paysagère et végétale, et d'en comprendre les facteurs écologiques et anthropiques explicatifs (Ryszkowski *et al.*, 1996 et 1997).

2. LES FACTEURS DE LA BIODIVERSITE DES ÎLOTS BOISES

La diversité des îlots boisés dépend de plusieurs facteurs variables selon les échelles d'observation : à l'échelle de la région, l'isolement et la couverture forestière fragmentée ; à l'échelle du bois, l'exploitation de la ressource forestière.

A l'échelle de la région, une diversité liée à l'isolement des bois

La participation des îlots boisés à la diversité paysagère s'explique par l'isolement des bois dans le contexte géographique des terres de grande culture lié à la couverture forestière régionale fragmentée, mais aussi à l'éloignement les uns des autres (Levenson, 1981). Si l'isolement des îlots boisés correspond au principal facteur de la diversité du boisement, alors une hypothèse peut être posée : est-ce qu'un gradient de morcellement de la couverture sylvestre (taille) maintient une plus grande diversité paysagère ? Sur le terrain d'étude, les îlots boisés sont répartis dans l'espace régional de deux façons différentes, soit complètement isolés de toute autre formation boisée, soit groupés en archipels. La question de l'effet de l'isolement d'un îlot sur sa richesse se pose donc à deux niveaux :

- L'effet existe-t-il à l'intérieur des archipels distant d'un massif-source plus important ?
- Cet effet existe-t-il aussi pour les bois totalement isolés ? La diversité végétale est-elle d'autant moins riche qu'ils sont plus isolés ?

Dans sa thèse d'écologie, M. Linglart (2000) distingue aussi deux types d'organisation spatiale pour les petits bois en terre de grande culture en prenant comme limite de l'effet de l'isolement le seuil de 500 mètres⁵ (**tableau 1**). Ainsi, le premier type correspond aux bois totalement isolés situés à plus de 500 m de toute autre formation boisée (dernière colonne du tableau 1), le second aux bois groupés en archipels distants entre eux d'au plus 500 m (trois premières colonnes du tableau 1).

5. Cette limite des 500 mètres pour distinguer les bois isolés des autres, repose sur des données bibliographiques dont les fondements empiriques sont très limités.

Tableau 1. Isolement et richesse spécifique (RS) par classe d'isolement. (d'après Linglart, 2000)

Isolement (m)	50	100	200-500	> 500
RS moyenne (%)	99,5	99,7	98,2	64,7
RS écart-type	40,2	54,3	45,3	14,4
Surface moyenne (ha)	3,7	6,3	3,3	1,2

Ce tableau montre que l'isolement semble avoir une influence sur la richesse spécifique, puisque les bois situés à plus de 500 m sont moins riches que les bois appartenant à des archipels (classe < 500 m). Leur richesse moyenne est de 64,7 % contre environ 100 % (respectivement 99,5 ; 99,7 ; 98,2). Toutefois, précisons que les huit bois les plus isolés ont en moyenne une surface beaucoup plus petite (1,2 ha) que ceux inclus dans des archipels. Les résultats statistiques du tableau montrent « qu'à l'intérieur des archipels la richesse moyenne d'un îlot est indépendante de son degré d'isolement [mais les bois] les plus isolés (> 500 m) sont globalement moins riches » (Linglart, 2000).

Si dans cet exemple, la conjugaison de l'isolement et de la taille, explique la faible richesse spécifique des petits bois, en revanche nos relevés de terrain, par la méthode des transects, montrent une nette relation entre la taille des bois et leur richesse végétale. En effet, le nombre d'essences dominantes recensées dans les îlots boisés de Grande Pologne révèle que les bois les plus grands sont les plus diversifiés, en termes d'essences dominantes, selon nos échantillons retenus (**figure 2**).

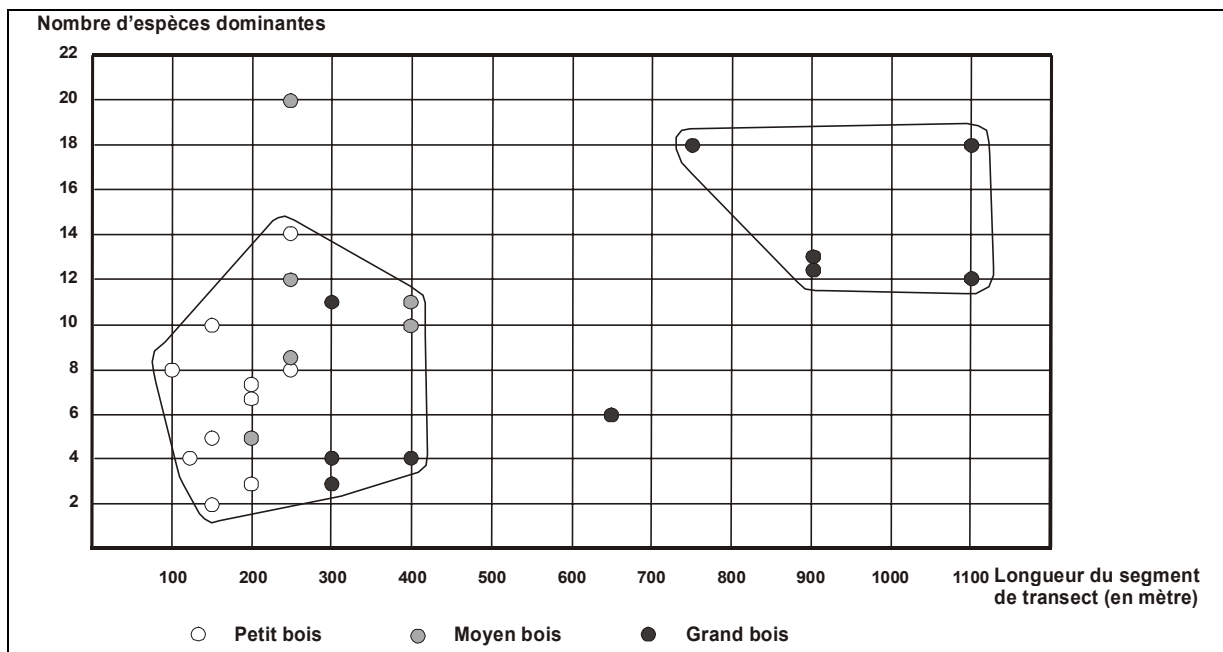


Figure 2. Relation entre richesse végétale, taille des bois de Grande Pologne et longueur des transects.
 (M. Galochet)

Dans cette figure deux ensembles se distinguent : le premier, composé de grands bois, concentre le plus d'espèces dominantes, le second mélange les petits et les moyens bois. Ceci appelle deux remarques.

- Les espèces dominantes les plus nombreuses ont été recensées dans les plus grands bois et avec les plus longs transects, qui permettent de traverser de nombreuses

parcelles. A l'inverse, les plus courts transects n'ont permis de recenser que peu d'espèces dominantes, et n'ont traversé que des petits bois. Il y a donc une forte corrélation entre la taille des bois et la longueur des transects, mais aussi entre la taille des bois et la richesse végétale, les plus grands bois étant les plus diversifiés.

- Une agrégation entre les petits et les moyens bois se produit. Ceci révèle une typologie trop fine pour la taille des bois. Deux classes auraient semble-t-il suffit pour faire cette étude. Rappelons que la délimitation des trois classes de bois se calle sur les définitions de l'IFN distinguant les bosquets de 5 à 50 ares, les boqueteaux de 50 ares à 4 ha et les forêts au-delà de 4 ha. Ces trois catégories correspondent aux petits, moyens et grands bois de notre typologie.

Si les grands bois concentrent le plus d'espèces dominantes, ils sont peu nombreux par rapport à la classe des petits (9 grands contre 20 petits). Cette classification, simple, fondée sur le découpage d'une variable par l'intermédiaire des paramètres de sa distribution (ici la taille), révèle une importante diversité végétale pour les plus grands bois. Toutefois, la diversité végétale des îlots boisés ne peut s'expliquer que par leur taille, d'autres facteurs d'ensemble liés à la morphologie des bois mais aussi au morcellement et un degré d'isolement permettraient probablement de mieux comprendre la diversité dans le cadre d'une analyse multifactorielle.

Même si l'isolement semble être un facteur important dans l'explication de la richesse végétale des îlots boisés, il ne faut pas exclure les nombreuses interventions et activités humaines qui sont susceptibles d'influencer, de façon plus ou moins directe, leur diversité végétale. En effet, les pratiques des propriétaires forestiers favorisent l'hétérogénéité structurale de la végétation conjuguées au rôle du parcellaire multitaille à l'échelle du bois.

A l'échelle du bois, une diversité liée à l'exploitation de la ressource forestière

L'exploitation de la ressource forestière est à considérer comme un facteur d'enrichissement déterminant de la diversité végétale des îlots boisés (Corvol, 1987 ; Larrère, Nougarede, 1993). En effet, les coupes de bois transforment les conditions du milieu notamment par l'apport plus important de lumière jusqu'au sol permettant l'arrivée d'héliophytes, et conditionnent ainsi la dynamique de reconquête végétale qui lui succède. Les coupes de bois intra-forestières dissèquent la couverture végétale en de nombreuses unités de taille variable dont l'étendue et la forme des coupes sont le plus souvent liées au parcellaire foncier qui entraîne une multitude de stades de développement décalés dans le temps de parcelle en parcelle, depuis les dernières coupes de bois jusqu'aux futaies mûres, et offrent une couverture forestière fortement diversifiée. Les îlots boisés sont ainsi transformés en une véritable mosaïque de parcelles nées de la mise en œuvre, dans le temps et dans l'espace, des pratiques des différents propriétaires ou ayants droit, comme de l'absence totale d'intervention d'un certain nombre d'entre eux.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier que la diversité végétale actuelle des îlots boisés dépend aussi des modes de gestion sylvicoles passés, qu'il convient d'intégrer dans une démarche de gestion durable soucieuse de respecter des impératifs écologiques bâtis sur une logique de temps long et des besoins économiques (Langevin, 1997). Si la prise en compte des dimensions spatiales est nécessaire dans l'analyse biogéographique de la diversité biologique, il faut aussi y associer une référence aux dimensions temporelles (Agger, 1996), comme l'ont rappelé P. Arnould, M. Hotyat et L. Simon, lors du colloque « *History and forest resources* » de l'IUFRO (International Union of Forestry Research Organizations) à l'Académie italienne des sciences forestières de Florence en 1998, en proposant le concept de

Version française de : GALOCHET (M.), GODARD (V.), HOTYAT (M.), LIEGE (F) – (sous presse) -
Landscape and vegetal diversity of forest islets. Ed. by Lech Ryszkowski in : *Développement durable en Europe, héritages et devenirs, actions et enjeux*, environ 12 p. (dernière version revue et corrigée)

« *géochronodiversité* »⁶ (Arnould *et al.*, 2000). Fondée sur l'espace et le temps, notre démarche emboîtée s'inscrit dans cette logique, en intégrant des données de natures diverses (images satellitales, photographies aériennes, cadastres, relevés de terrain, documents d'archives...) dans un Système d'information géographique pour harmoniser les différentes approches de la biodiversité spécifique, stationnelle et paysagère.

3. LA STRATIFICATION, UN MARQUEUR DE BIODIVERSITÉ

Une stratification liée aux espèces représentées

Un certain nombre de variables ont été collectées sur des portions de transects, les segments, lors de l'enquête de terrain. Plutôt que de passer en revue toutes les combinaisons possibles de variables, nous avons fait le choix de constituer une typologie des variables pertinentes sur les groupes de segments qui s'agrégeaient par « affinités » statistiques. Cela permettait de dégager les combinaisons intéressantes à « creuser ». La présentation de la typologie est l'objet de ce chapitre. Une vision de la biodiversité paysagère en ressort.

Les données d'origine sont diverses. Il y a d'abord les données continues actives qui ont constitué le cœur des traitements. Il s'agit de l'importance des strates en fonction des espèces représentées. Les intitulés et caractéristiques des strates sont les suivants :

- [0 cm ; 50 cm[=> Strate 1 (Str1) ;
- [50 cm ; 2 m[=> Strate 2 (Str2) ;
- [2 m ; 7 m[=> Strate 3 (Str3) ;
- [7 m ; 15 m[=> Strate 4 (Str4) ;
- [15 m ; 25 m[=> Strate 5 (Str5) ;
- >= 25m => Strate 6 (Str6).

Le nombre total d'espèces présentes par segment (nbespèces) a été intégré comme variable continue illustrative, tout comme la somme des espèces présente par strate (sstrat). L'appartenance d'un segment à un petit bois (bosquet : surface comprise entre 5 et 50 ares), à un moyen bois (boqueteau : surface comprise entre 50 ares et 4 ha) ou à un grand bois (forêt : surface supérieure à 4 ha, IFN, 1985, pp. 19-20) relève des variables nominales illustratives, comme les relevés floristiques, codés en présences – absences, qui portent sur 56 espèces. L'objectif était de voir si la stratification verticale est un marqueur de la biodiversité paysagère. Les variables illustratives n'interviennent pas dans les calculs. Elles se positionnent par rapport aux actives mais n'influent pas sur les traitements.

Des ACP (analyses en composantes principales) puis des CAH (classifications ascendantes hiérarchiques) leur ont été appliquées. La partition en quatre classes, proposée par le logiciel SPAD V.5.5 et retenue pour cette étude, comporte une inertie inter classes de 3.2 pour une inertie totale de 6 (quotient inertie inter / inertie totale = 0,53). Les quatre classes comptent respectivement 13, 4, 5 et 4 segments. Des trois partitions proposées par le logiciel, respectivement 4, 6 et 8 classes, c'est la première qui a été retenue car elle ne comporte pas d'individus isolés constituant une classe à lui tout seul et chaque classe y est décrite par au moins deux variables. Ses quatre classes ont des profils, et des effectifs, nettement différents.

La première est la moins singulière (**tableau 2**), c'est la plus proche du centre. De plus, elle concerne un plus grand nombre de segments. En revanche, les trois dernières classes sont relativement plus « typiques » avec des distances à l'origine entre quatre et sept. Deux sortes de variables sont représentées sur les figures n°3 à 6. Il s'agit, d'une part de variables

6. La déclinaison de « *géochronodiversité* », selon ses deux composantes, peut former les expressions « *chronodiversité* » et « *géodiversité* » ; une diversité dans le temps et dans l'espace. Néanmoins, il convient d'être prudent quant à l'usage de l'expression « *géodiversité* », déjà utilisée par les géologues Canadiens, qui évoquent une diversité géologique du substrat.

Version française de : GALOCHET (M.), GODARD (V.), HOTYAT (M.), LIEGE (F) – (sous presse) - Landscape and vegetal diversity of forest islets. Ed. by Lech Ryszkowski in : *Développement durable en Europe, héritages et devenirs, actions et enjeux*, environ 12 p. (dernière version revue et corrigée)
continues actives (Str1 à Str6) et d'autre part des variables continues illustratives (nbespeces et sstrat).

Tableau 2. Distances des centres de classe au centre du nuage de points.

n° des classes	Distances à l'origine
1	0.75725
2	5.21822
3	4.20465
4	7.65452

Une stratification en quatre classes dominantes

En termes de variables (**figure 3**), la première classe n'est significativement caractérisée que par des sous représentations (ne sont retenues, comme significatives, que les classes dont les valeurs test, calculées sur le t de student, dépassent deux). Elle concerne essentiellement la strate arbustive (Str3 des 2 et 7 m) et la strate des très grands arbres (Str6 des plus de 25 m). Cela signifie que ces deux strates sont 40 à 50 p. cent plus faibles sur cette classe que sur l'ensemble de l'échantillon. Pour les autres variables, elles ne sont, de manière significative, ni sur représentées, ni sous représentées. Pour ce qui est des individus (les segments), cette classe concerne pour une large part des segments d'enquête situés dans les bosquets (7 sur 13), une part plus faible dans les boqueteaux (4 sur 13) et pour une part insignifiante les forêts (1 sur 13). Notons toutefois que ces variables illustratives (l'appartenance à une taille de bois), en raison de la petite taille de l'échantillon, n'ont jamais qualifié de manière significative une des classes.

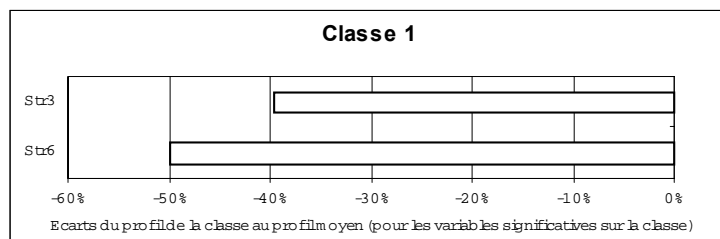


Figure 3. Variables caractéristiques de la Classe n°1.

Ne sont décrites que les variables significatives (dont la valeur test est supérieure à 2).

La valeur du profil de chaque variable correspond à la moyenne dans la classe moins la moyenne générale de cette variable le tout divisé par la moyenne général de cette variable (exprimé en p. 100).

Avec une distance standardisée assez forte [distance au barycentre de 5,2 (tableau 2)], la deuxième classe est relativement plus « typée » (**figure 4**). Cependant, elle ne connaît pas non plus de sur-représentation. Elle concerne essentiellement le nombre d'espèces par segment (nbespeces) et les strates herbacées basses et hautes (Str1 de 0 à 0,5 m et Str2 de 0,5 à 2 m). C'est donc une classe « pauvre » en richesse spécifique globale et en particulier sur les deux strates basses. Cette classe, peu nombreuse, concerne un seul segment d'enquête situé dans les bosquets (1 sur 4) et trois segments situés dans les forêts (3 sur 4).

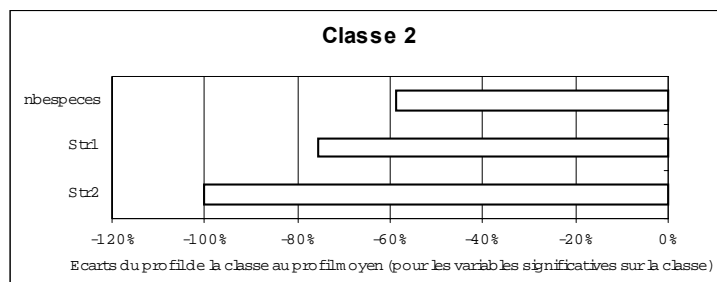


Figure 4. Variables caractéristiques de la Classe n°2.

Ne sont décrites que les variables significatives (dont la valeur test est supérieure à 2).

Avec une distance standardisée à peine plus faible [distance au barycentre de 4,2 (Tableau)], la troisième classe reste relativement « excentrée » (**figure 5**). Cependant, cette fois-ci, ce sont les sur-représentations qui la caractérisent. Avec une strate arborée supérieure (Str6 de plus de 25 m) plus de deux fois supérieure à la moyenne générale de l'échantillon pour cette strate (108 p.100), cette classe est marquée par une forte variété spécifique en strate haute. Ceci se retrouve, bien que dans une moindre mesure, en strate arbustive (Str3 de 2 à 7 m, 86 p.100) et en strate herbacée basse (Str1 de 0,5 à 2 m, 50 p.100). Les individus de la classe n°3 appartiennent pour seulement un cinquième aux bosquets, deux cinquièmes aux boqueteaux et également deux cinquièmes aux forêts (2 segments sur 5).

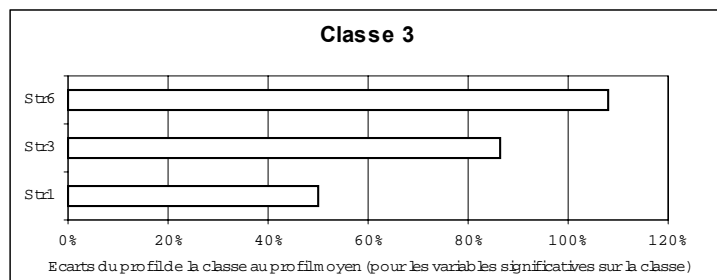


Figure 5. Variables caractéristiques de la Classe n°3.

Ne sont décrites que les variables significatives (dont la valeur test est supérieure à 2).

Avec une distance standardisée plus forte [distance au barycentre de 7,7 (Tableau des distances au centre du nuage)], la quatrième classe est « excentrée » (**figure 6**). Là encore, ce sont les sur-représentations qui la caractérisent. Avec des strates arborées basses et hautes (Str4 de 7 à 15 m, 212 p.100, Strat5 de 15 m à 25 m, 146 p.100) plus de deux fois supérieure à la moyenne générale de l'échantillon pour cette strate, cette classe est marquée par une forte variété spécifique en strate arborée. La strate herbacée haute est également dans ce cas (Str2 de 0,5 à 2 m, 112 p.100). La somme des espèces présentes par segment ou par strate (nbespeces et sstrat) le confirme également par sa sur-représentation. Enfin, cette classe est sur représentée pour le mélèze (*L. decidua*) par rapport au profil moyen de la population enquêtée. 75 p.100 des segments de cette classe ont du mélèze (alors qu'elles ne sont que 15,4 p.100 sur l'ensemble des parcelles). Les individus de la classe n°4 appartiennent pour seulement un quart aux boqueteaux et pour trois quarts aux forêts (3 sur 4).

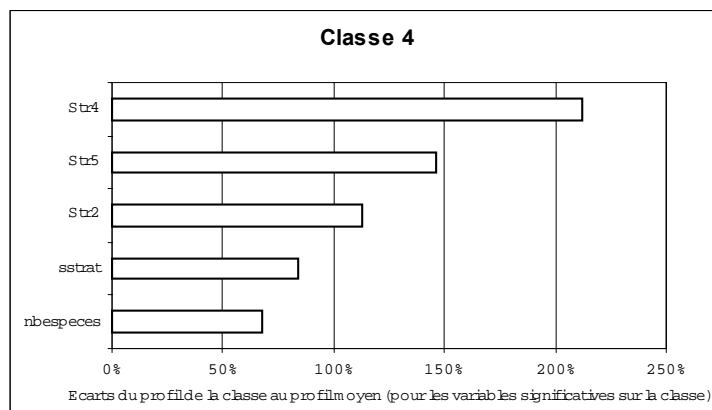


Figure 6. Variables caractéristiques de la Classe n°4.

Ne sont décrites que les variables significatives (dont la valeur test est supérieure à 2).

Cette typologie en quatre classes ne reprend qu'imparfaitement le découpage en petits, moyens et grands bois. Ce peut être d'une part en raison de la faiblesse de l'échantillon, les tailles de bois ne sont pas sorties comme variables discriminantes de la typologie, mais également parce que ce découpage « à la française » ne recoupe pas la réalité des diversités paysagères héritées de la sylviculture prussienne. Il conviendrait d'une part de réétudier ce découpage en en modifiant les limites, d'introduire de nouveau segments pour étoffer l'échantillon et tester cette analyse sur un nouveau territoire.

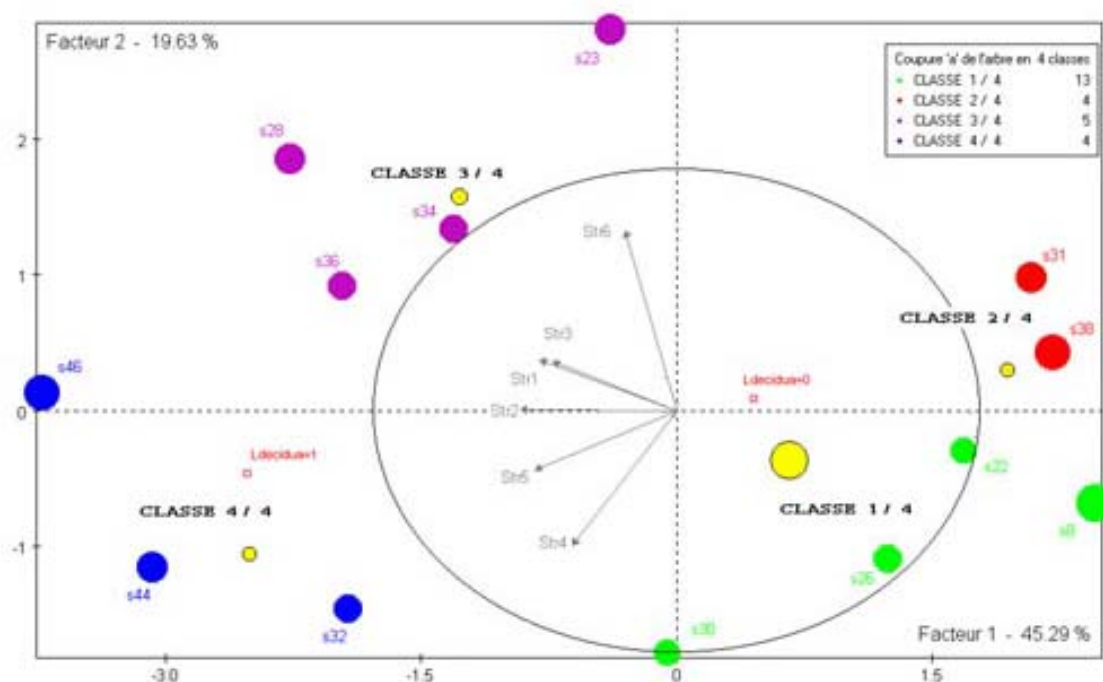


Figure 7. Répartition des quatre classes sur le premier plan factoriel.

- Les cercles jaunes positionnent le barycentre de chaque classe. Ils sont proportionnels au nombre de segments qu'ils représentent. Chaque segment retenu (qualité de la représentation supérieure à la médiane des Cos^2) est également représenté par un cercle proportionnel au carré de ses coordonnées (Cos^2).
- Les vecteurs indiquent l'orientation et l'intensité de leur représentation sur ce plan factoriel. Ce sont les anciens axes unitaires (de Str1 à Str6).

Version française de : GALOCHET (M.), GODARD (V.), HOTYAT (M.), LIEGE (F) – (sous presse) - Landscape and vegetal diversity of forest islets. Ed. by Lech Ryszkowski in : *Développement durable en Europe, héritages et devenirs, actions et enjeux*, environ 12 p. (dernière version revue et corrigée)

- La part d'inertie de chaque facteur est indiquée à côté de celui-ci.

CONCLUSION

L'approche biogéographique emboîtée montre une complémentarité tant des informations que des échelles. L'analyse du territoire par l'association des données images (image satellitale, cartes topographiques, photographie aérienne, cadastre...) permet d'individualiser les îlots boisés dans le paysage et de saisir les structures dominantes facilitant par exemple la distinction entre les variations de densités et de textures au sein d'une même parcelle. Cette approche intègre également la combinaison de processus spontanés et anthropiques en confrontant les contraintes naturelles et les interventions humaines qui expliquent conjointement la diversité actuelle de ces boisements.

BIBLIOGRAPHIE

- Académie des Sciences (1995). – *Biodiversité et environnement*. Paris, Tech & Doc Lavoisier, 88 p.
- Agger P. (1996). – Landscape ecology : the historical dimension. in *Landscape diversity : a chance for the rural community to achieve a sustainable future*, Ryszkowski L., Pearson G., Bałazy S. (ed.), Poznań (Poland), p. 45-59.
- Arnould P., Hotyat M., Simon L. (2000). – Biodiversity and forest management : from biodiversity to geochronodiversity. in *Methods and approaches in forest history*, M. Agnoletti and S. Anderson (ed.), Wallingford, CAB International Publishing, p. 229-241.
- Barbault R. (1997). – *Biodiversité*. Paris, Hachette, coll. « les fondamentaux », 159 p.
- Biodiversité. L'homme est-il l'ennemi des autres espèces ? in *La Recherche*, n°333, n° spécial, juillet/août 2000.
- Blandin P. (1996). – La biodiversité. in *Encyclopædia Universalis*, supplément Universalis 1996, p. 147-154.
- Blondel J. (1995). – *Biogéographie, approche écologique et évolutive*. Paris, Masson, 297 p.
- Bonn F., Rochon G. (1993). – *Précis de télédétection : principes et méthodes*. St-Foy (Québec), Presses Universitaires du Québec/AUPELF, 485 p.
- Bonn F. (dir.), (1996). – *Précis de télédétection : applications thématiques* (vol. 2). St-Foy (Québec), Presses Universitaires du Québec/AUPELF et UREF, 633 p.
- Corvol A. (1987). – *L'Homme aux Bois. Histoire des relations de l'Homme et de la Forêt, XVII^e-XX^e siècles*. Paris, Fayard, 585 p.
- Galochet M. (1999). – Mise au point d'une méthode d'analyse de la dynamique des espaces boisés du Gâtinais par télédétection. in *Photo-Interprétation*, n°1999/2, vol. 37, p. 29-39 ; 59-64.
- Galochet M. (2001). – *Les îlots boisés d'Europe, des lieux de diversité en terre de grande culture. Comparaison France et Pologne*. Thèse de doctorat en Géographie, Université Paris-Sorbonne (Paris IV), 344 p.
- Galochet M., Godard V., Hotyat M. (2002). – Land units and the biodiversity of forest islets : from satellite images to ground analysis. in *Landscape ecology in agroecosystems management*, Ryszkowski L. (ed.), Boca Raton Floride, USA, CRC Press LLC, p. 317-330.
- Girard M.-C. et C.-M. (1975). – *Applications de la télédétection à l'étude de la biosphère*. Paris, Masson, 186 p.
- Girard M.-C. et C.-M. (1989). – *Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales*. Paris, Masson, 260 p.
- Girard C.-M., Baize D. (1996). – Niveaux d'organisation et écosystèmes : exemples des îlots boisés et terroirs circulaires en Gâtinais. in *Natures, Sciences et Sociétés*, tome 4, n°4, p. 310-323.
- Godard V. (1991). – *Utilisation conjointe de la télédétection et de l'enquête de terrain lors des inventaires d'occupation du sol. Recherche méthodologique appliquée au Sahel sud-mauritanien*. Maisons Alfort, IEMVT, Thèse EHESS, 433 p.
- Hotyat M. (1990). – *De l'espace territorial à l'analyse stationnelle : recherche méthodologique pour une approche biogéographique de la forêt française*. Thèse d'Habilitation à diriger des recherches, Université Paris VII, 298 p.

- Version française de : GALOCHET (M.), GODARD (V.), HOTYAT (M.), LIEGE (F) – (sous presse) - Landscape and vegetal diversity of forest islets. Ed. by Lech Ryszkowski in : *Développement durable en Europe, héritages et devenirs, actions et enjeux*, environ 12 p. (dernière version revue et corrigée)
- Hotyat M., Galochet M. (2001). – L'homme, facteur de diversité en milieu forestier. in *Bulletin de l'Association de Géographes Français (BAGF)*, n°2001-2, p. 151-163.
- Hotyat M., Galochet M. et Liège F. (1997). – Petits bois et leurs lisières dans les plaines de grande culture : "entre nature et culture". Exemple pris dans le Gâtinais occidental. in *La dynamique des paysages protohistoriques, antiques, médiévaux et modernes*, Burnouf J., Bravard J.-P. et Chouquer G. (ed.), Sophia Antipolis, éditions APDCA, p. 493-504.
- Hotyat M., Galochet M., Liège F. (1999). – Structure et dynamique des îlots boisés : intérêt de l'étude multicapteurs et de l'analyse diachronique. in *Paysages agraires et environnement*, Wicherek S. (ed.), Paris, CNRS éditions, p. 357-370.
- Husson J.-P., Degron R. (1999). – L'aménagement forestier entre conjoncture et temps long, rupture et continuité. in *Annales de Géographie*, n°609-610, p. 595-602.
- Langevin R. (1997). – *Guide de conservation des boisés en milieu agricole*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, 77 p. + annexes.
- Larrère R., Nougarede O. (1993). – *Des hommes et des forêts*. Paris, Gallimard, coll. La Découverte, 128 p.
- Levenson J.-P. (1981). – Woodlot as biogeographic island in southeastern Wisconsin. in *Forest island dynamics in man dominated landscape*, Burgess R.L. et Sharpe D.M. (ed.), New York, Springer Verlag.
- Liège F. (1997). – *Gestion de l'espace par analyse multisources de l'information géographique. Proposition de méthodologie de fusion de données de télédétection multisources et multitudes dans le contexte du Gâtinais nord-occidental*. Thèse de doctorat en Géographie, Université Paris-Sorbonne (Paris IV), Enseignement Militaire Supérieur Scientifique et Technique (EMSST), 2 vol., 366 p. (texte), 189 p. (annexes).
- Lingart M. (2000). – *La biodiversité végétale des îlots boisés en terre de grande culture. Approche ethnoécologique, exemple du Gâtinais occidental*. Thèse de doctorat en ethnoécologie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 2 vol., 415 p.
- Ramade F. (1993). – *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. Paris, Ediscience International, 822 p.
- Rougerie G., Beroutchachvili N. (1991). – *Géosystèmes et Paysages. Bilan et méthodes*. Paris, Armand Colin, coll. U. Géo., 302 p.
- Ryszkowski L., Pearson G., Bałazy S. (ed.), (1996). – *Landscape diversity : a chance for the rural community to achieve a sustainable future*. 2nd Pan-European Seminar on rural Landscapes. Poznań (Poland), 25-30 september 1995, PAN, 223 p.
- Ryszkowski L., Karg J. (1997). – Biodiversity in agricultural landscape. in *Ecological management of countryside in Poland and France*. Ryszkowski L., Wicherek S. (ed.), Poznań (Poland), p. 80-92.