

La modélisation des habitats : un outil pour la gestion écologique de nos forêts. Application au Pic épeichette (*Dendrocopos minor*) en Ardenne

Laurence DELAHAYE, Antoine DEROUAUX et Willy DELVINGT



RÉSUMÉ - *L'habitat forestier du Pic épeichette a été étudié durant la période précédant la nidification dans deux massifs d'Ardenne belge. Le premier objectif était de valider un modèle d'habitat simple (IQH). Ce modèle permet de prédire la présence du Pic épeichette sur la base de la composition en essences, du nombre d'essences présentes dans le taillis et la futaie, et de la surface terrière à l'hectare. Ces variables sont issues d'un inventaire forestier classique. Ce modèle est relativement performant à une échelle d'analyse de 9 ha mais n'est pas performant pour des surfaces d'1 ha. Le second objectif était de définir un nouveau modèle d'habitat plus fin sur la base de variables de l'habitat qui expliquent au mieux la présence de l'espèce. Les observations de terrain ont montré que le Pic épeichette est présent dans des parcelles ayant une diversité en essences ligneuses élevée, un grand nombre de bois morts et une surface terrière supérieure à 15 m²/ha. Ces paramètres ont permis de mettre au point un modèle d'habitat par régression logistique multiple qui pourra servir d'outil aux forestiers moyennant un inventaire quelque peu adapté.*

1. Introduction : intérêt de la modélisation des habitats —

La protection d'espèces particulières dans le cadre de la gestion forestière dépend de notre capacité à comprendre et à prévoir les relations entre ces espèces et les ressources du milieu.

Afin de pouvoir proposer des aménagements et des interventions sylvicoles favorables au Pic épeichette (*Dendrocopos minor*), il est important de disposer d'outils qui pourront influencer les choix du gestionnaire. Ce dernier doit concilier les différentes fonctions de la forêt au sein d'un massif et il n'a pas toujours les moyens d'en juger la valeur biologique. La modélisation des habitats est une méthode permettant de fournir aux

forestiers une estimation de la probabilité de présence de l'espèce recherchée.

Etant donné, d'une part l'importance des changements survenus dans l'habitat de plusieurs espèces d'oiseaux, et d'autre part la réponse étroite existant entre les oiseaux et les composantes structurales de la végétation (BLONDEL *et al.*, 1973; CODY, 1985), plusieurs types de modèles ont vu le jour afin de prédire la réponse d'une espèce envers d'éventuels changements pouvant survenir dans l'habitat (SAVIGNAC *et al.*, 1995). Quelle que soit la démarche adoptée, l'espèce étudiée ou le milieu considéré, le modèle habitat



établit une relation entre une ou plusieurs variables indépendantes (les variables habitat) et une variable dépendante (la réponse de l'espèce).

Ces modèles sont généralement utilisés dans le but de déterminer la qualité d'un habitat à une échelle donnée, pour certaines espèces particulières, ou de prédire la réponse d'une espèce envers les modifications de son environnement. Les variables sélectionnées sont celles auxquelles les espèces sont susceptibles de répondre mais aussi celles qui peuvent être mesurées ou estimées rapidement sur le terrain et dont les valeurs peuvent être prédites dans le futur.

Idéalement, la définition d'un modèle d'habitat imposerait de connaître pour chaque espèce les besoins, les réponses démographiques aux modifications de ces ressources, les effets induits par les stades d'évolution naturelle dans l'habitat de l'espèce, les effets d'interaction entre ces ressources et d'autres facteurs externes (préation, parasites, climat ...) (LAUGA *et al.*, 1996). Ce cadre n'a de valeur qu'au plan théorique : il est bien trop vaste pour être jamais complètement élucidé. Opérationnellement, le problème à résoudre

est celui de l'identification et de la modélisation des besoins et des réponses des espèces à certains facteurs clés de leur habitat.

L'objectif de l'étude est de définir la probabilité de présence d'une espèce déterminée au sein de massifs forestiers. Pour ce faire, un premier modèle est construit sur la base de nos connaissances bibliographiques quant à l'habitat du Pic épeichette : c'est l'indice de qualité d'habitat (DELAHAYE, 2001). Ce modèle simple et pratique pour le forestier ne se base pas sur des analyses statistiques et doit être validé avec des données de terrain pour assurer sa pertinence. Si le modèle est validé, il pourra être utilisé par les gestionnaires afin de prédire l'influence de leurs interventions sur la probabilité de présence de l'espèce. Le second modèle se base sur des données de terrain et fait appel aux statistiques multivariées de modélisation (DEROUAUX, 2002). Il permettra d'avoir une vision précise de l'habitat du Pic épeichette et de la répartition des milieux qui lui sont favorables au sein d'un massif forestier, et d'envisager une gestion conservant ou restaurant des milieux attractifs pour ce pic.

2. Ecologie et habitat du Pic épeichette

Le Pic épeichette a une très large répartition, couvrant toutes les régions tempérées du Paléarctique (WINKLER *et al.*, 1995), où il se trouve principalement dans les forêts feuillues. Les populations de Pics épeichettes déclinent depuis quelques décennies en Suède, en Finlande et probablement localement en Allemagne (OLSSON, 1998). Dans ces pays, l'oiseau fréquente surtout les vieilles forêts caducifoliées. Or, en raison de l'exploitation intensive actuellement pratiquée, il est contraint de vivre dans des forêts très modifiées et l'habitat qui lui convient le mieux est désormais très fragmenté (WIKTANDER *et al.*, 1992). En Belgique, le statut de l'espèce est encore mal connu. Son abondance paraît faible, même dans les milieux favorables. Ceci est probablement imputable au fait

qu'un couple a un domaine vital très étendu pour subsister à la mauvaise saison.

L'habitat principal du Pic épeichette est la vieille forêt feuillue non exploitée avec une grande densité d'arbres morts sur pied (WIKTANDER *et al.*, 1992). Il est fréquent dans les forêts alluviales de l'*Alno-Padion* composées d'aulnes glutineux (*Alnus glutinosa*) et de saules (*Salix spp.*). En Suède, c'est dans ce type de forêt très humide qu'il y a le plus d'arbres morts favorables aux Pics épeichettes (OLSSON *et al.*, 1992). Les vieilles chênaies-charmaies du *Carpinion* accueillent aussi des populations importantes mais en densité plus faible que l'*Alno-Padion*.

La plus importante population forestière en



Région wallonne occupe la chênaie-charmaie de la dépression de Fagne-Famenne. JACOB & PAQUAY (1992) estiment la population de Famenne à 80 couples, avec une densité moyenne de 0,3 couples au kilomètre carré. Dans cette région, un premier type d'habitat est constitué par les formations vallicoles (peupleraies, aulnaies, saulaies) et de bas de pente (parties inférieures des hêtraies mélangées). Le second type d'habitat est représenté par les chênaies-charmaies, où il se rencontre soit dans les très vieilles futaies, soit dans des zones à sol plus acide et humide, enrichies en bouleaux et trembles soit dans de vieux taillis déperissants. En Belgique, DEVILLERS *et al.* (1988) ont estimé la population de Pic épeichette à 510 couples. Dans les chênaies de Bourgogne, la densité d'Epeichettes n'est jamais forte mais elle augmente sensiblement lors du vieillissement (FROCHOT & FERRY, 1983). Les taillis déperissants, les vergers et peupleraies sont aussi occupés. Ce pic évite les massifs de résineux pour la nidification mais s'y réfugie et s'y nourrit parfois en hiver. Il est aussi très peu fréquent dans les forêts mixtes de feuillus et résineux.

La présence du Pic épeichette dans un milieu dépend de la richesse en nourriture durant l'hiver (WIKTANDER *et al.*, 1992). Le choix d'un territoire et la réussite de la ponte sont liés à l'abondance de proies durant les quelques semaines précédant la ponte (OLSSON, 1998; WIKTANDER *et al.*, 2001). En automne, en hiver et au début du printemps, le Pic épeichette a un régime alimentaire spécialisé. Il recherche ses proies principalement dans le bois mort. Le micro-habitat d'alimentation est alors constitué de fines branches mortes encore recouvertes d'écorce (diamètre de 1 à 5 cm) (CRAMP, 1985; OLSSON, 1998). Il recherche sa nourriture en picorant à travers l'écorce et parfois dans le bois, afin d'extraire les larves

d'insectes xylophages. Avant l'apparition des feuilles, il passe très peu de temps à glaner des proies à la surface du substrat. Généralement, il se nourrit à mi-hauteur des arbres mais peut évoluer à n'importe quel niveau. A l'occasion, il picore du bois se trouvant au sol (OLSSON, 1998). Aux environs de fin avril - début mai, les feuilles qui commencent à grandir offrent des proies intéressantes pour le Pic épeichette, depuis les pucerons jusqu'aux chenilles et araignées (WIKTANDER *et al.*, 1992). Simultanément, une large proportion de larves du bois mort éclosent et quittent les branches mortes. Ces larves ne seront remplacées que tard dans l'été, quand les œufs de la seconde génération seront enfin pondus. En conséquence, face à une diminution des proies, les pics vont s'orienter vers une recherche de nourriture dans le feuillage. Le Pic épeichette est donc d'abord un spécialiste du bois mort et devient ensuite un généraliste du glanage des proies à la surface des feuilles. La sélection du site de nidification se fait en fonction de la densité d'arbres vivants et morts (WIKTANDER *et al.*, 1994).

L'Epeichette a un bec assez faible. Bien qu'il soit capable d'entamer les arbres sains, il préfère creuser sa loge dans le bois tendre ou friable d'un arbre sec ou d'un tronçon de branche morte, le plus souvent dépourvue de son écorce. Le mâle comme la femelle occupent les cavités, creusées par eux-mêmes ou par d'autres espèces de pics. Les œufs sont déposés dans la cavité du mâle, généralement creusée l'année même de la reproduction. Les cavités se trouvent presque toujours dans des arbres morts d'essences feuillues, que ce soit le bouleau, l'aulne, le saule ou le peuplier tremble.

(cf p. suivante)

1 - La surface terrière est, à l'hectare, la somme des surfaces des sections de tous les arbres mesurés à 1,5 m du sol. Elle donne une bonne idée de la densité du peuplement.



3. Sites d'étude et inventaire forestier

Deux sites d'étude situés en Ardenne occidentale ont été choisis. Le premier site (W), de 615 ha, se trouve au nord du village de Gembes (commune de Wellin, province du Luxembourg, cantonnement de Wellin), sur la Zone de Protection Spéciale de Daverdisse, en Moyenne Ardenne. Le second site (CS), d'une étendue de 800 ha, s'étend au sein de la forêt communale de la Croix-Scaille et sur la Zone de Protection Spéciale du même nom, en Ardenne occidentale (commune de Gedinne, province de Namur, cantonnement de Beauraing) (Fig. 1).

La méthode d'inventaire forestier utilisée est celle de l'inventaire par évaluation visuelle. Cette méthode allie souplesse et rapidité d'exécution. Il s'agit d'un inventaire par échantillonnage de type systématique qui se caractérise par l'absence de mesures de la circonférence des arbres.

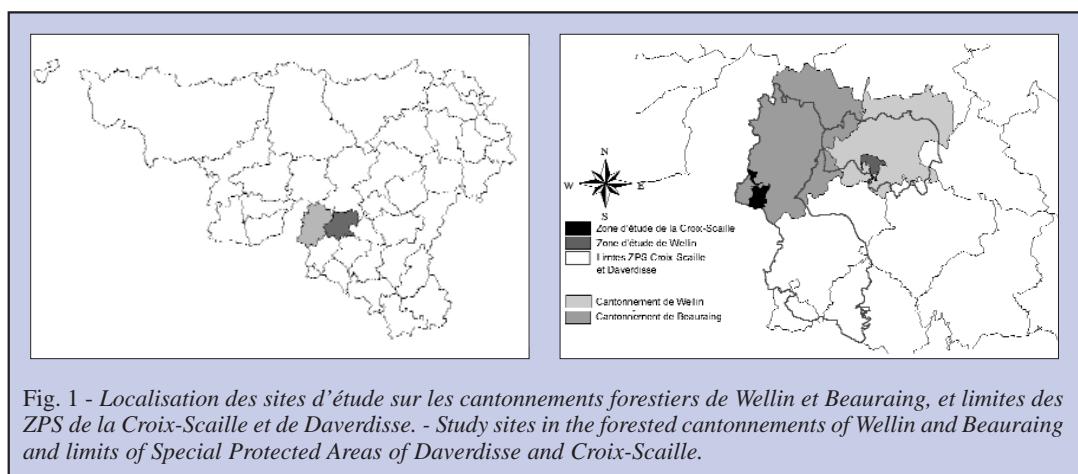
Il a été réalisé par placettes d'un hectare sur 1.200 ha des deux sites d'étude. Les mesures de circonférence sont remplacées par des évaluations visuelles des grosseurs de tige par essence, ces grosseurs étant réparties en quatre catégories de large amplitude (petits bois : 40-90cm, moyens bois : 90-150cm, gros bois : 150-200cm, très gros bois : 200-240cm, très très gros bois : > 240cm). Cela constitue un compromis entre la qualité de l'appréciation visuelle et la qualité des estimations en termes de surface terrière¹ (page précédente). La récolte des données ne concerne pas seulement la description des arbres de la futaie mais aussi, le cas échéant, celle du taillis (nombre de cépées et nombre moyen de brins par cépée) et de la régénération, toujours par estimation visuelle de leurs caractéristiques (stade de développement et recouvrement).

4. Méthodologie

Le modèle d'indice de qualité d'habitat

L'objectif est de définir la probabilité de présence du Pic épeichette dans un massif forestier en utilisant a priori les paramètres de l'inventaire

forestier qui caractérisent au mieux son habitat de nidification. La probabilité de présence du pic est calculée sur la base d'une moyenne géométrique de trois paramètres jugés les plus pertinents. Les trois paramètres sont catégorisés en valeurs de 1 à 4 (Tableau 1), selon les exigences du pic.





D'après la littérature existante, quatre facteurs principaux peuvent expliquer la présence du Pic épeichette dans une forêt : la composition en essences (avec une préférence pour les essences à bois tendre et le chêne), le nombre d'essences présentes dans le taillis et la futaie (plus le nombre d'essences est élevé, plus la proportion d'essences à bois tendre augmente), la surface terriè-

re à l'hectare, et la présence de bois mort. Le modèle IQH prend les trois premiers en considération (Tableau 1). En effet, l'évaluation de la quantité de bois mort sur pied et au sol n'est pas effectuée avec suffisamment de précision lors des inventaires forestiers. La distribution géographique des valeurs de cet indice dans les 1.200 placettes est illustrée à la Fig. 2.

Tableau 1 - Descriptifs de l'indice de qualité d'habitat pour le Pic épeichette : variables composant le modèle, valeurs des différentes paramètres et formule mathématique. - Description of the habitat quality index for Lesser Spotted Woodpecker : model's variables, parameters values and mathematical formula.

		Catégories des différentes variables			
Variable	Description	3	2	1	0
ESS	Essences principales du peuplement Tree composition	Aulne, tilleul, bouleaux	Peupliers, érables, chênes	Charme, chêne-hêtre	Autres
NBESS	Nombre d'essences dans la futaie et le taillis, par ha Number of tree species	> 7	4 - 6	2 - 3	0 - 1
GHA	Surface terrière du peuplement (m ² /ha) Tree basal area (m ² /ha)	> 20	15 - 20	10 - 15	< 10

Formule de l'IQH :

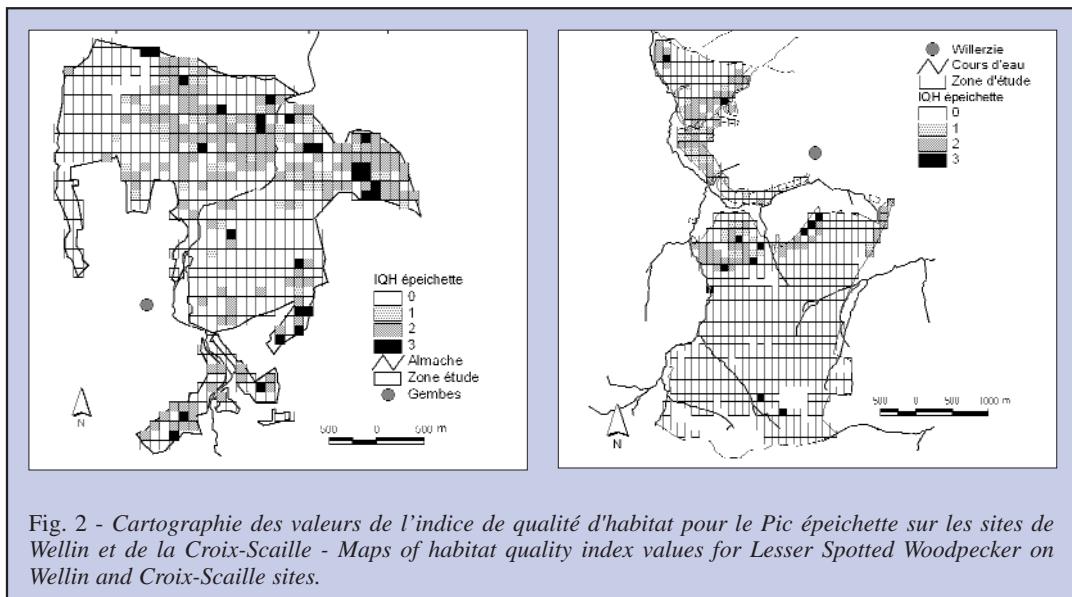
$$IQH_{pe} = (ESS * NBESS * GHA)^{0,33} / 3$$


Fig. 2 - Cartographie des valeurs de l'indice de qualité d'habitat pour le Pic épeichette sur les sites de Wellin et de la Croix-Scaille - Maps of habitat quality index values for Lesser Spotted Woodpecker on Wellin and Croix-Scaille sites.



Validation d'un modèle d'indice de qualité d'habitat (IQH) pour le Pic épeichette

Après avoir choisi les paramètres et créé le modèle, la validation est le deuxième volet de la mise au point d'un modèle. La validation est la démonstration que ce modèle possède, dans le cadre de son domaine d'applicabilité, une précision satisfaisant aux applications attendues (RYKIEL, 1996). Si le modèle est validé, on peut l'appliquer dans les conditions pour lesquelles il a été mis au point. Par contre, s'il est réfuté, il faut chercher la raison pour laquelle on ne peut pas l'appliquer. Cela peut être un mauvais choix de variables ou un mauvais choix dans le type de modèle à appliquer.

Afin de valider le modèle IQH, des recherches systématiques ont été réalisées sur les deux sites d'étude durant les mois de février, mars et avril 2001 et 2002.

Dans chaque massif, quarante placettes d'un hectare ont été recensées. Le choix de ces placettes s'est fait selon la grille d'inventaire et en fonction du modèle d'habitat IQH. Dix placettes ont été choisies aléatoirement pour chaque valeur de l'indice de qualité d'habitat.

Dans chacune de ces placettes, une recherche systématique du Pic épeichette a été menée en utilisant la repasse après quinze minutes d'écoute et d'observation silencieuses. Après la diffusion du chant, une dizaine de minutes étaient consacrées encore à l'écoute. Chaque placette a été visitée annuellement trois fois entre début mars et fin avril dans les sites de Beauraing et de Wellin.

Après ces passages sur les 80 placettes, on pose l'hypothèse que le Pic épeichette n'est pas présent dans les placettes sans contact. Cette hypothèse de travail est nécessaire pour la caractérisation de l'habitat (WIKTANDER *et al.*, 1992; SAVIGNAC *et al.*, 1995; LAUGA *et al.*, 1996; MIRANDA & PASINELLI, 2001). Cependant, vu la

dimension du territoire de l'oiseau et sa relative discréption, il est difficile d'être certain de l'absence du Pic épeichette dans une placette; à l'inverse, le comportement de défense territoriale de l'espèce et le nombre de passages diminuent les risques de "fausse absence".

La validation du modèle se fait à deux échelles (1 ha et 9 ha) avec les données de présence-absence du Pic épeichette dans les quarante placettes de chaque site :

- La première échelle est la maille d'un hectare utilisée pour l'inventaire forestier. Les Pics épeichettes contactés hors des limites de la placette inventoriée ne sont pas pris en compte.
- La portée du diffuseur étant supérieure à 50 mètres lors de la repasse, on attire les Pics épeichettes qui se trouveraient dans les placettes voisines. On prend donc en compte, dans l'échantillonnage selon la seconde échelle, les huit hectares situés autour de la placette. La présence de l'oiseau est aussi notée dans ces parcelles jouxtant la placette marquée. Une fois l'oiseau contacté dans une des huit parcelles encadrant la placette, il est considéré comme présent dans la parcelle de neuf hectares. Cette échelle correspond mieux à la taille d'un territoire de Pic épeichette. L'indice de qualité d'habitat correspond alors à un IQH calculé sur la base de la moyenne de chaque paramètre dans les neuf placettes (ou moins si la placette se trouve en lisière). La validation dans les parcelles étendues se fait également pour ces nouveaux IQH.

L'application d'un test de Kruskal-Wallis nous permet de déterminer s'il y a une différence significative entre les classes de probabilité de présence du Pic épeichette. S'il n'y a pas de différence entre les médianes des populations, cela signifie que le Pic épeichette est réparti aléatoirement sur tout le massif, indépendamment du modèle.

Deux caractéristiques de performance d'un modèle sont importantes : la sensibilité et la spécificité. La sensibilité est la proportion de vrais positifs (prédiction de présence et observation de présen-



ce) par rapport à la somme de vrais positifs et de faux négatifs. La spécificité est la proportion de vrais négatifs (prédiction et observation d'absence) par rapport à la somme de vrais négatifs et de faux positifs. L'évolution de la sensibilité et la spécificité constituent la courbe ROC (Receiver Operating Characteristic Curve) (LAUGA *et al.*, 1996; MANEL *et al.*, 2001). La surface sous la courbe de la ROC, appelé AUC (Area Under Curve), permet d'estimer la performance du modèle; elle est proportionnelle au pouvoir de détection des vrais positifs et des vrais négatifs, et donc au pouvoir discriminant du modèle estimé. La valeur de AUC est comprise entre 0 et 1, et le modèle est d'autant meilleur qu'il se rapproche de 1. A partir de 0,7, un modèle est jugé bon.

Comparaison d'habitats avec ou sans Pic épeichette et modélisation des exigences de l'espèce

L'objectif est de mettre en évidence les variables de l'habitat qui influencent la présence du Pic épeichette dans les massifs forestiers d'Ardenne sur la base des observations de terrain. Le but est de proposer un modèle multivarié fin des exigences du Pic épeichette et de pouvoir définir la probabilité de présence de l'oiseau dans chaque massif.

Pour la modélisation des exigences, on utilise toutes les données récoltées dans les deux zones d'étude, dans et hors stations IQH. De plus, on s'est basé sur les données récoltées dans le Bois d'Halma (carte IGN 59-6 N) par C. Dehem dans

le cadre du projet d'Atlas des oiseaux nicheurs de Wallonie (coordination Aves), portant le nombre de placettes à un total de 102.

Outre les variables de l'inventaire forestier, des variables concernant directement l'écologie du Pic épeichette ont été relevées sur le terrain pour la modélisation plus fine de son habitat. Il s'agit des variables "nombre de bois morts par hectare", "nombre de bouleaux morts de circonférence supérieure à 47 cm", "nombre de feuillus morts autres que les bouleaux", "structure", "pourcentage de feuillus dans la parcelle", "recouvrement du taillis et du sous-bois", "nombre d'aulnes, de bouleaux, de chênes et de tilleuls par hectare", "présence d'un cours d'eau", "présence d'une lisière" et "pente".

La statistique de Mann-Whitney permet de tester l'égalité des médianes de deux populations (présence et absence de Pic épeichette). La matrice de corrélation de Spearman est calculée pour toutes les variables significatives lors du test de Mann-Whitney ($p < 0,05$). Cette étape est réalisée pour supprimer les variables corrélées entre elles de manière trop importante ($r > 0,5$) (TOBALSKE, 2002).

La régression logistique multiple a ensuite été employée pour constituer le modèle d'habitat. Elle permet de chercher une relation entre une ou plusieurs variables binaires (présence-absence) ou qualitatives à plusieurs niveaux, en fonction de variables indépendantes quantitatives, qualitatives ou mixtes (variables habitat) (SIEUX, 1997; MLADENOFF *et al.*, 1999; TOBALSKE, 2002).

5. Résultats

Validation d'un modèle d'indice de qualité d'habitat (IQH) pour le Pic épeichette

a) A l'échelle d'un hectare

Sur les 80 stations échantillonées, on a noté la présence du Pic épeichette dans 13 parcelles : 6

à Gembes et 7 à Willerzie (Tableau 2). A l'échelle d'un hectare, dans les deux zones d'étude, l'IQH n'a pas d'influence sur la répartition du Pic épeichette ($H_w = 3,82$; $p_w = 0,281$; $H_{cs} = 0,51$; $p_{cs} = 0,917$; $H_{w+cs} = 1,72$; $p_{w+cs} = 0,632$) (H = test de Kruskal Wallis). Le modèle n'est donc pas pertinent, il faut trouver un autre modèle plus adapté aux répartitions du Pic épeichette sur le



Tableau 2 - Présence (1) et absence (0) de Pics épeichettes pour chaque IQH dans les sites de Wellin et de la Croix-Scaille, pris séparément puis ensemble, pour les placettes de 1 ha. - Presence (1) and absence (0) of Lesser Spotted Woodpeckers for each Habitat Quality Index (IQH) in the two sites separately or taken together for 1 ha units.

Sites	Pic épeichette	IQH				
		0	1	2	3	Total
Wellin	0	8	9	7	10	34
	1	2	1	3	0	6
Croix-Scaille	0	9	8	8	8	33
	1	1	2	2	2	7
Deux massifs	0	17	17	15	18	67
	1	3	3	5	2	13

Tableau 3 - Présence (1) et absence (0) de Pics épeichettes pour chaque IQH dans les sites de Wellin et de la Croix-Scaille, pris séparément puis ensemble, pour les placettes de 9 ha. - Presence (1) and absence (0) of Lesser Spotted Woodpeckers for each Habitat Quality Index (IQH) in the two sites separately or taken together for 9 ha units.

Sites	Pic épeichette	IQH				
		0	1	2	3	Total
Wellin	0	5	16	8	1	30
	1	1	3	6	0	10
Croix-Scaille	0	14	12	3	0	29
	1	2	2	7	0	11
Deux massifs	0	19	28	11	1	59
	1	3	5	13	0	21

terrain. Deux cas sont possibles : soit il faut changer les variables, soit c'est le choix du modèle IQH qui est inadapté.

b) A l'échelle de 9 hectares

Lorsqu'on calcule l'IQH à une échelle de 9 ha, avec la moyenne des paramètres de toutes les parcelles jouxtant la station échantillonnée, on obtient des résultats intéressants. Le test de Kruskal-Wallis n'est pas significatif pour ce modèle IQH à Gembes ($H_w = 3,70$; $p_w = 0,296$). Le Pic épeichette utilise indifféremment les quatre classes d'IQH. Par contre, dans le massif de la

Croix Scaille, il y a une différence significative entre les quatre classes d'IQH calculés sur la base de la moyenne des paramètres des parcelles voisines de la station échantillonnée ($H_{cs} = 11,79$; $p_{cs} = 0,003$) (Tableau 3).

Il y a une différence entre les classes d'IQH par rapport à la présence du Pic épeichette pour les deux zones ($H_{w+cs} = 13,75$; $p_{w+cs} = 0,003$). La performance du modèle (AUC) calculée pour les parcelles étendues aux parcelles adjointes est de 0,7 pour Wellin, 0,8 pour la Croix-Scaille et 0,7 pour les deux sites considérés ensemble.



Tableau 4 - Variables pour lesquelles les moyennes entre les parcelles avec ou sans Pic épeichette sont significativement différentes ($n=102$; * : $p<0,05$; ** : $p<0,01$). - Variables whose means differ significantly for the presence and absence of Lesser Spotted Woodpecker.

	Moyenne sans Pic épeichette	Moyenne avec Pic épeichette	Degré de signification
Nombre d'essences du taillis et de la futaie	3,14	3,60	*
Surface terrière par hectare	15,84	18,76	**
Nombre de bois morts par hectare	8,43	17,45	**
Nombre de gros bois par hectare	15,69	21,96	*
Nombre de bois morts feuillus, sans les bouleaux > 47 cm circ., par hectare	0,67	1,26	*
Surface terrière des gros bois par hectare	3,82	5,38	*

Tableau 5 - Matrice de corrélation de Spearman ($n=102$) (** = $p<0,0001$) - Spearman rank correlation matrix.

	Nombre essences	Surface terrière	Nombre bois morts	Nombre bois morts ss bouleaux	Nombre gros bois	Surface terrière de gros bois
Nombre d'essences	1	0,18	0,25	0,23	0,17	0,17
Surface terrière	0,18	1	0,09	- 0,05	0,51***	0,53***
Nombre de bois morts	0,25	0,09	1	0,61***	- 0,11	- 0,1
Nombre de bois morts ss bouleaux	0,23	- 0,05	0,61***	1	0,005	0,016
Nombre de gros bois par hectare	0,17	0,52***	- 0,11	0,005	1	0,99***
Surface terrière gros bois	0,17	0,53***	- 0,1	0,016	0,99***	1

Comparaison d'habitats avec ou sans Pic épeichette et modélisation des exigences de l'espèce

Les variables influençant significativement la présence du Pic épeichette sont : le nombre d'essences du taillis et de la futaie, la surface terrière totale par hectare, le nombre de bois morts par hectare, le nombre de gros bois par hectare, la surface terrière des gros bois et le nombre de bois feuillus morts par hectare hormis les bouleaux de plus de 47 cm de circonférence (Tableau 4).

Le nombre de bois morts par hectare est significativement plus élevé dans les parcelles où le Pic épeichette est présent que dans les parcelles où il est absent. Cela confirme les études déjà réalisées sur cette espèce ainsi que sur les *picidae* en général. Le bois mort est une variable essentielle à la conservation des pics. Cette donnée peut aussi être prise en compte dans un modèle d'habitat précis.

Le Pic épeichette semble utiliser les stations dans lesquelles il y a beaucoup de gros bois (150 à 200 cm). Deux des trois variables utilisées pour



modèle IQH sont donc pertinentes. Le nombre d'essences du taillis et de la futaie et la surface terrière par hectare ont un rôle significatif dans la répartition du Pic épeichette au sein d'un massif forestier. Ces variables peuvent être reprises pour la réalisation d'un modèle plus précis. Par contre, la composition en essences n'influence pas la présence du Pic épeichette. En analysant les données, on remarque que l'échantillonnage a eu lieu presque exclusivement en zones feuillues. Les classes 0 de composition en essences du modèle IQH (résineux) ne sont donc pas bien représentées par rapport aux autres.

Le meilleur modèle de régression logistique multiple appliquée au Pic épeichette en Ardenne est celui utilisant les variables surface terrière (x_3) ($Z = 2,00$; $p = 0,046$) et nombre de bois morts par hectare (x_4) ($Z = 2,44$; $p = 0,015$). Le test de la vraisemblance du log est significatif ($G = 12,550$; $p = 0,002$) et la régression logistique s'ajuste très bien aux variables (Hosmer-Lemeshow = 0,857 ; $dl=8$; $p = 0,999$).

Le modèle se présente de cette manière :

$$\theta(x) = \frac{\exp(0,05719x_3 + 0,03318x_4 - 1,6892)}{1 + \exp(0,05719x_3 + 0,03318x_4 - 1,6892)}$$

On peut donc calculer la probabilité de présence du Pic épeichette en fonction des classes de surface terrière (GHA) et du nombre de bois morts par hectare (Tableau 6). Cette probabilité de présence augmente lorsque GHA et le nombre de bois morts augmentent.

Tableau 6 - Probabilités de présence du Pic épeichette obtenues grâce à la régression logistique multiple. En gras italique : valeur de probabilité > 0,5. - Presence probabilities of Lesser Spotted Woodpecker determined by the multiple logistic regression. Bold italics : probability values > 0,5.

Bois morts	Surface forestière (GHA) (m^2/ha)						
	5	10	15	20	25	30	35
0	0,197	0,247	0,303	0,367	0,435	0,507	0,577
10	0,255	0,313	0,378	0,447	0,518	0,589	0,656
20	0,323	0,388	0,458	0,530	0,600	0,666	0,726
30	0,399	0,470	0,541	0,611	0,676	0,735	0,787
40	0,481	0,552	0,621	0,686	0,744	0,795	0,837
50	0,564	0,632	0,696	0,753	0,802	0,844	0,878
60	0,643	0,705	0,761	0,809	0,850	0,883	0,909
130	0,948	0,961	0,970	0,977	0,983	0,987	0,990



6. Discussion

Validité du modèle IQH

Le modèle IQH pour le Pic épeichette n'est pas valable pour les massifs étudiés à l'échelle d'un hectare. Les résultats montrent que, globalement, sa présence n'est pas significativement influencée par les différentes classes d'IQH. Cela indique qu'il y aurait une distribution homogène du Pic épeichette dans les différentes classes d'IQH dans les conditions où les données ont été récoltées, c'est-à-dire au moyen de la repasse durant la période de chant. L'excitation provoquée par la diffusion du chant pourrait déplacer un Pic épeichette d'une placette dont l'IQH est élevé vers une dont l'IQH est plus faible et vice-versa, biaisant ainsi les résultats.

Cependant, deux variables utilisées dans le modèle IQH pour un hectare semblent être pertinentes : le nombre d'essences par hectare et la surface terrière sont significativement différentes dans les placettes avec ou sans Pic épeichette. La variable essence dominante n'a par contre pas été mise en évidence lors des tests de Mann-Whitney. Ce résultats peut s'expliquer par l'échantillonnage au sein des différents peuplements : peu de placettes échantillonnées se trouvaient dans les classes d'essences défavorables (résineux et charme, chênaie-hêtraie) alors que 78% des stations échantillonnées font partie de peuplements à base de chêne, érable ou peuplier.

La performance du modèle à l'échelle de placettes de 9 hectares est bonne pour les massifs étudiés. La dimension des parcelles correspond mieux à la dimension du domaine vital du Pic épeichette. Il y a aussi un plus grand nombre de données de présence dans ces parcelles. Dans le cas du massif de Gembes, il y a eu beaucoup de Pics épeichettes contactés autour des stations. La grille de 9 hectares contient donc relativement plus de données de présence que la grille d'un hectare.

Influence des différents paramètres de l'habitat sur la présence du Pic épeichette

La présence du Pic épeichette est influencée par le nombre d'essences dans la parcelle. Plus la diversité est grande, plus la probabilité de rencontrer l'oiseau est élevée. La présence du Pic épeichette est hautement probable dans les placettes comportant plus de 4 essences (Fig. 3). La disponibilité en nourriture varie selon les essences et les périodes de l'année (OLSSON, 1998). Le fait d'avoir une grande diversité en essences implique aussi une plus grande diversité de proies disponibles. De même, plus il y a d'essences différentes dans une parcelle, plus il y a de chance de trouver une essence à bois tendre (bouleau, aulne, saule ...) dont le Pic épeichette dépend pour la nidification et la recherche de nourriture avant l'apparition des feuilles (MIRANDA & PASINELLI, 2001).

Un autre élément qui influence la présence de ce pic est la surface terrière par hectare. Le Pic épeichette utilise nettement plus les classes de surface terrière les plus grandes (classes 2 et 3, $GHA > 15m^2/ha$) (Fig. 3). Une surface terrière par hectare élevée pourrait indiquer une plus grande densité de bois mort à tous les niveaux (branches, arbres ...). Cependant, nous avons montré que GHA et le nombre de bois morts par hectare n'étaient pas corrélés. On peut cependant émettre l'hypothèse qu'une surface terrière élevée est corrélée au nombre et à la longueur des petites branches mortes dans les houppiers. En Suède, ces deux paramètres sont importants pour le Pic épeichette (OLSSON, 1998). On peut donc penser que, dans nos régions, sa distribution est aussi influencée par celle des petites branches mortes.

Comme l'ont montré d'autres études (OLSSON *et al.*, 1992; MIRANDA & PASINELLI, 2001), le nombre d'arbres morts par hectare est un des facteurs importants pour la sélection de l'habitat par le

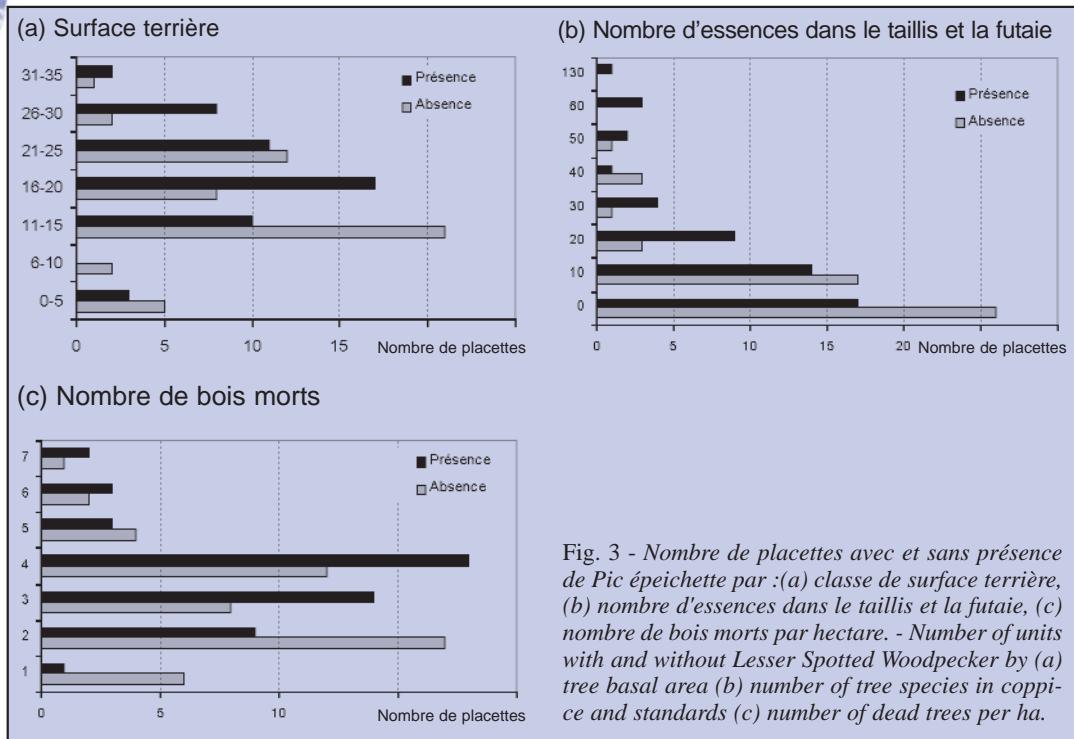


Fig. 3 - Nombre de placettes avec et sans présence de Pic épeichette par : (a) classe de surface terrière, (b) nombre d'essences dans le taillis et la futaie, (c) nombre de bois morts par hectare. - Number of units with and without Lesser Spotted Woodpecker by (a) tree basal area (b) number of tree species in coppice and standards (c) number of dead trees per ha.

Pic épeichette. Ceux-ci fournissent de la nourriture et de quoi creuser la loge. Les résultats de notre étude confirment l'importance des arbres morts sur pied dans la distribution du Pic épeichette en Ardenne (Fig. 3).

Les tests réalisés sur les différentes classes de grosseur d'arbres indiquent que ce sont les gros bois (150 à 200 cm) qui jouent un rôle important pour la surface terrière totale. Les bois moyens (90 à 150 cm) ainsi que les bois de plus de 200 cm influencent dans une moindre mesure la surface terrière totale. En effet, les parcelles contenant des bois de plus de 200 cm sont rares. Sur 102 stations prises en compte (80 de notre étude plus 22 de C. Dehem), seules 23 ont des très gros bois et 4 contiennent 10 très très gros bois par hectare. Parmi les quatre parcelles ayant dix bois plus gros que 240 cm, trois attirent le Pic épeichette. Il semble donc y avoir une préférence pour cette classe de circonférence mais le faible

nombre de parcelles ne permet pas de tirer de conclusion. On peut penser que le Pic épeichette est attiré par les bois de grande dimension pour la quantité de branches (mortes et saines) qu'ils contiennent. En Ardenne, la sylviculture pratiquée actuellement ne favorise pas la présence de bois de plus de 200 cm de circonférence.

Le recouvrement du taillis et celui du sous-bois n'ont aucune influence dans la répartition du Pic épeichette pour la période de la recherche. Dès le débourrement, lorsque l'oiseau cherche ses proies dans le feuillage, le taillis et le sous-bois fournissent un étage de feuilles supplémentaire dans lequel le Pic épeichette peut prélever sa nourriture. Ce paramètre pourrait alors influencer le choix de l'habitat durant l'été.



Le modèle par régression logistique

Le modèle par régression logistique est constitué des variables surface terrière et nombre de bois morts à l'hectare. Ces deux variables sont faciles et rapides à mesurer lors d'un inventaire forestier. Cependant, le nombre de bois morts par hectare ne figure pas toujours dans les données des inventaires. Ce modèle peut donc être utilisé comme outil par le forestier si celui-ci dispose d'un inventaire des arbres morts.

On remarque qu'à partir d'une surface terrière de 30 m²/ha, il y a au minimum 50% de chance de

trouver un Pic épeichette, quelle que soit l'abondance des arbres morts (Tableau 6). Notons que la surface terrière moyenne pour toutes les parcelles visitées est de 17,10 m²/ha.

Grâce au Tableau 6 et aux données de l'inventaire, il est possible de délimiter les zones favorables au Pic épeichette dans un massif forestier d'Ardenne, pour autant qu'on connaisse la surface terrière et le nombre de bois morts de chaque peuplement. Il reste cependant à valider le modèle avec de nouvelles données récoltées dans d'autres massifs forestiers en Ardenne voire même dans d'autres territoires écologiques de Wallonie.

7. Conclusion

La modélisation des exigences en terme d'habitat d'espèces représentatives de milieux donnés permet de prédire la réponse de ces espèces envers d'éventuels changements pouvant survenir dans leurs habitats. Les modèles d'habitat sont donc des outils précieux pour tout forestier soucieux d'aménager les forêts, non plus autour de la seule ressource bois, mais bien pour une conservation durable des écosystèmes et de leurs processus fonctionnels et donc, de la biodiversité.

Ce travail a permis d'améliorer les connaissances relatives aux exigences du Pic épeichette et de valider partiellement un modèle d'indice de qualité d'habitat (IQH) durant la période précédant la reproduction (mars-avril).

Les paramètres les plus importants dans la distribution du Pic épeichette en Ardenne sont le nombre d'essences du peuplement, la surface terrière par hectare, le nombre de bois morts par hectare et le nombre de gros bois (150 à 200 cm de circonférence). Le modèle statistique d'habitat créé au moyen de la régression logistique multiple comprend deux de ces variables : la surface terrière et le nombre de bois morts à l'hectare. Ce modèle permet de déterminer la probabilité de présence du Pic épeichette dans les peuplements

feuillus d'Ardenne. Ce modèle doit à l'avenir être validé dans d'autres massifs forestiers.

REMERCIEMENTS - L'Accord-cadre en recherches forestières du Ministère de la Région Wallonne a permis d'entamer ce travail. L'inventaire forestier a pu être réalisé grâce au concours de l'unité de Gestion et Economie forestière de la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux (Prof. J. Rondeux) et à l'aide de Régine Borremans, Olivier Molinne, Mathieu Verlaine. Nous les remercions pour le travail qu'ils ont réalisé avec courage et méticulosité. Xavier Vandevyvre, David Monticelli et Christophe Dehem nous ont aidés à la récolte des observations de terrain. Un grand merci pour leur aide. Nous tenons également à remercier les Ir. J. Gilissen et Ir. L. Picard, respectivement des cantonnements de la Division Nature et Forêts de Wellin et Beauraing, pour avoir toujours montré un intérêt constructif pour cette étude et nous avoir facilité l'accès aux sites d'étude, ainsi qu'à Maurice Wuidar, agent DNF à Gembloux, pour sa motivation constante à la conservation de la nature et les nombreuses discussions de terrain. Enfin, les auteurs remercient le Dr R. Libois pour son soutien constant et son esprit critique à l'égard de cette étude et Jean-Yves Paquet pour la relecture du manuscrit.



SUMMARY - Habitat modeling : a tool for forest ecology management. A case study of Lesser Spotted Woodpecker (*Dendrocopos minor*) in belgian Ardenne.

The habitat requirements of the Lesser Spotted Woodpecker were studied during the spring in Ardenne, Belgium, in order to 1) assess the validity of a habitat suitability model, 2) create a new model using multiple logistic regression. The habitat suitability model contains three parameters : tree basal area (GHA), number of tree species (NBESS) and tree composition (ESS) (Table 1). These parameters are estimated by a forest inventory. Observations showed that

the habitat suitability indices model performs well for 9 ha plots but is irrelevant for 1 ha plots. The Lesser Spotted Woodpecker requires the presence of a high diversity of tree species, a high density of dead trees and a basal area of more than 15 m²/ha. Dead trees and basal area parameters were used to design multiple logistic regression model. Foresters could use this model as a tool in their forest management.

8. Bibliographie

- BLONDEL, J., FERRY, C., & FROCHOT, B. (1973) : Avifaune et végétation, essai d'analyse de la diversité. *Alauda*, 41 : 63 - 84.
- CODY, M.L. (1985) : Habitat selection in the sylviine warblers of Western Europe and North Africa. Pages 85-129 in CODY, M.L., ed. : *Habitat selection in birds*. Academic Press.
- CRAMP, S. (1985) : *Handbooks of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa* Oxford University Press, Oxford.
- DELAHAYE, L. (2001) : *Caractérisation de l'habitat d'espèces cibles en vue d'aménagements forestiers intégrés dans les Zones de Protection Spéciale*. Mémoire de DEA, Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux, Gembloux.
- DEROUAUX, A. (2002) : *Etude de l'habitat du pic épeichette (*Dendrocopos minor*) en Ardenne*. TFE, Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux, Gembloux.
- DEVILLERS, P., ROGGEVAN, W., TRICOT, J., DEL MARMOL, P., KERWIJN, C., JACOB, J. & ANSELIN, A. (1988) : *Atlas des oiseaux nicheurs de Belgique*. IRSNB, Bruxelles.
- FERRY, C. & FROCHOT, B. (1970) : L'avifaune nidifiant d'une forêt de chênes pédonculés en Bourgogne : étude de deux successions écologiques. *La Terre et la Vie*. 2 : 153 - 250.
- LAUGA, J., JOACHIM, J. & BAVENT, G. (1996) : Construction d'un modèle d'habitat du Pinson des arbres (*Fringilla coelebs* L) en zone forestière et applications. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, INRA, 29 : 37 - 51.
- MANEL, S., WILLIAMS, H.C. & ORMEROD, S.J. (2001) : Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology*, 38, 921-931.
- MIRANDA, B. & PASINELLI, G. (2001) : Habitat requirements of the Lesser Spotted Woodpecker (*Dendrocopos minor*) in forests of northeastern Switzerland. *Journal Fur Ornithologie*, 142 : 295 - 305.
- MLADENHOFF, D.J., SICKLEY, T.A. & WYDEVEN, A.P. (1999) : Importance of spatial scale to habitat use by breeding birds in riparian forests : a hierarchical analysis. *Ecological applications*, 9 : 135 - 151.
- OLSSON, O. (1998) : *Through the eyes of a woodpecker : understanding habitat selection, territory quality and reproductive decisions from individual behaviour*. Thèse de Doctorat, Lund University.
- OLSSON, O., NILSSON, I.N., NILSSON, S.G., PETTERSSON, B., STAGEN, A., & WIKTANDER, U. (1992) : Habitat preferences of the Lesser Spotted Woodpecker *Dendrocopos minor*. *Ornis Fennica*, 69 : 119 - 125.
- JACOB, J.P. & PAQUAY, M. (1992) : *Oiseaux nicheurs de Famenne. L'atlas des oiseaux de Lesse et Lomme 1985-1989*. Aves et Région Wallonne, Liège.
- RYKIEL, E.J. (1996) : Testing ecological models: The meaning of validation. *Ecological Modelling*, 90 : 229 - 244.



- SAIGNAC, C., HULOT, J. & DESROCHERS, A. (1995) : *Modèle d'indice de qualité de l'habitat pour la gélinoche huppée (Bonasia umbellus) au Québec*. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction générale de la ressource faunique et des Parcs, Gestion intégrée des ressources.
- SIEUX, J.S. (1997) : *La gélinoche des bois (Bonasa bonasia L.) en Ardenne occidentale : habitat et mesures de conservation*. Mémoire de fin d'études, FuSAGx, Gembloux.
- TOBALSKE, C. (2002) : Effects of spatial scale on the predictive ability of habitat models for the Green Woodpecker in Switzerland. Pages 197-204 in SCOTT, J.M., HEGLUND, P.J. & MORRISON, M.L., eds : *Predicting species occurrences : issues of accuracy and scale*. Island Press, Washington.
- WIKTANDER, U., NILSSON, I.N., NILSSON, S.G., OLSSON, O., PETTERSSON, B., & STAGEN, A. (1992) : Occurrence of the Lesser Spotted Woodpecker *Dendrocopos minor* in Relation to Area of Deciduous Forest. *Ornis Fennica*, 69 : 113 - 118.
- WIKTANDER, U., NILSSON, S.G., OLSSON, O. & STAGEN, A. (1994) : Breeding Success of a Lesser Spotted Woodpecker *Dendrocopos minor* Population. *Ibis*, 136 : 318 - 322.
- WIKTANDER, U., OLSSON, O. & NILSSON, S.G. (2001) : Seasonal variation in home-range size, and habitat area requirement of the Lesser Spotted Woodpecker (*Dendrocopos minor*) in Southern Sweden. *Biological Conservation*, 100 : 387 - 395.
- WINKLER, H., CHRISTIE, D.A., & NURNEY, D. (1995) : *Woodpeckers A guide to the Woodpeckers, Piculets and Wrynecks of the World*. Pica Press, Sussex.



J.-M. Winants

Laurence DELAHAYE

Antoine DEROUAUX

et Willy DELVINGT

Unité des Eaux & Forêts

Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux

Passage des déportés, 2

5030 Gembloux

delahaye.l@fsagx.ac.be