



ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE
DES DÉGÂTS D'ÉCORCEMENT
DANS LES PLANTATIONS RÉSINEUSES
EN RÉGION WALLONNE

GAUTHIER LIGOT – FRANÇOIS LEHAIRE – THIBAUT GHEYSEN
ALAIN LICOPPE – PHILIPPE LEJEUNE

Les dégâts d'écorcement inquiètent de très nombreux gestionnaires forestiers. Depuis plus de 10 ans, des inventaires sont réalisés annuellement et des outils de diagnostic ont été développés afin d'en quantifier l'ampleur en Région wallonne. L'examen de ces données met en évidence le rôle prépondérant des densités de cerfs ainsi que de la structure du paysage, de la rigueur des hivers et de la capacité d'accueil du milieu.

Au cours des dernières décennies, l'augmentation des dommages causés par les populations de cervidés aux peuplements forestiers est devenue une des préoccupations majeures des gestionnaires forestiers. Outre les dégâts d'abrutissement, les dégâts d'écorcement induisent d'importantes pertes économiques. En Région wallonne, le principal responsa-

ble de ce type de dégâts est le cerf (*Cervus elaphus* L.). Les conséquences de l'écorcement sont fortement liées aux attaques d'agents pathogènes mis en contact avec le bois, privé de la protection que lui procure l'écorce. Dans les peuplements d'épicéa, qui figure parmi les essences les plus sensibles, la proportion de tiges écorcées développant une pourriture peut attein-

dre entre 60 et 100 %. Suite au développement de pourriture, la partie basse des troncs, qui est également la partie de plus grande valeur, devient alors inutilisable pour les usages les plus nobles.

Face à ce constat interpellant, il est apparu nécessaire de mettre en place des systèmes de monitoring capables d'assurer un suivi régulier des pressions exercées par la grande faune sur l'écosystème forestier, mais également de développer des outils permettant d'analyser les facteurs environnementaux interagissant avec l'apparition de ces dégâts. En effet, si la présence de surdensité de cerfs induit vraisemblablement une augmentation des dégâts d'écorcement, certaines caractéristiques environnementales de l'habitat des

grands cervidés peuvent amplifier ou atténuer ce phénomène. Les études quantitatives visant à analyser les variations de l'activité d'écorçage sont jusqu'à ce jour peu nombreuses, ou confinées à des zones d'étude peu étendues. Brièvement, ces études confirment que l'occurrence des dégâts d'écorcement ne dépend pas exclusivement des densités locales de cervidés. La densité des peuplements, leur diversité, la topographie, l'importance de l'enneigement hivernal et la présence de lisières forestières sont autant d'autres facteurs à prendre en compte.

L'objet de cet article est de présenter les résultats d'une étude⁴ menée sur l'ensemble de l'Ardenne belge pour mettre en évidence les facteurs susceptibles



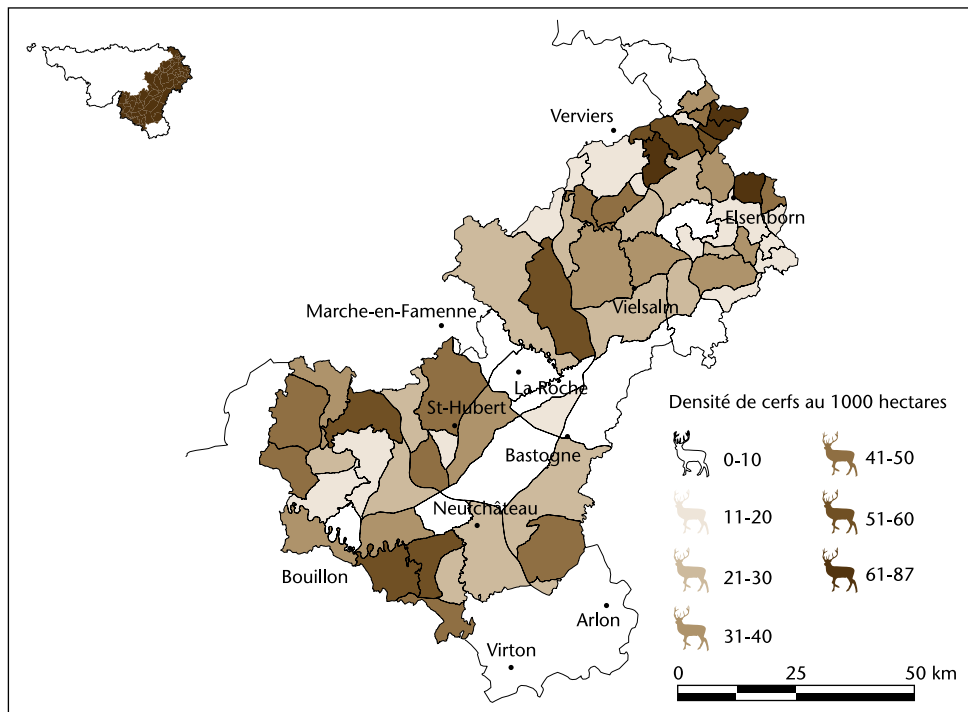


Figure 1 – Découpage de l’Ardenne belge en 63 massifs homogènes au niveau cynégétique et illustration de la variabilité de la densité estimée en cervidés sur la période de 2004 à 2007.

d’expliquer les variations observées des taux d’écorcement frais au niveau des plantations d’épicéa et de douglas. Cette étude identifie par ailleurs un ensemble de facteurs importants à considérer dans la mise en place d’une gestion cohérente des populations de cervidés. Les données utilisées pour mener cette analyse sont issues des inventaires des dégâts d’écorcement mis en place par le Département de la Nature et des Forêt (DNF, Service public de Wallonie) dans les plantations d’épicéa et de douglas en forêts publiques de 2004 à 2007.

ZONE D’ÉTUDE

La zone d’étude est constituée de 63 massifs répartis au sein de l’Ardenne belge. Ceux-ci ont été délimités en collaboration avec les services extérieurs du DNF de manière à constituer des entités relativement homogènes au plan cynégétique (figure 1). Leur superficie varie de 1000 à 25 000 hectares (moyenne de 9 000 hectares). L’altitude varie de 228 à 643 mètres (moyenne de 429 mètres) et la couverture forestière varie de 17 à 94 % (moyenne

de 60 %). Les peuplements résineux y représentent de 17 à 91 % de la surface boisée (moyenne de 63 %). La densité d'individus de l'espèce cerf varie entre 2 et 87 animaux aux 1 000 hectares avec une moyenne d'environ 28 animaux aux 1 000 hectares.

INVENTAIRE DES DÉGÂTS D'ÉCORCEMENT

Au sein de ces massifs, des observations d'écorcement frais ont été réalisées annuellement grâce à un réseau de placettes d'échantillonnage installées selon une grille systématique de 200 x 200 mètres dans des plantations d'épicéa ou de douglas sensibles à ces dégâts. Les plantations sensibles d'épicéa ont un âge compris entre 8 et 30 ans et celles de douglas ont un âge compris entre 8 et 36 ans. Le protocole de cet inventaire est plus amplement décrit dans le numéro 114 de *Forêt Wallonne*³.

L'analyse présentée dans cet article utilise les données récoltées entre 2004 et 2007 (tableau 1). Ces données englobent des relevés annuels d'environ 5 000 placettes et 70 000 arbres à partir desquels nous avons

Tableau 1 – Moyenne, minimum et maximum du taux d'écorcement frais total (T_{total}) pour l'ensemble des massifs considérés au cours de la période 2004 à 2007.

Année	Moyenne	Minimum	Maximum
2004	3,1	0	10,7
2005	2,7	0	8,8
2006	4,3	0,1	12,8
2007	2,1	0	8,7

calculé les taux d'écorcement frais total (T_{total}), hivernal et estival. Les dégâts frais hivernaux représentent en moyenne 81 % de l'ensemble des dégâts frais. Pour chaque massif, le taux d'écorcement correspond au rapport entre le nombre d'arbres écorcés sur le nombre total d'arbres observés dans l'ensemble des unités d'échantillonnage de la zone de référence.

SÉLECTION ET CALCUL DES VARIABLES

Les taux d'écorcement frais total, hivernal et estival ont été analysés en regard d'une série de variables environnementales. Ces dernières ont été sélectionnées sur base d'une analyse bibliographique mais également en considérant la pertinence et la précision des variables disponibles pour la zone d'étude.

À l'issue de cette pré-analyse, une trentaine de variables explicatives ont été sélectionnées et calculées en exploitant différentes sources de données cartographiques (cartes topographiques, modèle numérique de terrain, carte d'occupation du sol et réseau routier ; tableau 2). Les données météorologiques intervenant dans l'analyse proviennent de l'Institut Royal Météorologique de Belgique (IRM). Parmi ces dernières, la rigueur de l'hiver a été quantifiée par le nombre de jours où la couche de neige au sol est supérieure ou égale à 2 cm à 8 heures du matin. Le choix d'une telle définition traduit la volonté de ne prendre en compte que les jours pendant lesquels la neige forme un véritable tapis au sol. Enfin, les densités de cerfs ont été évaluées par le DNF (statistiques annuelles par triage). Elles sont considérées constantes au cours de la période concernée par l'étude (2004 à 2007).

Variables environnementales	Unité	Corrélation
Altitude moyenne	m	0,180 ■
Pente	°	-0,246 ■
Proportion de zones forestières	%	0,350 ■
Proportion de zones agricoles	%	-0,350 ■
Proportion de résineux	%	0,188 ■
Proportion de feuillus	%	-0,187 ■
Proportion de peuplements mixtes	%	-0,085 ■
Nombre d'îlots forestiers		-0,217 ■
Surface moyenne d'îlots	ha	0,287 ■
Écart-type de la surface d'îlots	ha	0,268 ■
Périmètre total d'îlots	km	-0,168 ■
Périmètre moyen d'îlots	km	0,257 ■
Densité des lisières	km/ha	-0,168 ■
Connexion entre les surfaces forestières (pourcentage du périmètre entouré de forêts)	%	0,149 ■
Séparation des surfaces forestières (pourcentage du périmètre que le cerf sait difficilement traverser)	%	-0,040 ■
Distance moyenne à la route la plus proche	m	0,212 ■
Distance moyenne à la route importante la plus proche	m	0,139 ■
Distance moyenne aux zones urbaines	m	0,230 ■
Estimation des densités de cerfs aux 1 000 ha		0,456 ■
Nombre de cerfs tirés aux 1 000 ha		0,446 ■
Fréquentation humaine ¹		0,141 ■
Nombre moyen d'espèces herbacées		-0,117 ■
Couvert moyen de la strate herbacée	%	0,046 ■
Nombre moyen d'espèces dans la régénération naturelle		-0,184 ■
Couvert moyen de la régénération	%	-0,052 ■
Nombre moyen d'espèces dans la strate arborée		-0,227 ■
Nombre de jours de la saison de végétation ($T_{base} \geq 10 \text{ °C}$)		-0,236 ■
Nombre de jours de neige		0,250 ■
Âge moyen des peuplements		0,169 ■
Nombre de tiges par hectare des peuplements		-0,264 ■

Tableau 2 – Liste des principales variables environnementales dont l'impact sur le taux d'écorcement a été testé. La dernière colonne indique la valeur de la corrélation entre T_{total} et les variables environnementales. Les carrés gris (■), verts (■), oranges (■) et rouges (■) indiquent respectivement que les corrélations sont non significatives ($P > 0,05$), significatives ($P < 0,05$), hautement significatives ($P < 0,01$) ou très hautement significatives ($P < 0,001$).

Un des intérêts de ce jeu de données est de considérer simultanément des variables descriptives du paysage et des variables climatiques (tableau 2). En outre, le

jeu de données présente un large éventail de conditions hivernales. Lors des quatre campagnes d'inventaire, le nombre moyen de jours de neige est ainsi passé de



Le dégâts d'été ne représentent en moyenne que 19 % de l'ensemble des dégâts frais.

44 en 2004 à seulement 7 en 2007 en passant par un maximum de 60 en 2006.

Les massifs pour lesquels la densité estimée de cerfs est inférieure à 10 cerfs aux 1 000 hectares ne présentaient pas de dégâts d'écorcement au cours des quatre campagnes d'inventaires et ont été retirés de l'analyse.

CONSTRUCTION DES MODÈLES

Trois modèles linéaires ont été ajustés afin d'analyser les taux d'écorcement frais total, hivernal et estival. Ces modèles ont été construits par une procédure de régression pas à pas visant à identifier la combinaison de variables environnementales offrant le niveau de prédiction le plus élevé. Le tableau 3 indique si les variables explicatives impliquent une augmentation ou une diminution des taux d'écorcement. Le niveau de prédiction des trois modèles est indiqué à l'aide du coefficient de détermination ajusté.

Tableau 3 – Liste des variables explicatives retenues dans les modèles de prédiction du taux d'écorcement total (T_{total}), hivernal (T_{hiver}) et estival ($T_{été}$). Les valeurs numériques renseignent sur l'importance relative des variables (en pourcent) dans chaque modèle. L'allure de la relation entre la variable et le taux d'écorcement est également indiquée par une flèche. La dernière ligne indique le pourcentage de la variabilité totale expliquée par le modèle (R^2_{adj}).

Variables environnementales	T_{total}	T_{hiver}	$T_{été}$
Densité estimée de cerfs aux 1 000 hectares	40 ↗	33 ↗	49 ↗
Proportion de résineux	15 ↗		6 ↗
Proportion de zones agricoles	15 ↘	14 ↘	18 ↘
Nombre de jours de neige	11 ↗	15 ↗	
Distance moyenne aux zones urbaines	10 ↘	9 ↘	17 ↘
Diversité de la régénération naturelle	9 ↘	8 ↗	9 ↘
Altitude		21 ↗	
R^2_{adj}	44	44	30

FACTEURS EXPLICATIFS DE LA RÉPARTITION SPATIO- TEMPORELLE DES ÉCORCEMENTS

Au sein de la zone d'étude, les taux d'écorcement ont varié de 0 à 12,8 % entre 2004 et 2007 (tableau 1). Dans les jeunes peuplements résineux de certains massifs, plus d'un arbre sur dix était donc écorcé annuellement.

Des trente variables initialement testées, sept ont été retenues et permettent d'expliquer près de la moitié de la variabilité des taux d'écorcement total et hivernal. Par contre, le taux d'écorcement estival est apparu plus difficile à prédire et vraisemblablement plus aléatoire vis-à-vis des variables explicatives que nous avons testées.

L'importance des variables explicatives dans nos modèles atteste que la densité estimée de cerfs est indéniablement le facteur de première importance : les dégâts d'écorcement sont plus importants dans les massifs où les densités de cerfs sont plus élevées. Néanmoins, d'autres facteurs, essentiellement environnementaux, expliquent significativement les variations de taux d'écorcement observées. Il apparaît donc indispensable de les prendre en compte.

Notamment, la disponibilité alimentaire est un facteur fréquemment évoqué dans la littérature pour expliquer l'abondance des dégâts d'écorcement⁵. Les biotopes plus pauvres, où la disponibilité alimentaire est plus faible, sont plus sensibles aux dégâts d'écorcement parfois même lorsque les densités de gibiers sont faibles. Ceci apparaît aussi clairement dans nos modèles que ce soit pour les dégâts hivernaux ou pour les dégâts estivaux. En

effet, la disponibilité alimentaire est indirectement incluse dans nos modèles par trois variables explicatives : la diversité de la régénération, la proportion de plaines agricoles et la proportion de résineux. Les deux premières variables influencent favorablement la disponibilité alimentaire, à l'inverse de la troisième dont l'augmentation entraîne une diminution des ressources alimentaires pour les cervidés².

Le manque de zones de quiétude pourrait également augmenter l'importance des dégâts d'écorcement. Les jeunes plantations de résineux sont des zones de refuges appréciées par le gibier surtout en hiver. Plus les dérangements liés aux activités humaines seraient importants, moins le gibier sortirait de ces zones de pauvres disponibilités alimentaires. D'après notre analyse (tableau 3), ce dérangement dépendrait principalement de la proximité des zones urbaines. Les parcelles en périphérie des massifs forestiers seraient donc plus impactées que les parcelles au centre des massifs.

Enfin, la rigueur de l'hiver réduit périodiquement la disponibilité de nourriture et augmente ainsi les dégâts d'écorcement hivernaux. La rigueur de l'hiver est traduite dans notre modèle par le nombre de jours pendant lesquels le sol est recouvert de neige. Cette variable explique une part non négligeable de la variabilité spatiale et surtout temporelle des dégâts d'écorcement hivernaux.

DÉVELOPPEMENT D'OUTILS DE DIAGNOSTIC

Si les analyses statistiques réalisées identifient la densité de grands cervidés comme

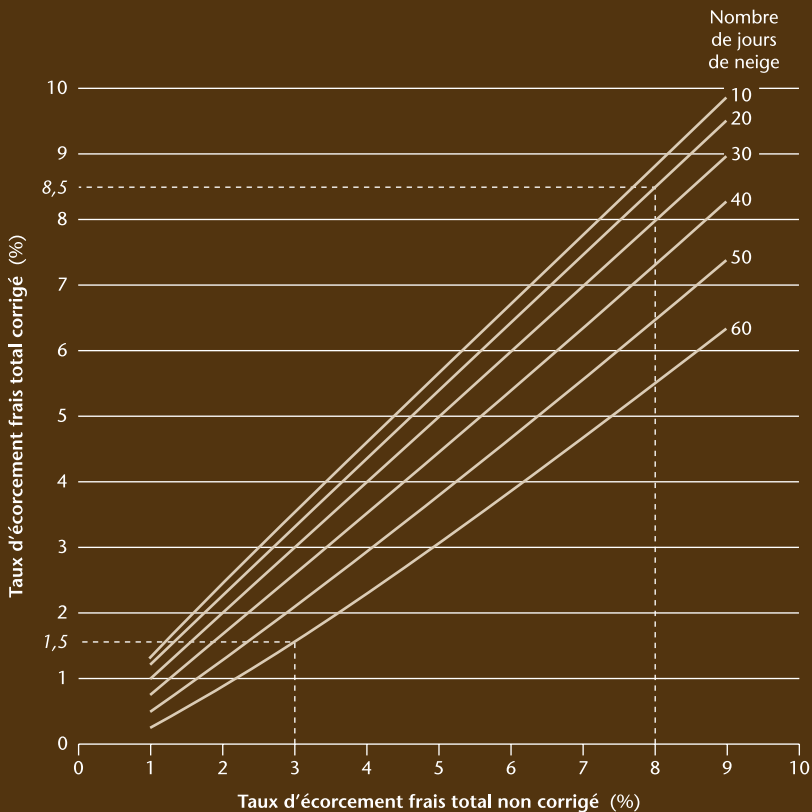
le principal facteur influençant le taux d'écorcement, elles confirment que la rigueur hivernale joue également un rôle important dans ce processus. Un des intérêts des modèles qui viennent d'être présentés est qu'ils permettent de dissocier et de quantifier l'impact respectif de ces deux facteurs.

Nous avons exploité cette possibilité pour calculer un taux d'écorcement « corrigé » dans lequel l'effet de la rigueur hivernale est supprimé (voir encart). Un tel taux corrigé permet de mieux appréhender les pressions exercées par le cerf sur les plantations résineuses indépendamment des fluctuations climatiques (figure 2), ce qui

CALCUL D'UN TAUX D'ÉCORCEMENT CORRIGÉ

La figure ci-dessous illustre le calcul des taux d'écorcement corrigés. Chaque courbe correspond à un certain nombre de jours de neige. Elle permet de convertir le taux d'écorcement observé en un taux d'écorcement corrigé. Ainsi, un taux d'écorcement observé de 3 % associé à

60 jours d'enneigement se traduit par un taux corrigé de 1,5%. Un taux d'écorcement de 8 % observé au cours d'une saison ne comptant que 20 jours d'enneigement se traduit par un taux corrigé de 8,5 %.



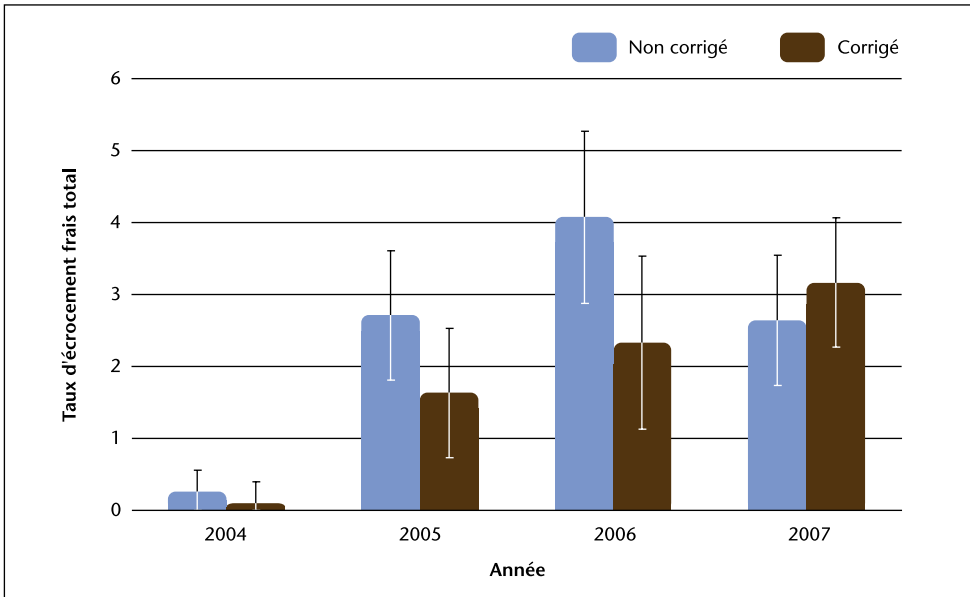


Figure 2 – Évolution des taux d'écorcement frais et du taux d'écorcement frais corrigé pour un massif au cours de la période 2004-2007. La diminution du taux d'écorcement frais entre 2006 et 2007 s'explique en grande partie par le faible enneigement de 2007. On constate ainsi que le taux d'écorcement corrigé augmente pour la même période. Il faut cependant noter que cette augmentation n'est pas significative au plan statistique comme en témoigne les intervalles de confiance représentés par les barres verticales.

ferait de ce taux corrigé un indicateur pertinent de l'état d'équilibre entre le milieu et la densité de population

De la même manière, il est également possible d'exploiter les modèles produits en bloquant les facteurs densité de cervidés et rigueur hivernale, afin d'estimer, pour chaque massif, la sensibilité aux écorcements liée aux autres facteurs environnementaux. Partant de ce principe, les massifs inventoriés ont été classés suivant trois niveaux de sensibilité à l'écorcement (figure 3). Cette carte permet aux gestionnaires de mieux appréhender l'importance à accorder au maintien d'un équilibre entre les densités de gibier et la

capacité d'accueil de leur territoire. En effet, dans les massifs les plus sensibles, la capacité d'accueil sera plus rapidement dépassée et les dégâts d'écorcement sont susceptibles d'augmenter plus rapidement en cas d'augmentation des populations de cervidés.

CONCLUSIONS

Les résultats de cette étude ainsi que les perspectives qui en découlent confirment l'intérêt des inventaires de dégâts frais d'écorcement comme un outil de suivi environnemental et d'aide à l'établissement des plans de tirs relatifs à l'espèce

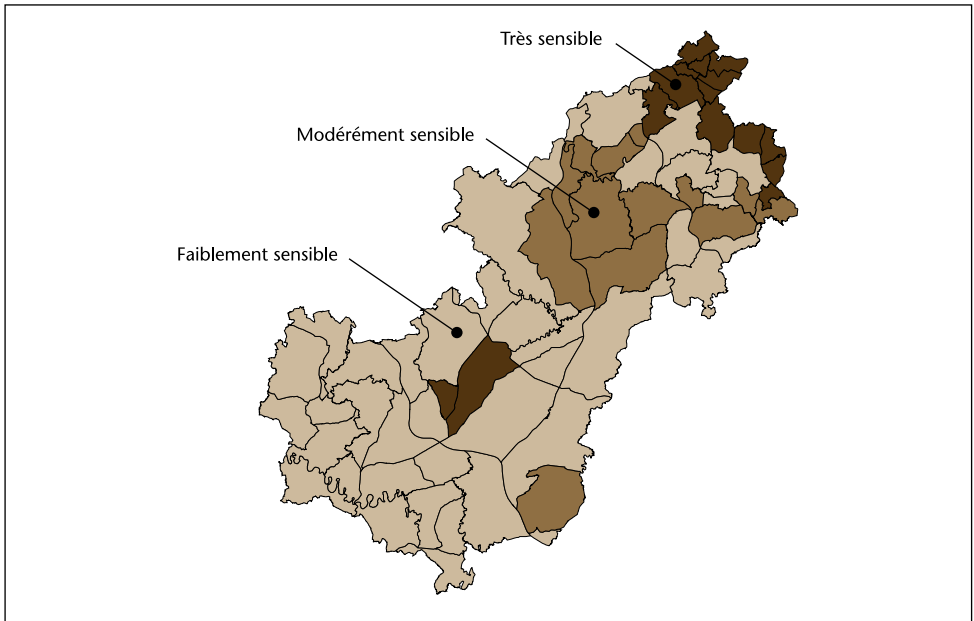


Figure 3 – Classification des massifs en fonction de leur sensibilité aux dégâts d'écorcement (foncé : fortement sensible ; moyen : moyennement sensible et clair : faiblement sensible). L'augmentation de la densité en cervidés est susceptible d'avoir un impact plus important sur le taux d'écorcement dans les zones les plus sensibles.

cerf. Pour des populations estimées supérieures à 10 cerfs aux 1000 hectares, le modèle présente l'influence de la densité de cervidés, de la capacité d'accueil de massifs forestiers, de la structure du paysage et de la rigueur hivernale sur l'importance des dégâts d'écorcement. En outre, ce modèle permet de standardiser les résultats des inventaires d'écorcement réalisés annuellement en filtrant l'effet de la rigueur hivernale. Une autre application de ce modèle prend la forme d'une carte présentant la sensibilité des différents massifs aux taux d'écorcement si l'on bloque à la fois l'effet du climat et de la densité de cerfs. Cette information peut s'avérer stra-

tégique pour la fixation de densités-cibles en Région wallonne.

En guise de perspectives, il serait intéressant de poursuivre cette recherche en considérant deux aspects :

- le calcul du taux d'écorcement corrigé est actuellement basé sur les données de quatre campagnes d'observations. Il mériterait d'être recalculé sur une série de données plus longues en y intégrant les inventaires postérieurs à 2007 ;
- la caractérisation de la rigueur hivernale est envisagée de manière globale au niveau régional en exploitant les données issues de l'IRM. Il conviendrait d'éva-

luer le gain de précision résultant d'une spatialisation de cette information en recourant par exemple à des images satellitaires adaptées à la détection de la couverture neigeuse⁶. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ¹ COLSON V. [2007]. La fréquentation des massifs forestiers wallons: le public, ses activités et sa perception de la forêt. *Forêt wallonne* **87** : 20-35 (orbi.ulg.ac.be/handle/2268/21351)
- ² LECOMTE P., FLORKIN H., MORIMONT J.-P., THIRION M. [2003]. *La forêt wallonne, état de la ressource à la fin du 20^{ème} siècle*. DNF, Jambes, 69 p.
- ³ LEJEUNE P., GHEYSEN T., ARNAL D., RONDEUX J. [2011]. L'inventaire des dégâts frais d'écorcement dans les peuplements résineux en Wallonie : bilan et perspectives. *Forêt Wallonne* **114** : 3-16 (hdl.handle.net/2268/102897)
- ⁴ LIGOT G., GHEYSEN T., LEHAIRE F., HÉBERT J., LICOPPE A., LEJEUNE P., BROSTAUX Y. [2012]. Modeling recent bark stripping by red deer (*Cervus elaphus*) in South Belgium coniferous stand. *Annals of Forest Science* **70**(3) : 309-318 (orbi.ulg.ac.be/handle/2268/138556)
- ⁵ VERHEYDEN H., BALLON P., BERNARD V., SAINT-ANDRIEUX C. [2006]. Variations in bark-stripping by red deer *Cervus elaphus* across Europe. *Mammal Review* **36** : 217-234.
- ⁶ WANG X., XIE H. [2009]. New methods for studying the spatiotemporal variation of snow cover based on combination products of MODIS Terra and Aqua. *Journal of Hydrology* **371** : 192-200.

Cette étude a été réalisée grâce à des financements du Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement de la Région wallonne via l'Accord-cadre de recher-

che et de vulgarisation forestières. Les auteurs tiennent à remercier l'asbl Forêt Wallonne et plus particulièrement Delphine Arnal et Cédric Daine pour le suivi de l'inventaire sur le terrain ainsi que tous les agents des services extérieurs du DNF qui ont participé aux campagnes d'inventaire sur le terrain. Ils tiennent également à remercier Hugues Lecomte (Inventaire permanent des ressources forestières) ainsi que Pascal Mormal (Institut Royal Météorologique de Belgique) pour les différentes données fournies.

GAUTHIER LIGOT

gligot@ulg.ac.be

FRANCOIS LEHAIRE

francois.lehaire@ulg.ac.be

THIBAUT GHEYSEN

thibaut.gheysen@globalforestcare.com

PHILIPPE LEJEUNE

p.lejeune@ulg.ac.be

Unité de Gestion des Ressources
forestières et des Milieux naturels,
Gembloux Agro-Bio Tech, ULg
Passage des Déportés, 2
B-5030 Gembloux

ALAIN LICOPPE

alain.licoppe@spw.wallonie.be

Laboratoire de la Faune Sauvage
et de Cynégétique,
DEMNA, DGO3

Avenue Maréchal Juin, 23
B-5030 Gembloux