

t e c h n i q u e s

RenD ez-Vous

n° 7 - hiver 2005

patrimoine

sylviculture

progrès

connaissances

économie

forêts et société

environnement

biodiversité

gestion durable



Dossier
p.19

Biolubrifiants en forêt

Biodiversité dans le Cantal

p.11



RenD ez-Vous t e c h n i q u e s

Directeur de la publication

Bernard Rey

Rédactrice en chef

Dominique de Villebonne

Comité éditorial

Claude Barbier, Yves Birot, Peter Breman, Jean-Marc Brézard, François Chièze, Jean-Luc Dunoyer, Claude Jaillet, Patrice Mengin-Lecreulx, Rémy Metz, Pierre-Jean Morel, Frédéric Mortier, Jérôme Piat, François-Xavier Rémy, Bernard Rey, Dominique de Villebonne

Maquette, impression et routage

Imprimerie ONF - Fontainebleau

Conception graphique

NAP (Nature Art Planète)

Crédit photographique

page de couverture

En haut : les travaux de bûcheronnage, consommateurs de lubrifiants de chaîne – B. Legrand, ONF

En bas : *Gagea lutea* – ONF du Cantal

Périodicité

4 numéros par an, et un hors série

Rendez-vous techniques est disponible au numéro ou par abonnement auprès de la cellule de documentation technique, boulevard de Constance, 77300 Fontainebleau.

Contact : dtech-documentation@onf.fr

ou par fax : 01 64 22 49 73

prix au numéro : 10 euros

abonnement : 45 euros (tarif 2005) durée 1 an (4 numéros et un hors série 2005)

Dépôt légal : février 2005

Toutes les contributions proposées à la rédaction sont soumises à l'examen d'un comité de lecture.

sommaire

n° 7 - hiver 2005

3 en bref

4 connaissances
Dépôts atmosphériques et écosystèmes forestiers en France
par Luc Croisé, Erwin Ulrich, Pierre Duplat et Olivier Jaquet

11 pratiques
Gestion de la biodiversité forestière dans le Cantal
par Thomas Darnis

19 dossier thématique
Quelle place pour les biolubrifiants en forêt ?

46 pratiques
Et si nous parlions des dégâts de microrongeurs...
par Olivier Baubet, Chantal Ducourtieux et Philippe Royer

51 connaissances
Suivi de cerfs dans les Cévennes à l'aide de balises GPS
par Dominique Pépin, Christophe Adrados et Jean-Marc Angibault

La composante environnementale, souvent très sensible chez nos concitoyens, malgré les perceptions multiples et très variées qu'elle recouvre, est un élément désormais quotidiennement présent dans notre gestion multifonctionnelle.

Ce numéro de Rendez-Vous Techniques s'efforce d'apporter des éléments de connaissances et de pratiques qui montrent comment, sur les thématiques développées, la prise en compte de l'environnement est bien présente dans l'aménagement forestier et la gestion.

Ainsi, l'agence du Cantal nous présente-t-elle un dispositif opérationnel de gestion de la biodiversité, qu'elle a pu mettre en place progressivement sur plusieurs années avec, certes, un concours de circonstances particulièrement favorables.

Le dossier qui vous est proposé fait le point des connaissances sur les biolubrifiants : leurs performances techniques, les effets sur l'homme et l'environnement, leur coût, et leur emploi possible en forêt. Avec une orientation essentiellement pratique, ce dossier répond à diverses sollicitations qui sont parvenues au département recherche, et à des questions ayant été formalisées dans le cadre de la certification ISO 14001 de l'ONF. Cette synthèse n'a pu être réalisée que grâce à la collaboration très active d'experts d'organismes de recherche et de développement, et d'utilisateurs en France et à l'étranger. Je tiens à les en remercier très sincèrement.

Saluons enfin le travail innovant sur le plan méthodologique qu'a pu mener à bien l'équipe de coordination du réseau RENECOFOR en collaboration avec un spécialiste en géostatistique, en tirant le meilleur parti des relevés accumulés par ce réseau. Des connaissances ont pu être ainsi mises à disposition de la communauté scientifique concernant les dépôts atmosphériques en France. La caractérisation et l'évolution de ces dépôts s'intègre entièrement dans la perspective des changements globaux qui préoccupent fortement aussi bien les gestionnaires que les scientifiques.

À l'heure de mon départ vers d'autres horizons professionnels, je tiens ici à tout particulièrement remercier l'ensemble des acteurs qui ont permis à ce projet de Rendez-Vous Techniques de se formaliser. Sans le travail acharné de Dominique de Villebonne, la rigueur et la qualité d'échanges des membres du comité éditorial, l'enthousiasme des auteurs et des relecteurs des différentes contributions, il n'aurait pas vu le jour. Je souhaite qu'il réponde toujours plus et mieux au besoin de diffusion et de partage de la connaissance et des expériences professionnelles sans lesquelles le progrès technique n'est pas possible.

Le Directeur technique



Bernard REY

La mémoire des forêts

Les 14, 15 et 16 décembre dernier s'est tenu au campus de l'ONF à Velaine-en-Haye le colloque Sylva 2004 « La mémoire des forêts ». Organisé par l'INRA, la direction régionale des affaires culturelles de Lorraine, l'ENGREF et l'ONF, ce colloque avait pour thème la forêt, l'archéologie et l'environnement.

La forêt est un milieu riche en vestiges archéologiques. Ceux-ci peuvent être directement liés à l'histoire et à l'exploitation de la forêt mais ils peuvent également être les témoins d'occupations anthropiques antérieures à la forêt actuelle. Effectivement, depuis le Néolithique, donc depuis sa « sédentarisation », l'homme a augmenté petit à petit son emprise sur son environnement en défrichant, développant les activités agropastorales et exploitant les ressources naturelles. Le milieu forestier a été profondément marqué par la présence de l'homme au cours du temps et plusieurs études ont montré que certaines forêts, réputées anciennes, étaient entièrement déboisées et occupées durant l'antiquité ou le Moyen Âge. Par ailleurs, la forêt est un véritable conservatoire archéologique. Milieu moins sensible à l'érosion des sols et moins remanié par l'homme que les milieux agricole et urbain, il préserve bien les vestiges qui sont souvent observables sous forme d'anomalies topographiques positives ou négatives (fossés, levées de terre, murs, terrasses...).

Depuis plusieurs années, des recherches montrent qu'il existe des liens importants entre la biodiversité actuelle et les anciennes occupations humaines en forêt. Ces différentes occupations, en fonction de leur durée et de leur nature (habitats, exploitations agricoles ou industrielles, artisanat...) ont pu entraîner des modifications importantes dans les propriétés physiques et chimiques du sol et par conséquent dans la végétation. On remarque bien souvent des communautés végétales bien spécifiques et une biodiversité plus importante sur les sites archéologiques.

Les enjeux de ce colloque étaient multiples :

- dessiner et comprendre l'évolution ancienne des paysages actuellement forestiers,
- évaluer et comprendre les conséquences des anciens usages forestiers, agricoles et artisanaux sur la biodiversité et le fonctionnement des forêts actuelles,
- favoriser les échanges entre les communautés d'archéologues, de forestiers, d'écologistes et de géographes,
- mieux intégrer l'héritage archéologique dans la gestion forestière.

Vingt-quatre communications et plus d'une quinzaine de posters ont présenté durant deux jours des études et de nouvelles recherches et analyses menées autour de différents thèmes. L'évolution des paysages forestiers et les usages anciens ont été abordés, notamment à travers des recherches menées en palynologie¹, anthracologie² et pédoanthracologie³. Une attention particulière a ensuite été portée aux occupations antiques dans les forêts anciennes en prenant des exemples d'études menées sur les forêts de plusieurs régions comme la Normandie, la Lorraine, l'Île-de-France, le Berry et le Châtillonnais. Une partie importante a également été consacrée à l'impact des occupations anciennes sur le fonctionnement des forêts en présentant les recherches menées sur la biodiversité, la fertilité des sols, les usages anciens et les plantes indicatrices d'occupations anthropiques. Cette partie a été suivie d'un thème portant sur les nouvelles méthodes et outils indicateurs d'occupation ancienne comme les analyses menées sur l'ADN et les isotopes stables du sol ou des recherches en détection par des relevés laser aéroportés. Enfin, la gestion des sites archéologiques en forêt a été développée à partir d'exemples de relations entre forestiers et archéologues en Haute-Normandie, Île-de-France et Lorraine.

Ce colloque s'est achevé en forêt de Haye où les participants ont pu visiter plusieurs sites archéologiques : une



C. Dardignac, ONF

Visite d'une voie gallo-romaine. Une coupe effectuée perpendiculairement à cette voie permet d'observer sa structure

voie gallo-romaine, des anciennes terrasses de culture et plusieurs bâtiments antiques. Si la saison ne permettait malheureusement pas de bien remarquer l'importance de la biodiversité sur ces sites, l'absence de végétation a permis par contre d'observer facilement les structures encore conservées.

Les perspectives sont nombreuses à l'issue de ce colloque et les recherches vont bien entendu être poursuivies. Un des points importants à souligner, et de nombreuses communications l'ont fait, est sans doute la nécessité de continuer à favoriser l'interdisciplinarité entre les différentes communautés de chercheurs et les forestiers. Il est donc important que ces derniers protègent les vestiges archéologiques et développent la prise en compte de ce patrimoine dans la gestion forestière.

Pour plus de détails sur les communications, vous pouvez consulter le site internet du colloque :

www.nancy.inra.fr/sylva2004/.

Les actes seront publiés prochainement et Rendez-vous techniques consacrera un dossier à ce thème d'ici quelques mois.

Cécile DARDIGNAC, ONF, direction technique, département recherche

¹ Palynologie : étude des pollens piégés dans les sédiments

² Anthracologie : étude des charbons de bois contenus dans les couches archéologiques

³ Pédoanthracologie : étude des charbons de bois contenus dans les sols

Le suivi des dépôts atmosphériques dans les écosystèmes forestiers en France

Grâce aux suivis réalisés dans le réseau RENECOFOR et son sous-réseau CATAENAT depuis leur installation, la caractérisation et la surveillance des dépôts atmosphériques dans les écosystèmes forestiers a sensiblement progressé : des premières cartes précises de leur répartition en France ont pu être élaborées. La présentation de ces avancées est l'occasion d'expliquer de façon plus globale ce que sont ces dépôts atmosphériques, et quel rôle ils peuvent jouer à l'égard de l'écosystème forestier.

Un épisode de dépérissement forestier observé dans les années 1980 dans les Vosges et dans d'autres sites en Europe a permis de mettre en évidence l'impact négatif des dépôts atmosphériques acides sur les écosystèmes forestiers (Landmann et Bonneau, 1995) (voir encadré ci-dessous). Lorsqu'ils interviennent sur des sols pauvres et déjà acides tels que les grès et granites vosgiens, ces dépôts peuvent conduire à une carence minérale due à un lessivage du magnésium et du calcium. Toutes les régions forestières ne sont pas exposées de la même manière à ces risques qui dépendent à la fois des quantités d'acides ou composés acidifiants apportés par les dépôts atmosphériques, et de la capacité des sols à neutraliser ces acides. Les travaux menés à l'ONF sur les données du réseau RENECOFOR (sous-réseau CATAENAT), qui sont présentés ici, ont permis

de progresser dans la caractérisation des zones présentant des risques potentiels d'acidification, en élaborant les premières cartes précises de dépôts atmosphériques à l'échelle de la France.

Historique des mesures de dépôts atmosphériques en France : des mesures ponctuelles anciennes mais un réseau de suivi régulier récent

Les premières mesures de dépôts atmosphériques annuels réalisées en France remontent probablement à 1851 (Ulrich et Williot, 1994). Dans les années 1850, il s'agissait essentiellement de travaux d'identification des éléments contenus dans les eaux de pluie. Les nitrates et l'ammoniaque ont principalement attiré l'attention des chercheurs. Les premières analyses ont

été réalisées à Paris et témoignent du climat de pollution locale dès cette époque. De 1876 à 1907, Albert-Lévy a analysé en continu les dépôts atmosphériques humides d'ammoniac et d'acide nitrique à l'observatoire de Montsouris. Depuis, des recherches ont été menées sur l'analyse des dépôts et notamment sur leur origine, mais jusqu'au début des années 1980 aucun réseau permanent de suivi dans le temps des dépôts n'existait en France. En 1984, le réseau MERA (mesure des retombées atmosphériques, 10 sites gérés par l'école des mines de Douai) a été créé, puis en 1992 le réseau CATAENAT est mis en place (charge acide totale d'origine atmosphérique dans les écosystèmes naturels terrestres, sous réseau comprenant 27 des 102 sites du réseau RENECOFOR gérés par l'ONF) (Ulrich et al., 2002) (voir encadré ci-contre).

Une crise majeure révélatrice de la fragilité de certains écosystèmes : les dépérissements forestiers du début des années 1980

Au début des années 1980 les forêts de l'Est et du Nord de la France ont connu une crise majeure qui a principalement affecté les résineux et qui s'est traduite par des phénomènes de jaunissement suivis de pertes d'aiguilles. Les études ont montré que cette crise était la conséquence à la fois de dépôts acides ou acidifiants entraînant un phénomène d'acidification des sols et de sécheresses répétées durant une décennie qui accentuent les risques de carence nutritionnelles pour les arbres. Dans le cas des Vosges, des carences nutritives en magnésium et en calcium ont été observées. Même si les symptômes alarmants ont considérablement diminué, le processus d'acidification des sols et des eaux de surface se poursuit actuellement.

L'origine des dépôts atmosphériques

Les sources d'émission

Une faible partie de ces dépôts est d'origine naturelle. Les principales sources sont :

- la respiration des organismes vivants qui produit des acides organiques et du gaz carbonique. Ces acides contribuent assez peu à l'acidification des milieux aquatiques et forestiers car ce sont essentiellement des acides faibles libérant peu de protons ;
- une origine marine pour le sodium, les chlorures, le magnésium et pour une part variable mais généralement faible, pour le sulfate ;
- une origine terrigène due à l'érosion des surfaces et à la circulation dans les masses d'air des poussières, entre autres d'origine saharienne, concerne le calcium, le potassium et le magnésium ;
- l'activité volcanique libère dans l'atmosphère des quantités parfois importantes de soufre, mais ces émissions contribuent pour une faible part aux émissions totales.

Certaines de ces émissions naturelles produisent des dépôts acides qui contribuent à l'acidification des sols. La principale origine de l'acidification naturelle des sols reste toutefois l'activité des organismes vivant dans le sol (les racines des plantes, les champignons et les bactéries) Les sols naturellement acides que l'on rencontre sous toutes les latitudes attestent de ce phénomène, mais l'évolution de cette acidification naturelle au cours du temps est très lente.

Par ailleurs, la pollution atmosphérique atteint un niveau préoccupant ces dernières décennies dans une grande partie du globe. L'industrialisation qui a débuté dans les années 1850 et qui s'est fortement accélérée depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, est à l'origine de cette pollution. Les activités humaines entraînent des émissions importantes de polluants atmosphériques qui se retrouvent dans les dépôts. Elles peuvent être de trois types :

Rôle de l'ONF dans le suivi des dépôts atmosphériques en France

Mise en place du réseau RENECOFOR et de son sous-réseau CATAENAT

Réalisée en 1992, elle répond aux exigences de la résolution n° 1 de la conférence ministérielle sur la protection des forêts en Europe, qui s'est tenue en 1990 à Strasbourg. L'ONF a été chargé de la mise en place et du suivi de ce réseau qui représente la partie française d'un ensemble de placettes permanentes de suivi des écosystèmes forestiers dans 39 pays Européens (n = 888 sites).

Objectifs des réseaux RENECOFOR et CATAENAT

Pour la France, comme pour chaque pays participant, les objectifs de ces réseaux sont les suivants :

- établir des relations de cause à effets entre certains facteurs de l'environnement et la réponse des écosystèmes étudiés à l'aide de 102 peuplements étudiés intensivement sur l'ensemble du territoire français métropolitain,
- approfondir les connaissances sur l'évolution des écosystèmes français durant 30 ans (tendances, variations, cycles nutritifs),
- aider à déterminer le niveau des charges critiques en polluants susceptibles de déstabiliser les forêts,
- aider à mieux interpréter les observations du réseau systématique européen,
- augmenter de manière importante les connaissances scientifiques de base sur les forêts et leur hétérogénéité.

- activité industrielle et centres urbains à l'origine notamment des émissions d'oxydes de soufre (combustion d'énergies fossiles),
- trafic routier responsable en grande partie des émissions d'oxydes d'azote (combustion d'énergies fossiles),
- activités agricoles responsables de la plupart des émissions d'ammoniac (épandage de lisier et d'engrais).

Contrairement aux émissions naturelles, ces sources anthropiques ont un pouvoir acidifiant important lié aux grandes quantités de protons produits. Ainsi le soufre sous forme de sulfates a été longtemps le principal responsable de l'acidité des précipitations et intervient massivement dans l'acidification des sols. Le CITEPA (centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique) produit et met à la disposition des utilisateurs sur son site Internet les données d'émission dans l'air en France. On y trouve notamment par secteur d'émission les émissions de substances impliquées dans les phénomènes d'acidification, d'eutrophisation par photochimie, et les substances relatives à l'accroissement de l'effet de serre. Aujourd'hui, le pouvoir acidifiant

des composés azotés rejoint lentement celui des sulfates étant donné la très forte baisse des émissions de soufre depuis le début des années 1980 (voir ci-dessous).

L'origine géographique des dépôts atmosphériques

La convention CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance a été signée à Genève en 1979. Dès l'entrée en vigueur de cette convention, les efforts ont porté sur la mise en évidence de la dispersion des polluants jusqu'à quelques milliers de kilomètres de leur point d'émission. Cette dispersion transfrontalière justifie pleinement ce programme de coopération internationale qui réunit 48 pays en Europe et en Amérique du Nord. L'étude des trajectoires des masses d'air a permis de suivre les déplacements des polluants atmosphériques, et donc de déterminer la contribution des pays voisins et des mers ou océans aux dépôts atmosphériques en France (EMEP/MS-CW, 1997). Pour la période 1985-1995 par exemple, la France a contribué pour 33 % à ses propres dépôts soufrés tandis que 12 % ont été produits en Allemagne, 9 % en Grande-Bretagne et 9 % en Espagne.

La contribution d'origine marine (mer du Nord, Atlantique et Méditerranée) a été chiffrée à 6 %. Comparativement à ses voisins, la France a moins contribué à ses propres dépôts (78 % pour la Grande-Bretagne, 67 % pour l'Espagne et 59 % pour l'Allemagne). Des données comparables ont été obtenues dans le cas des oxydes d'azote, tandis que pour l'ammonium la France a contribué pour 81 % à ses propres dépôts et seulement 7 % ont été émis par nos voisins (Grande-Bretagne, Allemagne, Espagne).

Évolution des émissions et des dépôts au cours du temps

La situation géographique de la France est plutôt favorable vis à vis de la pollution atmosphérique, notamment grâce au flux de masse d'air océanique important : les niveaux de pollution observés en Europe centrale ne sont pas atteints. Toutefois, depuis un demi siècle, ils sont préoccupants aussi bien pour la santé humaine que pour les écosystèmes naturels. Pour tenter de remédier aux effets néfastes liés à la

pollution atmosphérique, des mesures ont été prises depuis une 20^e d'années pour réduire les émissions. Ainsi, la réduction des émissions de soufre et d'azote fait l'objet de négociations au sein de la commission économique pour l'Europe des Nations-Unies (CEE-ONU) dans le cadre de la convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance. Les effets de ces mesures sont sensibles mais variables selon les composés et parfois très dépendants de facteurs non contrôlables tels que les paramètres climatiques. À titre d'exemple, les émissions de dioxyde de soufre en France ont diminué de 83 % entre 1980 et 2002, et de 60 % entre 1990 et 2002 (figure 1a, CITEPA 2003). Cette diminution résulte à la fois de la forte baisse de la consommation d'énergie fossile suite à la mise en place du programme électronucléaire, des économies d'énergie, de l'utilisation de combustibles fossiles moins riches en composés soufrés, et des nouvelles réglementations imposant une réduction des émissions. Cette baisse des émissions se répercute au

niveau des mesures de dépôts réalisées sur CATAENAT entre 1993 et 1998 (figure 1b).

Les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) ont également diminué ces dernières années tandis qu'on observe une relative stabilité des émissions d'ammoniac (NH₃).

Pour d'autres polluants au contraire, tels que l'ozone et d'autres photo-oxydants ainsi que les composés organiques volatiles (COV), on observe une augmentation des émissions. Parmi les 28 composés principaux inventoriés par le CITEPA, seules les émissions de HFC (hydrofluorocarbures), gaz à effet de serre utilisé en substitution des CFC (chlorofluorocarbures), augmentent dans de fortes proportions entre 1990 et 2002 (+ 255 %).

Pouvoir tampon des sols

Parmi la grande variété de polluants arrivant dans les écosystèmes, les apports acides ou producteurs d'acidité ont été les plus étudiés pour leur

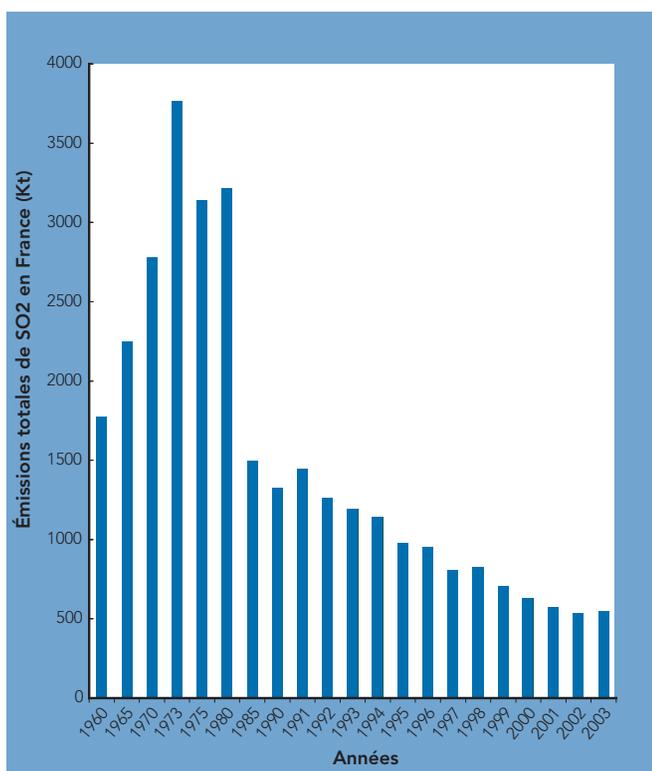


Fig. 1a : évolution des émissions de SO₂ en France entre 1960 et 2003 (Source : CITEPA 2003)

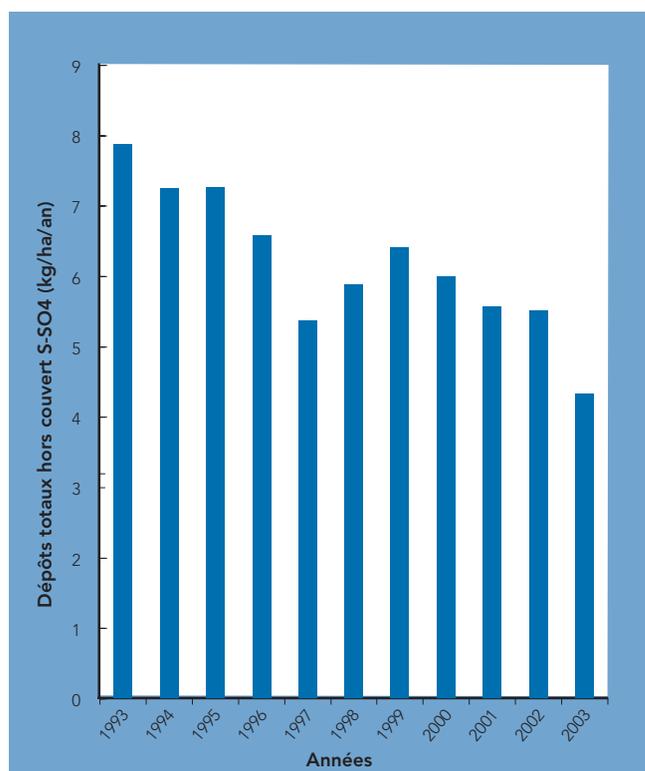


Fig. 1b : évolution des dépôts totaux hors couvert forestier de S-SO₄ sur le réseau CATAENAT entre 1993 et 2003

impact sur les écosystèmes forestiers. L'apport d'une même quantité d'acides dans deux sols différents ne conduira pas obligatoirement à une dégradation (acidification) aussi marquée selon la capacité de chacun de ces sols à neutraliser cette acidité. Cette capacité correspond au pouvoir tampon des sols et dépend principalement de la composition chimique des roches dont les sols sont issus et du taux de saturation des sols en cations nutritifs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) (voir figure 2).

Lors de la première caractérisation chimique des sols du réseau RENECOFOR en 1993-1995, on a constaté que 37 % des placettes présentaient un taux de saturation inférieur à 20 %. Cela traduit une désaturation importante de ces sols en éléments nutritifs et donc une sensibilité potentielle non négligeable à l'acidification. Ce constat dépend directement de l'évolution historique de l'utilisation des sols. Les meilleurs terrains étaient réservés pour l'agriculture, et les terrains les plus pauvres étaient laissés comme terres boisées. Ce schéma général doit cependant être nuancé depuis l'augmentation de la déprise agricole qui a conduit au boisement (spontané ou non) de terres plus riches. Une analyse comparative des sols du réseau RENECOFOR et du réseau européen 16 km x 16 km constitué de 500 sites forestiers a montré que les sols du premier réseau sont beaucoup plus acides et désaturés que ceux du deuxième. Ce contexte initial de pauvreté des sols du réseau RENECOFOR représente un avantage pour suivre l'évolution (détérioration aussi bien qu'amélioration) au cours du temps de la fertilité des sols. L'impact des dépôts acides ou de la sylviculture est en effet beaucoup plus faible sur des sols initialement riches.

Sur des sols initialement pauvres en cations nutritifs, donc acides, l'apport d'acidité supplémentaire par les dépôts atmosphériques peut rapidement conduire à dépasser la capacité de ces sols à neutraliser cet apport. On assiste alors à une acidification des sols et des eaux de surface pouvant condui-

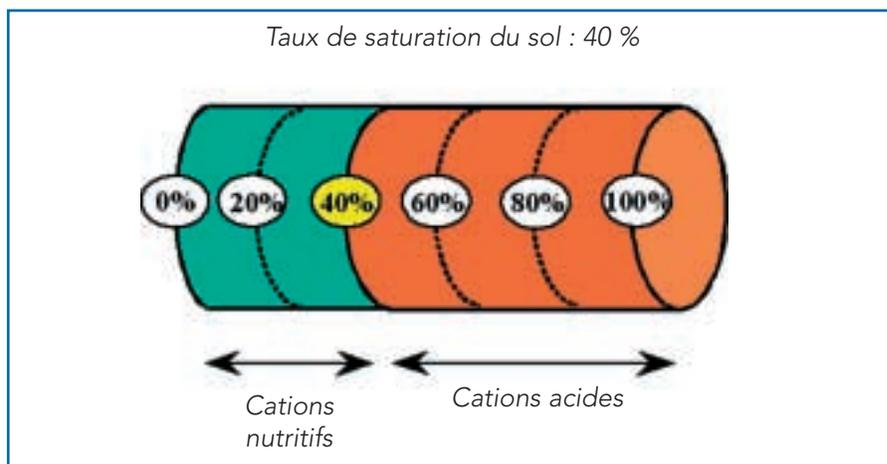


Fig. 2 : représentation schématique du taux de saturation (exemple de 40 %) des sols (d'après Augusto et Dambrine, 2001)

re à des symptômes visibles sur la végétation et, dans des cas extrêmes, à des dysfonctionnements importants de certaines essences forestières.

Les types de dépôts

Les dépôts atmosphériques se présentent sous forme humide (pluie, neige, brouillard) et sous forme de dépôts secs (poussières et particules). Dans le cas des écosystèmes forestiers, il est important de différencier les dépôts hors et sous couvert forestier pour être en mesure de prendre en compte l'effet de la canopée sur les retombées. Quatre types d'échantillons sont prélevés sur le sous-réseau CATAENAT : les dépôts totaux (humides + secs) (1) hors et (2) sous couvert forestier, (3) les dépôts humides stricto sensu (excluant les aérosols pendant les périodes sèches) hors couvert forestier et (4) le ruissellement des troncs. Aucun prélèvement de dépôts secs n'est réalisé séparément, car les techniques disponibles actuellement ne sont pas satisfaisantes d'un point de vue scientifique. Les dépôts totaux hors couvert forestier sont collectés dans des récipients ouverts en continu (jauges d'Owen) et prélevés chaque semaine.



L. Croisé, ONF

Placette hors couvert sp 05 où deux jauges d'Owen sont indiquées par une flèche rouge

Les charges critiques d'acidité

Les seuils de contamination au delà desquels des effets nocifs peuvent survenir sur les écosystèmes forestiers définissent ce que l'on appelle les charges critiques. Ce concept a été élaboré dans les années 1980-90 pour servir de base scientifique aux politiques de lutte contre la pollution de l'air. Il représente un outil d'abord élaboré pour la protection des écosystèmes contre les pollutions atmosphériques acides puis généralisé à l'azote, à l'ozone, aux métaux lourds et aux composés organiques persistants. La détermination des charges critiques d'acidité repose d'une part sur la capacité de neutralisation de l'acidité du milieu par l'altération de la roche et d'autre part sur la tolérance d'une perte par drainage jugée acceptable de protons et d'aluminium. Les charges critiques d'acidité, de soufre et d'azote ont été établies au niveau européen et français (Party et al., 2001) et elles ont été cartographiées.

Une fois ces cartes établies, il est nécessaire de dresser des cartes de dépôts atmosphériques aussi précises que possible pour localiser les zones susceptibles de présenter un dépassement de ces charges critiques. Les données enregistrées depuis 1992 sur les placettes du réseau RENECOFOR (sous réseau CATAENAT) ont contribué à l'élaboration et la validation des cartes de charges critiques pour la France et elles ont également servi à établir des cartes précises de dépôts atmosphériques pour la France.

Cartographie des dépôts atmosphériques totaux hors couvert forestier en France

Tout problème de représentation cartographique d'une variable continue commence avec la question de l'échantillonnage des points de relevé. Des outils mathématiques permettent, à partir d'un nombre limité de point de mesure, d'estimer en tout

point du territoire la variable à laquelle on s'intéresse. Les techniques géostatistiques permettent dans certains cas de répondre à ce type de problème. Un préalable indispensable à l'utilisation de ces techniques est l'existence d'une structure spatiale des données.

Malgré le nombre réduit de points de mesures des dépôts atmosphériques hors couvert forestier en France (27 stations CATAENAT), les données présentent une structure spatiale (Croisé et al., 2002) : les mesures sont d'autant plus semblables qu'elles sont réalisées sur des stations proches. Les techniques géostatistiques ont donc pu être utilisées pour dresser les premières cartes précises de dépôts atmosphériques totaux hors couvert forestier en France. On doit préciser à ce niveau qu'il s'agit d'une cartographie de la pollution de fond, et que les sources de pollution importantes et localisées ne sont pas mise en évidence par ce travail. L'estimation de ces dépôts en tout point du territoire a été fortement

améliorée en utilisant les données de pluviométrie sur 2600 stations Météo-France réparties sur l'ensemble du territoire. Un intérêt majeur des techniques géostatistiques est de fournir en plus de l'estimation en tout point de la variable étudiée une estimation de l'erreur associée à cette estimation. Cet avantage revêt une grande importance par rapport au dépassement des charges critiques.

Les exemples montrés dans la figure 3 (et le tableau 1) concernent les dépôts de soufre et d'azote (nitrates : $N-NO_3$ et ammonium : $N-NH_4$) pour la période 1993 à 1998. Pendant cette période, il est tombé en moyenne en France 5,5 kg/ha/an de soufre sous forme de $S-SO_4$. Selon les endroits, ces retombées ont été comprises entre 2,5 kg/ha/an et 12,6 kg/ha/an. Les dépôts les plus importants sont situés dans les Cévennes, les Pyrénées-atlantiques, et dans une moindre mesure, dans toute une zone périphérique du territoire. Les retombées totales d'azote sous forme de nitrate ($N-NO_3$) se sont élevées à

Une spécificité du milieu forestier : le rôle de filtre de la canopée

Les dépôts atmosphériques qui arrivent au-dessus de la canopée forestière ne sont généralement pas identiques aux dépôts enregistrés au niveau du sol sous couvert. Cet écart résulte du rôle de filtre de la canopée qui retient les dépôts secs apportés par le flux atmosphérique. Lors des précipitations, ces dépôts sont entraînés et enrichissent le plus souvent les dépôts totaux sous couvert forestier (Ulrich et al., 1998). Pour la période comprise entre 1993 et 1998 sur les 27 stations de mesure CATAENAT, cet enrichissement conduit couramment à des valeurs entre 2 et 4 fois plus importantes sous couvert forestier pour le sulfate, le nitrate, les chlorures, le sodium le magnésium et le calcium. Les dépôts de potassium sont les plus fortement influencés par le couvert avec en moyenne 15 fois plus de dépôts sous couvert, car en plus du processus de filtration des dépôts secs dans les houppiers, le phénomène de récrétion, ou relargage par le feuillage est particulièrement important pour le potassium et le magnésium. Pour les composés azotés (nitrate et ammonium) et les protons, on observe une situation partagée entre un enrichissement sous couvert sur certains sites et au contraire un appauvrissement sur d'autres sites. L'ammonium est fortement absorbé par le feuillage et le nitrate faiblement. Selon l'essence forestière, la structure et l'âge du peuplement, la densité, la quantité absorbée ou rejetée par le feuillage varie beaucoup.

Ces écarts entre hors et sous couvert forestier restent actuellement un sujet de recherches pour réellement évaluer et donc cartographier les dépassements des charges critiques d'acidité.

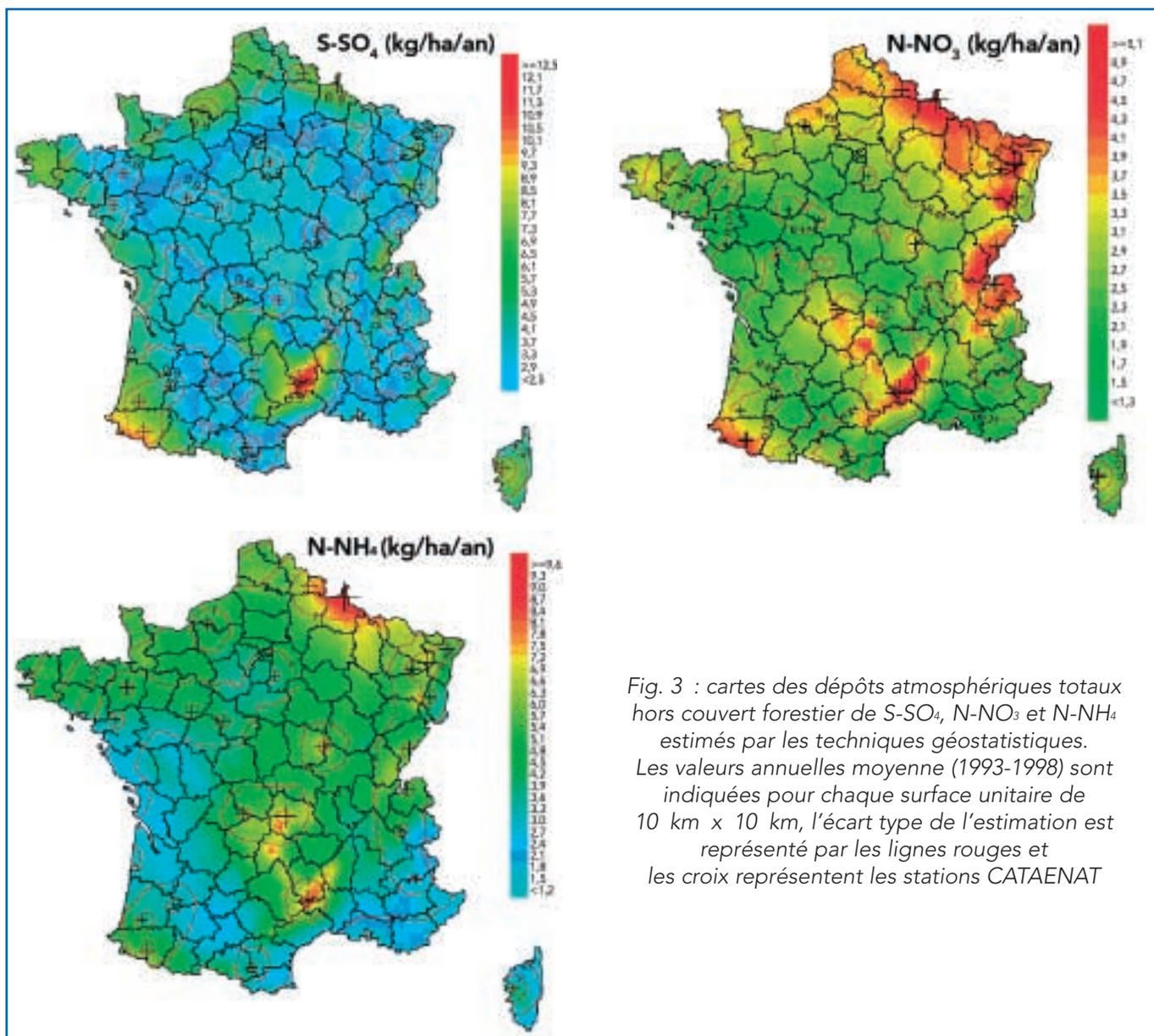


Fig. 3 : cartes des dépôts atmosphériques totaux hors couvert forestier de S-SO₄, N-NO₃ et N-NH₄ estimés par les techniques géostatistiques. Les valeurs annuelles moyennes (1993-1998) sont indiquées pour chaque surface unitaire de 10 km x 10 km, l'écart type de l'estimation est représenté par les lignes rouges et les croix représentent les stations CATAENAT

2,8 kg/ha/an avec une amplitude comprise entre 1,3 kg/ha/an et 5,1 kg/ha/an pour une répartition géographique clairement différente. Les valeurs les plus fortes sont situées, en plus des zones mentionnées pour le soufre (Cévennes,

Pyrénées-Atlantiques), dans une bordure nord-est, dans le Jura, le nord des Alpes et la bordure ouest du Massif central. L'azote sous forme d'ammonium (N-NH₄) a présenté des retombées en moyenne de 4,2 kg/ha/an pour une amplitude

comprise entre 1,2 kg/ha/an et 9,6 kg/ha/an. Les zones géographiques présentant clairement des valeurs de dépôts plus fortes qu'ailleurs sont réduites. Il s'agit essentiellement de la frontière belge autour de Charleville-Mézières et

	S-SO ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	Na ⁺	Cl ⁻	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	H ⁺
minimum	2,5	1,3	1,2	1,6	2,4	0,1	0,9	2,8	1,3
moyenne	5,5	2,8	4,2	12,5	23,1	1,9	1,6	5,8	77,6
maximum	12,6	5,1	9,6	46,5	84,7	6,7	3,3	13,2	206,5
écart type	1,5	0,7	1,4	10,3	16,9	1,3	0,4	2,4	33,3

Tab. 1 : dépôts atmosphériques totaux hors couvert forestier en France (kg/ha/an sauf pour H⁺ en g/ha/an) estimés par les techniques géostatistiques sur des surfaces unitaires de 10 km x 10 km pour la période 1993-1998

dans une moindre mesure des Cévennes et du Massif central.

La comparaison des dépôts totaux hors couvert forestier avec les cartes de charge critique suggère l'existence de trois zones particulièrement « sensibles » : les Vosges, le Massif central et les Landes. De fait, des carences minérales dans les arbres ont été rapportées en particulier dans les Vosges ainsi que la poursuite du processus d'acidification (pertes de calcium, magnésium, potassium selon les cas) dans les sols forestiers du Nord-Est de la France.

Ces éléments ne sont qu'indicatifs puisque nous avons cartographié les dépôts totaux hors couvert forestier (voir encadré le rôle de filtre de la canopée).

On peut raisonnablement penser que la mise en évidence de zones à dépassement de charges critiques proposées à l'aide des dépôts atmosphériques hors couvert représente une première approche « minimale » ou optimiste des zones à dépassement réel. En effet un dépassement des charges critiques observé avec les dépôts hors couvert sera d'autant plus marqué avec les dépôts sous couvert du fait de l'enrichissement des dépôts lors de la traversée de la canopée par les dépôts secs. Cependant, le rapport hors couvert/sous couvert peut être très variable selon les éléments chimiques considérés et le site, et des recherches complémentaires sont indispensables pour préciser ce rapport.

Conclusion

À une période où il n'a encore jamais été autant question de gestion durable, de maintien de la fertilité des sols et des effets multiples des changements climatiques globaux, les mesures et travaux menés sur les dépôts atmosphériques revêtent une importance de premier plan. Si la crainte des années 1980 de voir des déperissements généralisés se développer sur la forêt française est main-

tenant écartée, nous savons que certains types d'écosystèmes forestiers sont sensibles aux apports atmosphériques anthropiques et peuvent perdre en fertilité et donc en productivité à moyen terme. Une avancée notable a été réalisée dans la caractérisation et la surveillance des dépôts atmosphériques avec l'obtention des premières cartes précises de dépôts atmosphériques en France grâce aux mesures réalisées en continu depuis 1993 sur les sites du réseau CATAENAT. Toutefois l'effort de recherche reste important pour atteindre l'objectif fonctionnel qui est l'établissement de cartes de dépassement des charges critiques d'acidité en France. Pour ce faire il est indispensable que les mesures sur le réseau CATAENAT soient poursuivies et que les écarts entre les dépôts hors couvert et sous couvert forestiers soient mieux caractérisés.

Luc CROISÉ
Erwin ULRICH
Pierre DUPLAT

ONF, direction technique
département recherche
Fontainebleau
luc.croise@onf.fr
erwin.ulrich@onf.fr

Olivier JAQUET
COLENCO - Baden-Dättwil
Switzerland
olivier.jaquet@colenco.ch

Deux approches indépendantes pour l'estimation et la cartographie des dépôts atmosphériques totaux hors couvert forestier sur le territoire Français. Fontainebleau : ONF, Département Recherche et Développement. ISBN 2-84207-258-8. 102 p.

EMEP/MSC-W, 1997. Transboundary air pollution in Europe, part 1 and part 2. MSC-W Status report to emissions, dispersion and trends of acidifying and eutrophying agent. Report 1/97. 108 p.

LANDMANN G., BONNEAU M., 1995. Forest decline and atmospheric deposition effects in the French mountains. Berlin : Springer. 461 p.

PARTY J.P., PROBST A., THOMAS A.L., DAMBRINE E., 2001. Charges critiques d'acidité en polluants atmosphériques en France : conséquences vis-à-vis des sols et des peuplements forestiers. Pollution atmosphérique, n° 172, pp. 519-527

ULRICH E., CODDEVILLE P., LANIER M., 2002. Retombées atmosphériques humides en France entre 1993 et 1998. Paris : ADEME. ISBN 2-86817-582-1. 123 p.

ULRICH E., WILLIOT B., 1994. Les dépôts atmosphériques en France de 1850 à 1990. Fontainebleau : ONF. ISBN 2 904 384 48-0. 154 p.

Bibliographie

AUGUSTO L., DAMBRINE E., 2001. L'acidification dans le massif vosgien : comprendre les mécanismes et apporter des solutions. Paris : INRA. ISBN 2-7380-0979-4. 39 p.

CITEPA/CORALIE format SECTEN, mise à jour février 2003, 225 p.

CROISÉ L., ULRICH E., DUPLAT P., JAQUET O., 2002. RENECOFOR –

Sites Internet

<http://www.nancy.inra.fr/acidification/index.html>

<http://www.onf.fr/pro/Renecofor/index.htm>

<http://www.citepa.org/>

<http://www.emep.int/>

<http://www.ademe.fr>

La gestion de la biodiversité forestière : de la connaissance à l'action. Exemple du Cantal

Le dispositif opérationnel présenté ici permet de façon très motivante pour l'ensemble du personnel de l'agence du Cantal de prendre en compte la biodiversité dans la gestion au quotidien. Il est important de souligner que c'est grâce à un ensemble de circonstances très favorables que ce travail a pu être mené à bien : une masse considérable de données botaniques accumulées au fil des ans par un botaniste passionné, la création du conservatoire botanique national du Massif central et l'établissement d'un partenariat fructueux avec l'ONF, enfin, le travail d'un employé jeune qui s'est consacré à cette problématique.

Mieux prendre en compte la biodiversité dans la gestion forestière passe de façon incontournable par l'information, la sensibilisation, la motivation, la formation et la responsabilisation des acteurs forestiers (Christian Barthod, 2000).

Dans le département du Cantal, une démarche de gestion de la diversité du patrimoine naturel des forêts publiques a été mise en place depuis 2000. Elle s'appuie sur une somme de connaissances sans doute unique en France et de plus enrichie en permanence au sein de bases de données gérées par l'agence. La superposition des références géographiques de ces bases de données complètement informatisées avec la carte de tous les actes de gestion – coupes, travaux de desserte, travaux sylvicoles – prévus par les gestionnaires des forêts publiques est réalisée au moins une fois par an lors de la programmation des coupes et travaux. Cela permet alors très rapidement d'identifier et de localiser tous les problèmes connus ou les situations à

risque. Ils sont étudiés et une solution mise en œuvre. Les gestionnaires de l'ONF du Cantal sont ainsi passés du discours « il faut gérer la diversité » à l'acte, « nous tentons de gérer la diversité ».

Une base de données patrimoniales considérable enrichie en permanence

Les compétences en botanique du personnel de l'ONF du Cantal sont reconnues et notamment celles d'Hervé Lassagne (voir encadré ci-contre). À partir de 1992, sous son impulsion, l'ONF a décidé de compléter de manière continue la connaissance floristique des espaces du Cantal (aussi bien dans les forêts relevant du régime forestier que dans le domaine privé). Cette collecte a relevé à la fois d'une

Hervé Lassagne

Agent patrimonial à Condat, Hervé Lassagne, trop tôt disparu en 2001, avait, durant plus de 20 ans, collecté plus de 278 000 observations floristiques aujourd'hui transférées au conservatoire botanique du Massif central. Un article dans le bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest Tome 33 (voir bibliographie) est disponible pour plus de renseignement sur ce botaniste hors pair.

démarche systématique et d'une démarche plus focalisée en fonction des besoins les plus pressants (travaux prévus dans une zone encore mal connue ou dans un milieu que l'on

Le carnet d'observation faune/flore

FICHE OBSERVATION FAUNE		FLORE		Réf Carte IGN	N° fiche
FORÊT	D	A	S	P	Nom
Parcelle			Observateur		Date
Espèce		Nom	Fruct	Mil	Fem
Flore		Surface approx. m²		Indices	
Altitude		m	Milieu	Age peuplement	
Description milieu		Répl. couvert	Recouvrement		Esèce et % (3max)
Arbennes > 10m	Unif	Hébr	0	1 2 3 4 5	
Sous étage 3 à 10m	Unif	Hébr	0	1 2 3 4 5	
Arbennes ligneux < 3m	Unif	Hébr	0	1 2 3 4 5	
Semi-ligneux < 3m	Unif	Hébr	0	1 2 3 4 5	
Herbues < 3m	Unif	Hébr	0	1 2 3 4 5	
Rocher	Unif	Hébr	0	1 2 3 4 5	

Depuis 2000, chaque personnel (technique et administratif) possède un carnet à souche. Les fiches sont remplies au gré des études de terrain, sorties privées ou non. Le nombre moyen d'informations recueillies en une année est de 80 fiches. Ce carnet est très facile d'utilisation et peut-être mis en œuvre sur n'importe quel département.

pressent intéressant, aménagement forestier à rédiger, inventaires Natura 2000...). Cet agent était aidé et secondé par deux contractuels dont l'actuel chargé de mission « Milieux naturels ». Ils ont mis en place la saisie et le traitement informatique des données en partenariat étroit avec le conservatoire botanique national du Massif central (CBNMC¹), et ont été formés à la botanique locale. En dix ans, ce travail a permis de multiplier par six le nombre de données botaniques sur le Cantal et d'initier la récolte de données faunistiques.

Depuis 1992, les données issues de ce travail fondamental ont permis de réaliser ou d'engager une forte dynamique où se succèdent :

Des actions pour connaître les milieux gérés

- Le renseignement des documents de suivi de la gestion forestière des forêts publiques, le « sommier de la forêt » ;
- la poursuite, par H. Lassagne, de l'inventaire « Sapaly »² ;
- la mise au point du *Carnet d'observation faune/flore* (Darnis, 2000), car-

net qui permet sur le terrain de transcrire des observations de faune et de flore remarquables. L'observateur envoie une fiche détachable au service patrimonial de l'agence d'Aurillac (voir encadré ci-dessus) et conserve trace de son envoi sur une fiche souche.

Aujourd'hui, nous disposons ainsi de 300 000 données floristiques et de 20 000 données sur la faune et sur les habitats. Elles sont issues pour une large part d'Hervé Lassagne (dont 1/3 issu de conventions passées entre l'ONF et des partenaires), mais continuent d'être augmentées, pour une part plus modeste, par le réseau d'agents de terrain – grâce au carnet d'observation faune/flore – et par les centaines d'informations récoltées dans le cadre d'aménagements, de réalisations de documents d'objectifs Natura 2000 et de plans de gestion de réserves biologiques. Elles sont également enrichies, par convention d'échange réciproque, par les données botaniques nouvelles du CBNMC et les observations transmises par diverses associations de naturalistes.

Des actions pour faire connaître

■ Des stages de formation botanique du personnel ONF : ces stages n'ont plus lieu depuis cinq ans. Ils ont eu le mérite de sensibiliser les agents à la flore forestière typique de ce département pouvant poser des problèmes quant à la gestion forestière.

■ La confection d'une liste des espèces sensibles, en partenariat avec le CBNMC.

Ces actions ont été complétées par la publication par le service départemental du Cantal de différents documents internes :

- Flore simplifiée des forestiers d'Auvergne (Bracq, 1993).
- Quelques plantes à connaître et à protéger dans le Cantal (Bracq et al., 1994).



ONF du Cantal

Une espèce remarquable du Cantal : l'épigogon sans feuille

1 Créé en 1996, le conservatoire botanique national du Massif central a obtenu en 1998 l'agrément du ministère. Son champ d'investigation est l'ensemble du Massif central. Jean-Pierre BARBE, directeur, et son équipe, mènent aujourd'hui un important travail de prospection afin d'éditer un atlas de la flore d'Auvergne. Adresse : CBNMC, le bourg, 43230 Chavaniac-Lafayette.

2 L'œuvre de Jean Sapaly est exceptionnelle par son ampleur et par la qualité (inventaire avec une résolution cartographique au km² de toutes les espèces végétales supérieures du Cantal. Ce travail qui représente 20 années de relevés assidus a été le point de départ de la vocation d'Hervé Lassagne.

La coupe de sapin et d'épicéa prévue en 2003 dans la parcelle 4b de la forêt sectionale (type = SS) d'Eyfande risque de perturber la nidification d'un couple d'éperviers. Observation de Thomas Darnis datant du 17 février 2001.
On trouve ces informations dans le tableau qui apparaît à l'écran à côté de la carte.

connaissances sur leur autécologie et de choisir la bonne gestion quand aucune pratique n'est connue.

Des conseils de gestion

Le chargé de mission « Milieux naturels » de l'agence dispose aujourd'hui d'une masse importante d'informations sur les milieux naturels gérés par l'agence. Il peut ainsi émettre des recommandations de gestion par le biais :

- d'études préparatoires à des mesures de sauvegarde ou de valorisation de milieu (aménagement forestiers, plans de gestion de réserve biologique...),

- de participation à la restructuration des ZNIEFF, au diagnostic d'espaces naturels sensibles...

- de recommandations pour les coupes et travaux (clauses particulières...).

Au quotidien : la gestion de la biodiversité par l'ONF du Cantal

C'est en 2000 que les données naturalistes ont toutes été géoréférencées sous forme de couche sous le système d'information géographique (SIG) de l'agence (Jolly, 1995) grâce à un effort considérable du CBNMC. Par ailleurs, chaque

année, les unités territoriales fournissent leurs programmes de coupes et de travaux – via les logiciels de préparation à l'état d'assiette (PEA) et devis/travaux/facturation (DTF) de l'ONF. Leurs données de localisation, renseignées par le nom de la forêt et le numéro de l'unité de gestion, sont exportées automatiquement puis filtrées pour pouvoir être lues par le SIG ArcView®. On réalise alors une jointure – la donnée commune étant le code de la forêt – avec la table des parcelles connues du SIG (voir encadré p 13). Les lignes du tableau contenant une information pour les coupes sont sélectionnées. Un travail de vérification entre le fichier parcelles du SIG et celui

de PEA ne rend pas encore parfaitement automatique la démarche.

En ce qui concerne les travaux, il est possible de ne sélectionner que les codes des tâches ayant un impact possible sur la faune et la flore (exemples le travail du sol ou la création de place de dépôt...).

Le croisement des thèmes « coupes » ou « travaux » de l'année et des différentes bases de données naturalistes permet alors d'obtenir une visualisation à l'écran des parcelles proposées en coupe (ou travaux) sur lesquelles un ou plusieurs enjeux naturalistes risquent de constituer une contrainte lors de l'exploitation (voir encadré p 14).

Un retour aux informations de base (feuillet du carnet d'observation...) permet d'ajouter manuellement des détails. En utilisant l'extension « impression par parcelle » du logiciel, on édite alors une carte des enjeux avec des consignes de sylviculture, des conseils de clauses particulières pour la mise en vente. Le tout est adressé à l'agent patrimonial.

Ceci n'est qu'un exemple de l'utilisation de ces bases de données natura-

listes sur SIG. Elles peuvent également servir lors de la rédaction des aménagements ou autres documents de planification pour tout pré-diagnostic.

Le schéma de la figure 1 (p 16) illustre les échanges d'informations entre les divers organismes et l'ONF, leur saisie et leur exploitation au quotidien au sein de l'agence.

Les outils décrits conduisent à une démarche centralisée faisant le va et vient entre le terrain qui fournit des observations et renseigne les programmes des « coupes et travaux », et les unités spécialisées qui vont infléchir les actes de gestion pour prendre en compte au mieux la biodiversité. Pour que l'appropriation soit bien meilleure, en 2002, chaque personnel technique du Cantal a reçu un classeur papier contenant :

- une hiérarchisation des richesses forestière du Cantal (une note de 0 à 4 selon l'enjeu pour chaque richesse de la faune, la flore, les habitats et les sites remarquables) (voir tableau 1). En effet, seule une partie des données patrimoniales sur la masse des informations que recèle la base de données sur les forêts gérées du Cantal, vont influencer nos

interventions. Le gestionnaire ne doit voir apparaître que celle-ci. À titre d'exemple sur les 300 000 données de flore dont nous disposons, seules 23 000 données, concernant seulement 57 taxons, vont vraiment influencer la gestion forestière. Pour mener cette démarche, il n'est donc pas nécessaire de posséder une grande quantité de données si celles-ci sont pertinentes quant à la gestion forestière ;

- un tableau permettant à chaque instant de visualiser rapidement si une parcelle forestière est concernée ou pas par un élément patrimonial et son type (faune, flore, habitats, sites...).

Pour les forêts ne disposant pas d'un aménagement très récent qui intègre cette démarche, les notes de 0 à 4 pour les richesses patrimoniales vont permettre de visualiser l'exploitabilité des parcelles forestières via un « cyclogramme d'exploitabilité » (Bartoli, 1998) qui prend en compte des caractéristiques plus classiques de la coupe en intégrant une « Contrainte écologique/archéologique et paysagère ».

Les éléments de la biodiversité sont notés de 0 à 4 en fonction de leur

Indice d'exploitabilité								2
Flore (Espèces assez rares et remarquables, fragiles, ou peu communes)	LR I et II	PN	PR Auv	Berne	DH II	DH IV	Classe de rareté Auvergne	
Arabis cebennensis DC.	2						Assez Rare	
Faune (Espèces assez rares et remarquables, fragiles, ou peu communes)	LR I et II	PN	PR Auv	Berne	DH II	DH IV	Classe de rareté Auvergne	
Torcol fourmilier	X						Peu Commune	
Habitats assez rares et remarquables, fragiles, ou peu communs	Prioritaire		Communautaire		I Régional		Classe de rareté Auvergne	
Chênaies à sphaigne Code 9120	X						Assez Rare	
Sites géologiques remarquables	Intitulé / Remarques							
Sites remarquables	Dyke, effondrements, inversion de relief, gisements, mines, anomalies magnétiques							

Tab. 1 : exemple de richesses naturelles forestières ayant la valeur « 2 » dans le Cantal

LR I et II : Livre rouge des espèces menacées de France annexes I et II / PN : protection nationale / PR Auv : protection pour la région Auvergne / Berne : espèce inscrite à la Convention de Berne, espèces strictement protégées dans l'Union européenne / DH II : DH IV / Prioritaire ou Communautaire : directive habitats / Classe de rareté Auvergne : indice élaboré pour la flore par le CBNMC rendant compte de la rareté relative d'une espèce en Auvergne

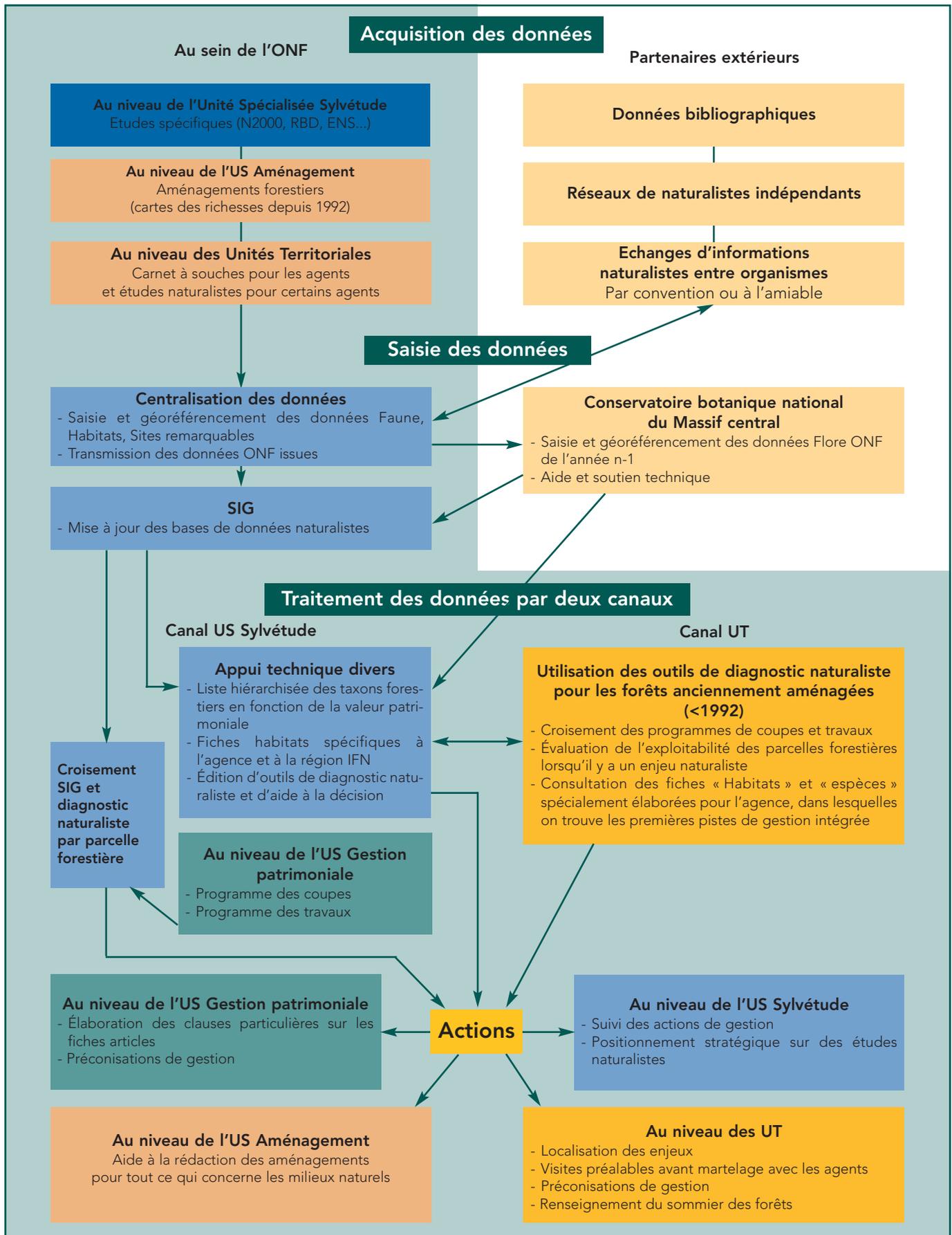


Fig. 1 : synthèse sur les flux d'informations naturalistes au sein de l'agence Cantal / Haute-Loire

Mélange d'essence	Probablement plus/moins souvent $\geq 20\%$ (indice 0) <input type="checkbox"/>	Essence dominée, légèrement $\geq 25\%$ (indice 4) <input type="checkbox"/>
Diversité des catégories de diamètre	Petit bois (indice 0) <input type="checkbox"/> Mélange 00-100 (indice 1) <input type="checkbox"/> Bois moyen (indice 2) <input type="checkbox"/> Mélange 00-100 (indice 3) <input type="checkbox"/> Gros bois (indice 4) <input type="checkbox"/>	
Qualité des bois	Traiteuse ou charriage (indice 0) <input type="checkbox"/> Palène (indice 1) <input type="checkbox"/> Charpente (indice 2) <input checked="" type="checkbox"/> Miroite (indice 4) <input type="checkbox"/>	
Régénération à préserver	Régénération abattue (indice 0) <input type="checkbox"/> Faible régénération possible (indice 2) <input checked="" type="checkbox"/> None (indice 4) <input type="checkbox"/>	
Pente / Mécanisation abattage	$\leq 40\%$ ou non mécanisable (indice 0) <input type="checkbox"/> entre 40 et 60% et mécanisable (indice 1) <input type="checkbox"/> > 60% (indice 4) <input checked="" type="checkbox"/>	
Obstacle (rocher...)	Obstacles importants et fréquents, fréquents... (indice 0) <input type="checkbox"/> Obstacles nombreux mais petits (indice 2) <input type="checkbox"/> Néant (indice 4) <input type="checkbox"/>	
Accessibilité	Débarcadere > 3 km (indice 0) <input type="checkbox"/> Débarcadere < 3 km (indice 4) <input checked="" type="checkbox"/>	
Période d'interdiction probable sur 12 mois (météo, montée sève, cause R, ski de fond, nidification...)	≤ 4 mois (indice 0) <input type="checkbox"/> entre 4 et 6 mois (indice 2) <input type="checkbox"/> entre 7 et 8 mois (indice 3) <input type="checkbox"/> ≥ 9 mois (indice 4) <input type="checkbox"/>	
Contraintes écologiques / archéologiques / paysagères facteur 0-100	0-20 (indice 0) <input type="checkbox"/> 20-40 (indice 1) <input checked="" type="checkbox"/> 40-60 (indice 2) <input type="checkbox"/> 60-80 (indice 3) <input type="checkbox"/> 80-100 (indice 4) <input type="checkbox"/>	
Prélèvement Volume/ha	≤ 30 m ³ (indice 0) <input type="checkbox"/> 30 à 40 m ³ (indice 1) <input type="checkbox"/> 40 à 60 m ³ (indice 2) <input type="checkbox"/> 60 à 80 m ³ (indice 3) <input checked="" type="checkbox"/> > 80 m ³ (indice 4) <input type="checkbox"/>	

Tab. 2 : indices et contraintes d'exploitabilité

rareté et/ou de leur statut de protection dans le Cantal. Chaque agent patrimonial peut ainsi évaluer la valeur patrimoniale de sa parcelle. Si plusieurs richesses naturelles sont impliquées sur la même parcelle, l'agent retient la note la plus faible (la contrainte maximum), et applique le résultat final pour la rubrique « Contraintes écologique/archéologique/paysagère ». On peut ainsi visualiser sous forme de cyclogramme (voir figure 2) les différents enjeux sur une parcelle, une note

élevée dans cette échelle de 0 à 4 signifiant que la contrainte est faible. Plus la surface du cyclogramme est importante et moins les contraintes d'exploitation sont élevées.

Dans notre exemple nous avons pris les valeurs suivantes (voir les cases cochées dans le tableau 2). Dans cet exemple, on constate que le volume de bois à l'hectare (indice 3) et sa bonne qualité (indice 3) doivent permettre une exploitation économiquement rentable. En revanche la

parcelle concernée présente une forte « Contrainte écologique/archéologique/paysagère » (indice 1), une période d'interdiction de longue durée (indice 0), ainsi que des obstacles assez nombreux (indice 2). Une des techniques d'exploitation qui pourrait permettre de limiter les atteintes au patrimoine naturel tout en conciliant des objectifs économiques serait l'utilisation des câbles-mats pour le débardage des grumes. Ces descripteurs permettent également de noter les conclusions que

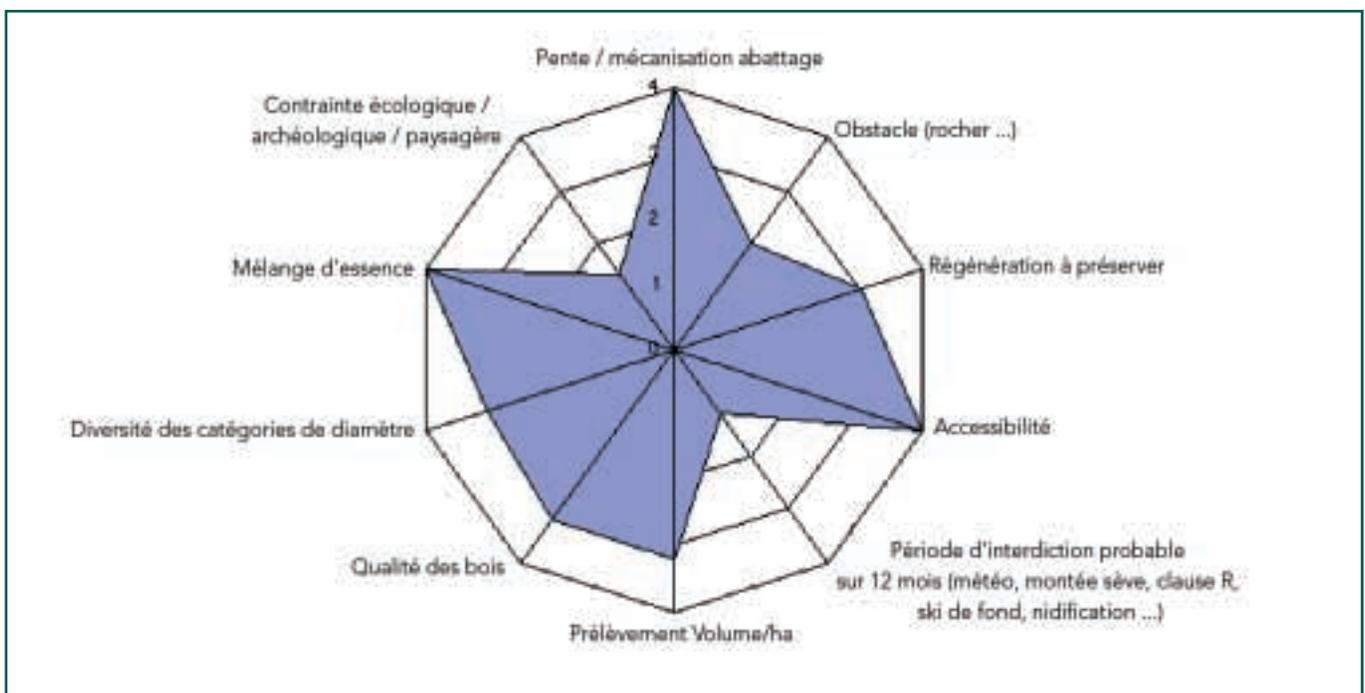


Fig. 2 : exemple de cyclogramme d'exploitabilité

l'on en tire dans des cases ajoutées sur les fiches de visite préalable à l'inscription à l'état d'assiette ou sur les fiches de guide de chantier. Chaque espèce dispose dans le classeur d'une fiche descriptive et des mesures de gestion à mettre en œuvre pour les sauvegarder. Bien entendu, chaque agent a la possibilité de se faire appuyer dans les prescriptions qu'il envisage de donner pour bien gérer le patrimoine qui lui est confié.

Perspectives d'amélioration

Il faut avouer que cette masse de papier issue de cette démarche qui permet de sensibiliser davantage les personnels de terrain et d'effectuer un filtre supplémentaire au SIG, est encore assez peu conviviale et non automatisée. Nous travaillons actuellement sur un outil informatique appelé « Le livret écologique » encore à l'état de maquette qui permettra de rendre ce dispositif beaucoup plus efficace en faisant opérer directement les acteurs de terrain de la gestion de la biodiversité. Ainsi ces personnels pourront effectuer eux-mêmes les croisements et mettre à jour la base de données. La mise à disposition, par l'intermédiaire d'Intr@forêt, de toutes ces données est tout à fait possible et le logiciel – gratuit – Arc-explorer® permet de disposer partout d'une version du SIG allégée mais opérationnelle pour le travail décrit. Nous réfléchissons également à une édition des données naturalistes de façon automatique sur le feuillet A50 r/s, afin d'actualiser le sommier des forêts.

Le coût de la « veille biodiversité »

Aujourd'hui, cette démarche demande cinq jours de travail de technicien rompu au SIG par an, cinq jours de technicien pour les aménagements et autres documents de planification (réserves biologiques, Natura 2000...), dix journées d'agent. La veille biodiversité représente ainsi un coût

approximatif de 0,3 €/ha/an pour l'ensemble des 30 000 ha de forêts publiques du Cantal sur lesquelles nous intervenons.

Conclusion

Notre démarche exige une organisation parfaite dans le rassemblement des données naturalistes initiales et dans leur mise à jour, qu'elles viennent de l'ONF ou d'organismes extérieurs. À ceux-ci, il faut montrer à quoi vont servir leurs informations : à une gestion fine et raisonnée de la diversité forestière qui est l'objectif de tous. Il faut aussi ne pas « relâcher son attention » dans le suivi de la chaîne qui va de la connaissance à l'action. Nous espérons que le cas du Cantal sera un exemple même si aujourd'hui on peut constater, avec regret, que cette dynamique portée par un groupe de personnels motivés s'essouffle quelque peu suite à diverses mutations. Si, dans notre cas, nous avons pu ainsi valoriser une base de données d'une importance exceptionnelle, nous sommes persuadés que la méthode exposée peut intéresser n'importe quel service de l'établissement public et qu'il pourra ainsi initier une prise en compte des richesses patrimoniales dans la gestion forestière dès la première donnée.

Thomas DARNIS

ONF, technicien aménagement,
milieux naturels
agence Cantal - Haute-Loire
thomas.darnis@onf.fr

Remerciements

Nous n'aurions bien sûr pas pu mettre en œuvre ces actions sans le soutien des chefs d'agence du Cantal et notamment de M. Guy Fréby, mais plus encore sans tous les personnels de terrain, informateurs et vrais gestionnaires toujours passionnés de la biodiversité. Nous remercions aussi Michel Bartoli pour son aide.

Bibliographie

BARTHOD C., 2000. Biodiversité et gestion forestière. In Gestion forestière et diversité biologique ENGRE – ONF – IDF, 119 p. et fiches

BARTOLI M., 1998. L'exploitabilité d'une parcelle forestière : concept et outils pour une gestion intégrée et une estimation moderne de la ressource. Bulletin technique de l'ONF, n° 35, pp. 39-47

BOUDRIE M., DARNIS T., 2002. Hervé LASSAGNE (1953-2001) Bulletin de la Société Botanique du Centre Ouest, tome 33, pp. 593-596

BRACQ L., 1993. Flore simplifiée des forestiers d'Auvergne. Aurillac : ONF Cantal. 25 p.

BRACQ L., LASSAGNE H., 1994. Quelques plantes à connaître et à protéger dans le Cantal. Aurillac : ONF Cantal. 40 p.

BRACQ L., LASSAGNE H., 1995. Espèces végétales les plus sensibles dans le Cantal, risques et localisation. Aurillac : ONF Cantal. 90 p.

DARNIS T., 2000. Carnet d'Observation Faune / Flore. Aurillac : ONF Cantal. 150 p.

DARNIS T., 2002. Prise en compte des richesses naturelles dans la gestion des forêts du Cantal relevant du régime forestier. Aurillac : ONF Agence interdépartementale Cantal / Haute-Loire. 425 p.

JOLLY A., 1995. Un système d'information géographique à l'ONF. Arborescences, n° 57, pp. 2-30

Dossier



Quelle place pour les biolubrifiants en forêt ?

Grâce aux travaux menés par différents organismes qui ont activement collaboré à la constitution de ce dossier, et aux informations recueillies au sein de l'ONF, la synthèse présentée ici a pour objectif de faire le point des connaissances actuellement disponibles sur la problématique des biolubrifiants dans les travaux forestiers : que sont les biolubrifiants ? Que sait-on de leurs effets sur le milieu ? Quelles sont leurs performances techniques ? Comment sont-ils employés en France et en Europe ?

- p. 20 Pourquoi s'intéresser aux biolubrifiants ? par Sophie Cornu
 - p. 23 Impact des lubrifiants sur l'environnement. Une alternative : les biolubrifiants – par Christine Cecutti
- p. 28 Les biolubrifiants de chaîne : performances, prix et retours d'expérience – par Nicolas Nguyen Thé et Michel Bartoli
 - p. 32 Biolubrifiants et réglementation – par Bernard Legrand
- p. 34 Utilisation de lubrifiants biodégradables en forêt wallonne – par Marie-Hélène Novak
 - p. 38 Les pratiques actuelles dans quelques pays européens – par Nicolas Nguyen Thé
- p. 42 La logistique de la gestion des biolubrifiants et des biocarburants dans les agences de la Meuse par Dominique Biquillon
 - p. 45 Pour en savoir plus... par Sophie Cornu

Pourquoi s'intéresser aux biolubrifiants ?

L'auteur dresse ici un panorama synthétique de la problématique des lubrifiants en forêts, fondant son analyse sur trois éléments majeurs : une connaissance claire des différents lubrifiants auxquels le forestier peut avoir recours, l'estimation des quantités consommées en France, et la prise en compte des préoccupations d'ordre environnemental d'aujourd'hui.

On utilise de nombreux lubrifiants en forêt, tant dans les petits matériels – tronçonneuses et débroussailleuses (huile de chaîne, huile pour mélange 2-temps) – que dans les machines d'exploitation forestière et de travaux sylvicoles mécanisés (fluide hydraulique, huile moteur, graisse).

Les lubrifiants utilisés actuellement sont surtout des produits dérivés du pétrole (qui est un minéral : on parle donc d'huile minérale). Lors de leur utilisation, ils se répandent en forêt : déversement quasi-total et inéluctable pour ce qui est de l'huile de chaîne (elle est une huile dite « perdue »), déversement accidentel mais souvent difficilement évitable pour les autres produits (qui sont des huiles « à risques »).

Les lubrifiants présentent donc un risque potentiel pour l'environnement, mais quelle est la nature et l'ampleur de ce danger ? Les biolubrifiants actuellement disponibles sur le marché sont-ils une alternative correcte ? Sont-ils techniquement aussi performants que les huiles minérales ? Sont-ils beaucoup plus chers ?

Le présent dossier tente d'apporter des éléments de réponse au travers des différentes contributions.

Les lubrifiants utilisés en forêt

Le rôle d'un lubrifiant est de « graisser », et ainsi faciliter le frottement entre des pièces en mouvement, en évitant l'échauffement et en protégeant contre l'usure et la corrosion.

En forêt, les lubrifiants sont utilisés dans des applications différentes : leurs for-

Qu'est-ce qu'un lubrifiant ?

Un lubrifiant est composé d'une huile de base (minérale, synthétique ou végétale) et d'additifs (d'origine minérale ou organique) dont le rôle est d'améliorer certaines propriétés de l'huile de base. Cela permet d'aboutir à des formulations adaptées à l'usage spécifique du lubrifiant. Ces additifs représentent 10 à 25 % du volume du lubrifiant dans le cas des huiles moteurs et moins de 5 % dans les autres applications.

mulations, notamment grâce aux additifs ajoutés à l'huile de base (voir encadré), et donc leurs propriétés varient selon l'emploi auquel ils sont destinés.

Les huiles de chaîne : des huiles perdues

L'huile de chaîne permet le glissement de la chaîne sur le guide et les protège tous deux de l'usure. L'huile s'écoule sur le guide et assure une lubrification en continu lors de la rotation de la chaîne. Sans modification de composition, elle est éjectée sous l'effet de la force centrifuge, et se disperse dans l'environnement sans pouvoir être récupérée. L'utilisateur en respire une petite

partie qui se disperse sous forme de brouillard.

En France, on estime la consommation d'huile de chaîne à au moins 10 millions de litres par an dont la quasi totalité est déversée dans le milieu naturel (voir encadré ci-contre). Si l'huile de chaîne n'a pas besoin de répondre à des exigences de longévité, contrairement à l'huile moteur par exemple, elle doit cependant répondre aux exigences suivantes :

- être suffisamment adhésive pour ne pas être trop rapidement projetée, et ainsi lubrifier sur tout le guide,
- être efficace à toutes températures d'utilisation,

Proportion d'huile de chaîne de tronçonneuse déversée dans le milieu

À l'aide d'isotopes radioactifs, une étude (Skoupy, 1994) a été menée en République tchèque pour analyser la dispersion de l'huile de chaîne lors d'une opération d'abattage-façonnage. On retrouve 3 à 15 % de l'huile à la surface du bois, 50 à 85 % dans les copeaux, 33 % partent directement dans le sol et seulement 0,5 % sur les vêtements et les chaussures de l'opérateur. Les copeaux restant sur le sol, c'est donc 85 à 97 % de l'huile utilisée qui sont déversés dans le milieu naturel.

SKOUPY A., ULRICH R., 1994. Dispersion der Olabscheidung aus der Kettenschmierung von Einmannmotorsagen. Forsttechnische Informationen, n° 11, pp. 121-123

Quelques chiffres

Quantité d'huile de chaîne de tronçonneuse et d'abatteuse utilisée en France

En France métropolitaine, pour récolter chaque année 54 millions de m³ de bois, sachant que la consommation d'huile de chaîne est de 0,2 l/m³ pour un bûcheron et 0,1 l/m³ pour une abatteuse, et que la part du bûcheronnage mécanisé est de 20 %, il faut environ **10 millions de litres par an** (Nguyen Thé, 2005). On obtient un chiffre du même ordre de grandeur si l'on multiplie la consommation journalière moyenne d'un bûcheron et d'une abatteuse par le nombre de jours travaillés et le nombre estimé de bûcherons et de machines d'abattage en France.

Pour être plus précis, il faudrait ajouter à ce chiffre la consommation d'huile utilisée lors des travaux sylvicoles réalisés avec une tronçonneuse, mais celle-ci est très difficile à estimer.

Quantité de fluide hydraulique utilisée en France

On estime la consommation de fluides hydrauliques dans les machines d'exploitation forestière à 1 million de litres par an (Nguyen Thé, 2004) et la perte à 15 à 20 % suite, surtout, à la rupture accidentelle de flexibles, soit de l'ordre de **200 000 l/an**. Le produit déversé dans le milieu se concentre sur une surface restreinte et présente donc localement un risque de pollution très important (sachant qu'un litre d'huile suffit pour polluer 1000 m³ d'eau...).

NGUYEN THÉ N., 2005. Mise en œuvre des biolubrifiants en exploitation forestière. Rapport final de la convention Agrice n° 02 01 045. 27 p + annexes.

et garder ses propriétés lubrifiantes lors de travaux de découpe de gros bois ou de bois durs.

Les fluides hydrauliques : des huiles à risques

Les fluides hydrauliques sont utilisés dans tous les engins dotés d'un circuit hydrostatique ou hydrodynamique et servent à transmettre les pressions. On les trouve dans les engins d'exploitation forestière tels que les abatteuses, les porteurs ou les skidders, mais également dans les tracteurs et leurs acces-



M. Bartoli, ONF

Une abatteuse moderne contient plusieurs centaines de litres de fluide hydraulique

soires (pour le labour, le broyage...). Une abatteuse moderne contient plusieurs centaines de litres de fluide.

La particularité des fluides hydrauliques est qu'ils sont soumis à des contraintes importantes et notamment des températures de fonctionnement supérieures à 100 °C. Ils doivent être le plus longévif possible en conservant leurs propriétés spécifiques.

Les mélanges 2-temps : un problème pour la santé humaine dû au carburant

Les huiles 2-temps entrent dans la composition des mélanges utilisés dans les moteurs 2-temps des tronçonneuses et débroussailleuses. Selon le type d'huile utilisé, le volume additionné est de l'ordre de 2 à 5 %. Cette huile sert à lubrifier les organes en mouvement à l'intérieur du moteur.

Sauf en cas de renversement lors du remplissage du réservoir (on peut éviter ce problème en utilisant des bidons avec dispositif antidébordement), le mélange n'entre pas en contact direct avec l'environnement.

La problématique des mélanges 2-temps est surtout liée au carburant. En effet, les gaz d'échappement issus de la combustion du mélange contiennent des composés provenant de l'essence qui, inha-

lés par le bûcheron ou l'ouvrier, pourraient avoir des conséquences sur la santé. Les constructeurs de tronçonneuses et débroussailleuses commercialisent depuis quelques temps des mélanges tout prêts dans lesquels le carburant est une essence raffinée spécialement et le lubrifiant une huile de synthèse. Il n'y a donc rien de « bio » dans ces mélanges et il est abusif de parler de biocarburants, mais ils ont un énorme avantage : les gaz de combustion contiennent très peu de polluants (benzène en particulier) et leur utilisation peut de ce fait être très bénéfique sur la santé humaine. Étant données leur spécificité et les strictes conditions de leur transport à bien connaître, les articles qui leurs sont consacrés paraîtront dans un prochain numéro des Rendez-vous techniques.

Les autres lubrifiants : huiles moteurs et graisses

Les huiles moteurs sont utilisées dans tous les types de tracteurs, tous les engins d'exploitation, et les fuites diverses représentent un risque pour l'environnement. Le lubrifiant est soumis à des températures très élevées et pour cette raison, la simple substitution de l'huile de base minérale par une huile végétale n'est généralement pas possible. Lors de son utilisation, il va subir de nombreuses modifications, et notamment se charger en métaux lourds. Les huiles usagées sont des produits très toxiques et la gestion de leurs déchets (à faire indépendamment des huiles végétales) est très réglementée.

Les graisses sont des huiles dont un des additifs est un épaississant permettant d'augmenter fortement leur viscosité. Les graisses sont majoritairement utilisées pour lubrifier des roulements et toutes pièces en mouvement relatif ne pouvant pas être lubrifiées par des huiles. Une bonne partie part aussi dans l'environnement.

L'alternative offerte par les biolubrifiants

Sur le plan environnemental, il y a deux caractéristiques essentielles (a priori non liées) à exiger d'un biolubrifiant :

être à la fois rapidement biodégradable et non toxique pour l'homme et l'environnement.

Les formulateurs se sont pour cette raison intéressés aux huiles de base d'origine végétale (colza et tournesol). Cette alternative au minéral est d'autant plus intéressante que l'huile provient d'une ressource renouvelable, qui ne contribue pas à l'effet de serre car les quantités de CO₂ rejetées sont celles que la plante a absorbées pendant sa croissance, et que cette ressource est disponible en Europe et constitue un débouché complémentaire pour l'agriculture.

Les lubrifiants de chaîne se dégradent-ils dans le sol, et en combien de temps ? Sont-ils capables de migrer pour atteindre les eaux souterraines et susceptibles ensuite de polluer les écosystèmes aquatiques ? L'article de Christine Cecutti (page 23) apporte des éléments de réponse à ces différentes questions et compare le comportement de plusieurs biolubrifiants et d'un lubrifiant d'origine minérale.

Mais comment l'utilisateur peut-il s'assurer que le produit fini qu'il achète correspond bien à cette attente de protection de l'environnement ? C'est le rôle des écolabels qui fixent pour des critères déterminés (biodégradabilité, écotoxicité, etc.), des seuils (valeurs minimales ou maximales chiffrées) à respecter. La Commission européenne vient d'adopter un label écologique européen fin 2004 pour les huiles de chaîne. Il sera présenté rapidement (voir encadré page 29) bien qu'il joue un rôle essentiel dans une démarche qualitative sûre.

Par ailleurs, la recherche d'un moindre impact environnemental ne doit pas se faire au détriment de l'efficacité technique du lubrifiant. Sur ce plan, les biolubrifiants sont-ils aussi performants que les lubrifiants classiques ? Nicolas Nguyen-Thé et Michel Bartoli (page 28) montre que nombre de biolubrifiants disponibles sur le marché français sont aujourd'hui de bonne qualité. Obtenir l'avis des utilisateurs de terrain, bûcherons et ouvriers-sylviculteurs est indispensable et est aussi un test de performances. Des enquêtes-utilisateurs ont

été réalisées, à l'ONF comme auprès de sociétés d'exploitation. Les résultats de ces retours d'expériences sont également présentés dans ce dossier. Enfin, le recours aux biolubrifiants doit se faire dans le respect de la réglementation, que l'article de Bernard Legrand (page 32) synthétise.

Suivant les pays, les pratiques d'utilisation des biolubrifiants sont très différentes comme le montrent les articles de Marie-Hélène Novak pour la Belgique (page 34) ou Nicolas Nguyen-Thé (page 38) pour les autres pays européens. En France, s'il n'est plus confidentiel, l'usage des biolubrifiants reste encore très faible.

En quoi sommes-nous concernés à l'ONF ?

Un environnement fragile

L'ONF est tout d'abord un utilisateur direct de ces produits, lorsqu'il réalise des travaux en forêt domaniale ou quand il intervient comme prestataire de services pour le compte de collectivités ou d'entreprises. Dans ce dernier cas, certaines consultations spécifient déjà l'utilisation d'huiles de chaînes biodégradables et non toxiques : il nous faut donc être capable de choisir parmi les produits existants, ceux qui allient à la fois respect de la santé humaine, performance environnementale et technique à un coût raisonnable.

En tant que gestionnaire des forêts publiques et garant de leur gestion durable, l'ONF est également concerné par les travaux qui y sont réalisés par des tiers, qu'il s'agisse de sous-traitance (travaux d'entretien, d'amélioration des peuplements...) ou de travaux d'exploitation forestière consécutifs aux ventes de bois. Nous nous devons notamment de prendre des mesures adaptées pour limiter les risques de pollution lorsque des chantiers ont lieu dans les périmètres de protection des captages d'eau, à proximité des cours d'eau, de zones humides...

Des engagements d'écocertification

Pour aller dans ce sens, l'ONF et nombre de ses partenaires qui œuvrent

en forêt ont pris des engagements environnementaux importants au travers de la certification ISO 14001 et de la certification PEFC. Si la norme ISO 14001 n'exige pas l'utilisation de biolubrifiants, elle impose la maîtrise des impacts négatifs, identifiés comme significatifs dans l'analyse environnementale, à un coût raisonnable. De même à l'heure actuelle, l'adhésion à PEFC n'impose pas l'utilisation de biolubrifiants dans les forêts certifiées.

Mais cela est susceptible d'évoluer, au moins au départ par des recommandations, et on peut citer en exemple le cahier des charges de l'entreprise adhérente à la charte de qualité des travaux forestiers de Bourgogne, dans lequel le signataire s'engage à « favoriser l'utilisation d'huiles biodégradables notamment près des zones humides ou proches des cours d'eau ». Dans le même registre, le parc à bois d'une très importante papeterie utilise exclusivement des biolubrifiants, situation qui fait partie de son engagement PEFC. Cette écocertification devant former une chaîne d'amont en aval, ce donneur d'ordre envisage de demander à ses fournisseurs d'utiliser des biolubrifiants.

Des prix élevés

C'est souvent l'argument d'un prix trop élevé (environ deux fois supérieur au prix des huiles minérales) qui est mis en avant pour ne pas utiliser les biolubrifiants. L'article de Dominique Biquillon (page 42) montre comment des choix raisonnés ont été faits dans les agences de la Meuse pour organiser les approvisionnements à moindre coût. On y comprend surtout que l'ONF achète un produit au conditionnement optimisé pour tous les utilisateurs, et une partie de la logistique de mise à disposition et de reprise.

Sophie CORNU

ONF, direction technique
département recherche
Fontainebleau
sophie.cornu@onf.fr

Remerciements

à Michel Bartoli pour son aide lors de l'élaboration de cette synthèse.

Impact des lubrifiants sur l'environnement. Une alternative : les biolubrifiants

Différents tests de laboratoire peuvent être utilisés pour caractériser le devenir des lubrifiants dans l'environnement. Après avoir expliqué en quoi consistent ces tests, et quelles sont leurs limites d'interprétation, l'auteur présente les principaux résultats obtenus en étudiant la dégradation de différentes catégories de lubrifiants et leur écotoxicité, dans le cadre d'un protocole expérimental.

Une grande partie des lubrifiants utilisés en exploitation forestière est susceptible d'être dispersée dans l'environnement et peut être source de pollution des sols, des eaux de ruissellement et des nappes phréatiques.

Dans le cas des huiles qui assurent la lubrification permanente des chaînes de tronçonneuses, des gouttes d'huiles tombent sur le sol continuellement : il s'agit là d'une lubrification perdue. D'après les estimations françaises de consommation de ces lubrifiants (voir l'article de S. Cornu page 20), on s'aperçoit que les quantités d'huiles déversées dans l'environnement sont non négligeables : environ 10 000 tonnes d'huile de chaîne sont ainsi perdues en France chaque année.

Les mêmes problèmes de pollution se posent avec les fluides hydrauliques : dans ce cas il ne s'agit plus de lubrification perdue mais de dispersion des lubrifiants dans le milieu ambiant à la suite de fuites ou de ruptures accidentelles des flexibles qui sont inhérentes au fonctionnement des machines. Les estimations (voir l'article de S. Cornu page 20) montrent que les pertes accidentelles de fluides hydrauliques peuvent conduire au rejet annuel de 150 à 300 tonnes de lubrifiant dans le sol, ce qui représente là encore un impact écologique très important.

Les biolubrifiants, des produits issus de ressources renouvelables et respectueux de l'environnement

L'utilisation de nouveaux lubrifiants formulés sur base végétale en substitution des fluides traditionnels d'origine pétrolière, peut répondre au souci de protec-

tion de l'environnement en permettant de réduire les risques de pollution du sol, des eaux souterraines et des eaux de ruissellement (voir encadré repères). En effet ces lubrifiants appelés encore biolubrifiants, sont connus pour être rapidement biodégradables et non toxiques pour l'environnement et pour l'homme. De plus, ils possèdent l'avantage d'être issus de ressources renouvelables contrairement aux produits classiquement utilisés qui sont eux d'origine fossile.

De nombreux formulateurs ont ce type de produits dans leurs catalogues et annoncent des seuils de biodégradabilité supérieurs à 95 % selon le test CEC L33 T 94 (voir paragraphe suivant) pour des huiles de chaîne ou des fluides hydrauliques. Il est cependant indispensable de s'assurer que ces propriétés environnementales sont maintenues tout au long du cycle d'utilisation des lubrifiants. Autrement dit, il convient de vérifier que les fluides gardent leurs propriétés de biodégradabilité et de non toxicité malgré les contraintes thermiques, mécaniques et chimiques auxquelles ils sont soumis durant leur utilisation normale.

Comment évaluer l'impact environnemental des lubrifiants ?

L'impact environnemental des lubrifiants est évalué à l'aide des deux paramètres clés : la biodégradabilité et l'écotoxicité.

La biodégradabilité

La biodégradabilité d'une substance est son aptitude à être dégradée, c'est-à-dire décomposée, par les micro-

organismes présents dans le milieu naturel. En présence d'oxygène, la dégradation se déroule jusqu'à un stade ultime qui est la transformation de la substance en eau, dioxyde de carbone et biomasse (micro-organismes).

On peut évaluer la biodégradabilité en suivant la disparition du composé parent : il s'agit là de la *biodégradabilité primaire*. Un test couramment utilisé pour mesurer cette biodégradabilité primaire est le test CEC L33 T 94 réalisé en milieu aqueux. C'est la méthode la plus simple à mettre en œuvre, et de ce fait la plus utilisée par les fournisseurs de produits chimiques. Mais de par son principe, cette méthode ne traduit pas réellement l'impact environnemental des substances étudiées car elle ne se préoccupe pas du devenir des métabolites formés lors de la décomposition du composé parent ; or il peut y avoir un grave danger environnemental au niveau de la toxicité et de la persistance de ces métabolites. Ainsi les taux de biodégradabilité mesurés à l'aide de cette méthode sont-ils souvent supérieurs à ceux donnés par la méthode de *biodégradabilité ultime* qui elle, prend en compte la dégradation des composés parents, mais aussi des métabolites formés. Le taux de biodégradabilité ultime est évalué via la quantité de dioxyde de carbone émis en stade final des processus de dégradation du composé parent et des métabolites formés au cours de la dégradation. Cette mesure rend compte précisément de toute la quantité de matière qui est transformée en éléments chimiques inoffensifs



Repères

Les huiles ont des propriétés différentes selon leur origine

- **Parmi les huiles dont la matière première est d'origine pétrolière** (on peut dire aussi minérale ou fossile), il faut distinguer les huiles minérales qui proviennent de la distillation du pétrole brut et les huiles de synthèse qui sont obtenues par réaction chimique. Dans cette dernière catégorie on trouve les esters synthétiques et les hydrocarbures synthétiques.
- *Les huiles minérales* sont constituées de chaînes moléculaires qui sont en partie insaturées (doubles liaisons chimiques entre les atomes de carbone) et qui contiennent des composés cycliques ou encore aromatiques toxiques (le benzène est l'hydrocarbure aromatique le plus simple chimiquement mais aussi le plus dangereux). Cette composition chimique particulière fait que ces composés résistent à l'action des bactéries et ne sont donc que très peu biodégradés.
- *Les hydrocarbures de synthèse* ont subi des traitements chimiques pour éliminer les impuretés et les groupements aromatiques toxiques, mais ils contiennent des insaturations (notamment les polyalphaoléfinés). Leurs taux de biodégradabilité OCDE peuvent atteindre 60 à 70 %.
- *Les esters synthétiques* sont les dérivés pétroliers les moins toxiques. Leur biodégradabilité est très variable et peut être du même niveau que celle observée pour les esters d'origine végétale.
- **Les huiles d'origine végétale** sont réparties en deux grandes catégories : les huiles végétales non modifiées et les esters oléochimiques obtenus par synthèse chimique. Dans les deux cas, les qualités environnementales sont optimales, tant en biodégradabilité qu'en écotoxicité. Les composés d'origine végétale sont également moins toxiques pour la santé humaine (par contact dermique et par inhalation).
- *Les huiles végétales brutes* sont utilisées pour des applications ne nécessitant pas de conditions d'utilisations dures (températures inférieures à 70 °C) car elles sont sensibles à l'oxydation. Néanmoins l'ajout d'additifs peut atténuer ce défaut.
- *Les esters oléochimiques* ont des propriétés techniques comparables voire supérieures aux lubrifiants d'origine minérale et possèdent les meilleures qualités environnementales.

pour l'environnement (dioxyde de carbone, eau et biomasse) au cours de la dégradation. Le test OCDE 301B, basé sur ce principe, est le test de référence. Il est réalisé en milieu aqueux avec des micro-organismes provenant de boues de stations d'épuration.

Plus les processus naturels de biodégradation sont rapides, et moins la substance est polluante envers le milieu environnant. La biodégradabilité s'exprime donc en pourcentage de substance dégradée durant un temps déterminé, généralement 28 jours.

L'écotoxicité

L'écotoxicité caractérise l'impact des substances sur le développement et la survie des organismes vivants. Elle est mesurée au moyen de tests normés qui mettent en œuvre des organismes représentatifs de la

chaîne alimentaire. Les tests d'écotoxicité qui font référence pour évaluer l'impact environnemental d'une substance sont les lignes directrices OCDE 201, 202 et 203 qui représentent le milieu aquatique à travers les algues, les daphnies et les poissons. On mesure les doses seuil qui provoquent chez ces être vivants des perturbations dans leur comportement (inhibition de croissance pour les algues, immobilisation pour les daphnies) ou leur mort (dose létale pour les poissons). Plus les seuils d'écotoxicité sont bas, plus les produits testés sont toxiques.

Impact environnemental des lubrifiants utilisés en exploitation forestière

Lors de la dispersion des lubrifiants dans l'environnement, que ce soit les huiles

de chaîne ou les fluides hydrauliques lors d'incidents techniques, les différents compartiments du milieu naturel sont touchés : le sol avec tous les organismes vivants qu'il contient, est touché en premier ; puis dans un deuxième temps, les nappes d'eau souterraines peuvent être polluées via la migration des produits au travers du sol ; enfin les eaux de rivière sont susceptibles d'être souillées via les eaux de ruissellement qui emportent avec elles les agents polluants.

Pour évaluer l'impact environnemental d'une substance lorsqu'elle est perdue dans le milieu naturel, outre les paramètres de biodégradation et d'écotoxicité en milieu aqueux, on doit prendre également en compte le paramètre de migration au travers des différentes couches de sol : un suivi spatio-temporel permet de contrôler la dégradation du polluant dans le temps et dans l'espace ; une migration trop rapide du produit avec les eaux de drainage conduit à une pollution des eaux souterraines et des nappes phréatiques. Dans le cas contraire si le produit reste adsorbé sur les particules de sol et dans la mesure où il est biodégradable, il peut être transformé par les micro-organismes du sol et ne causera pas de dégâts environnementaux.

Les tests reconnus pour l'évaluation de la biodégradabilité (tests CEC et OCDE précédemment évoqués) mesurent la biodégradabilité dans l'eau. Or les lubrifiants utilisés en exploitation forestière sont au départ dispersés sur le sol et du fait de la nature différente de ce milieu, les tests réalisés en milieu liquide ne sont pas forcément adaptés. En effet, la biodégradabilité peut être différente dans le sol car c'est un milieu solide : les substrats peuvent s'adsorber aux particules du sol et sont donc beaucoup moins disponibles et accessibles envers les micro-organismes responsables de la dégradation. De plus le sol est moins bien oxygéné que l'eau, or les processus de dégradation sont aérobies, c'est-à-dire qu'ils font appel à l'oxygène. Enfin les micro-organismes contenus dans le sol sont différents de ceux que l'on peut trouver en milieu aqueux ou dans les stations d'épuration et qui sont utilisés dans les tests de biodégradabilité en milieu liquide.

protocole

Dans le programme AGRICE (voir encadré protocole), on a étudié toutes les probabilités de pollution des fluides hydrauliques des machines forestières, dans l'eau et dans le sol :

■ dans l'eau, la *biodégradabilité ultime* et l'*écotoxicité* envers les organismes aquatiques, algues, daphnies et poissons ont été évaluées selon des tests OCDE ;

■ dans le sol, un suivi de la migration et de la biodégradabilité des lubrifiants dans des colonnes de sol, appelées aussi lysimètres a permis de mesurer la *biodégradabilité primaire*. La *biodégradabilité ultime* a également été évaluée à l'aide d'une nouvelle méthode de laboratoire qui est en cours de normalisation. Cette méthode basée sur le principe du test OCDE 301 B, permet d'évaluer la biodégradabilité ultime de substances déposées dans un bioréacteur contenant du sol naturel avec les micro-organismes d'origine, par dosage du dioxyde de carbone formé au cours des processus de biodégradation.

Afin de simuler des situations réelles d'utilisation des biolubrifiants en foresterie, les expériences ont été menées sur des sols de forêts : sol sableux de tendance acide sur lequel sont cultivés des conifères et sol argileux légèrement basique portant des feuillus.

On a choisi une quantité d'huile correspondant à la quantité déversée sur le sol suite à la rupture accidentelle des flexibles : 10 l/m².

Suivi de la biodégradabilité primaire dans des colonnes de sol

La figure 1 (p 26) montre à titre d'exemple la migration et la disparition dans le temps d'un des biolubrifiants dans le sol sableux. Le même type d'analyse a été réalisé dans les différents sols pour chacun des lubrifiants testés.

Aucun des composés étudiés n'a migré dans le sol au delà de 60 cm de profondeur après 120 jours d'expérimentation et c'est dans le sol sableux que l'on observe les plus grands déplacements : autour de 50 cm de profondeur pour les biolubrifiants et 60 cm pour le fluide d'origine minérale. Dans les conditions de l'expérimentation, on voit donc qu'il n'y a pas de risque majeur de pollution des eaux souterraines.

Un programme AGRICE pour étudier le comportement environnemental des biolubrifiants

Le projet « Impact environnemental de lubrifiants d'origine végétale utilisés dans l'exploitation forestière » a été financé par le groupement d'intérêt scientifique AGRICE (agriculture pour la chimie et l'énergie), et coordonné par l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, l'ONIDOL (Organisation nationale interprofessionnelle des oléagineux) et l'Institut national polytechnique de Toulouse (Cecutti, 2001).

Ce travail vient en complément d'un premier programme « Faisabilité technique et économique des huiles végétales » (de Caro, 2000).

Évaluation de la biodégradabilité

Elle a été évaluée dans deux compartiments du milieu naturel, le sol et l'eau, selon des tests différents, dont l'un qui fait l'objet de travaux de normalisation (préprojet au stade d'essais circulaires).

Dans le sol

- sur des colonnes de terre : biodégradabilité primaire,
- dans des réacteurs (récipients en verre contenant 1 kg de sol) : biodégradabilité ultime (préprojet de norme AFNOR NF X31-222 – AFNOR : Association française de normalisation).

Dans l'eau

- dans des réacteurs : biodégradabilité ultime (ligne directrice OCDE 301B – OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques).

Tests d'écotoxicité

- algues (ligne directrice OCDE 201)
- daphnies (ligne directrice OCDE 202)
- poissons (ligne directrice OCDE 203).



C. Cecutti, ENSIACET

Test en milieu liquide OCDE 301 B



C. Cecutti, ENSIACET

Test en milieu sol : test expérimental

Ces données expérimentales ont permis de calculer les taux de biodégradabilité primaire qui correspondent à la somme des quantités de lubrifiants mesurées dans chaque tranche de sol sur les 70 cm de profondeur des lysimètres : on observe une forte diminution de la concentration en lubrifiants dans le sol durant les 30 premiers jours

de l'expérimentation. Puis entre 30 jours et 120 jours les lubrifiants migrent un peu plus en profondeur (déplacement des pics de concentration vers la droite des graphiques) et continuent à être dégradés pour atteindre des taux de biodégradation primaire de l'ordre de 85 % pour les biolubrifiants et 70 % pour le fluide minéral. Ces diffé-

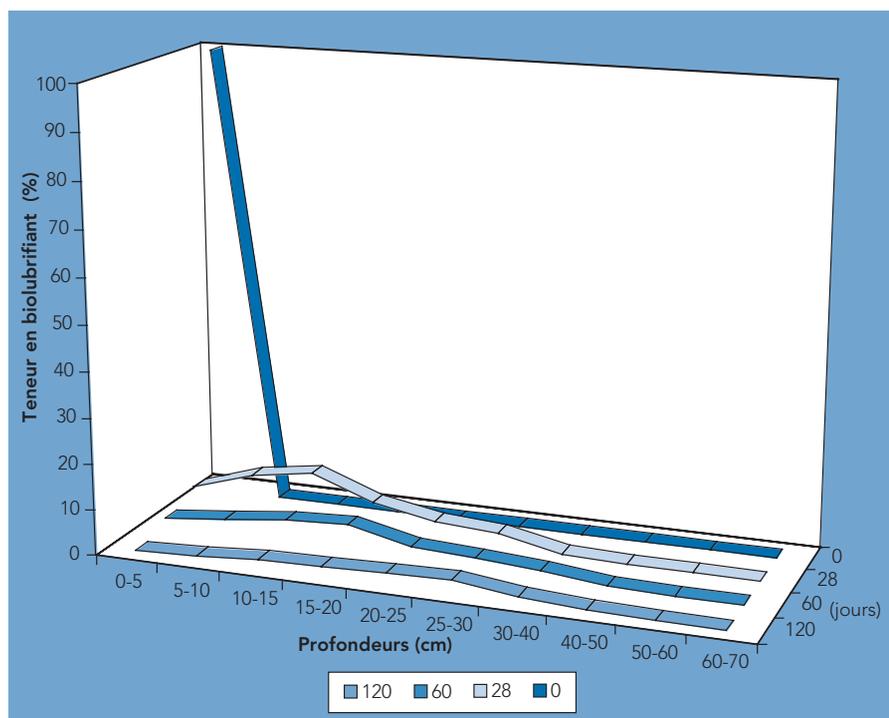


Fig. 1 : suivi spatio-temporel de la biodégradation primaire du biolubrifiant 2 (sur base végétale colza et tournesol oléique) dans le sol sableux

rences sont significatives et reproductibles sur un ensemble de huit analyses réalisées sur deux sols différents.

Évaluation de la biodégradabilité ultime

Les études de biodégradabilité ultime ont été réalisées sur les fluides usagés après 1000 heures d'utilisation afin d'évaluer l'impact environnemental des produits à n'importe quel moment de leur utilisation. En effet, on peut

craindre une baisse des qualités environnementales lorsque les fluides contiennent des métaux d'usure (principalement du fer, du cuivre et du plomb) ou ont subi des modifications chimiques du fait de leur utilisation à des hautes températures.

La figure 2 montre les cinétiques de biodégradation des fluides hydrauliques après usage dans le sol sableux. On observe que les biolubrifiants présentent

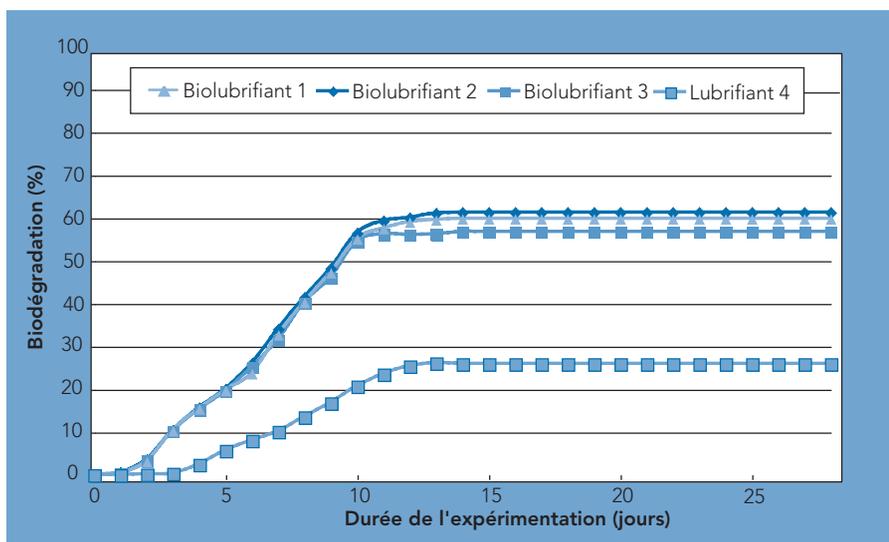


Fig. 2 : biodégradation ultime des fluides hydrauliques après usage dans le sol sableux

des cinétiques de dégradation très proches et dans tous les cas plus rapides que celle du lubrifiant d'origine minérale. Ceci conduit à des taux de dégradation supérieurs pour les biolubrifiants : de l'ordre de 60 % après 28 jours d'expérimentation, alors que le lubrifiant d'origine minérale n'atteint pas 30 %.

L'écart des taux de biodégradation ultime entre les deux catégories de lubrifiants est moindre lorsque l'expérimentation est menée en milieu aqueux, comme le montre le tableau 1. On remarque également que dans ce cas, les taux de biodégradabilité sont supérieurs à ceux mesurés en milieu sol. On explique cette tendance au lissage et à la surévaluation des résultats de biodégradabilité en milieu liquide, par la nature même du milieu qui présente à la fois une meilleure disponibilité du substrat et une meilleure oxygénation, favorisant ainsi les processus aérobie de la biodégradation.

L'ensemble de ces mesures de biodégradabilité montre l'intérêt de réaliser les expérimentations dans des conditions les plus proches possible des situations réelles de rejet dans le milieu naturel. Dans le cas des lubrifiants forestiers les études en milieu sol permettent de mieux évaluer les risques de pollution des eaux souterraines et du sol, tout en différenciant nettement les lubrifiants selon leur capacité à être dégradé par les micro-organismes présents dans le milieu.

Mesure des seuils d'écotoxicité envers les organismes aquatiques

Les tests d'écotoxicité ont été réalisés à partir des mêmes fluides usagés et également sur les fluides neufs. Le tableau 2 rassemble les résultats.

On voit à la lecture de ce tableau que le lubrifiant d'origine minérale (lubrifiant 4), qu'il soit neuf ou usagé, est toxique à des doses nettement plus faibles que les biolubrifiants et ceci envers tous les organismes étudiés.

De façon générale, ces résultats confirment bien que la toxicité augmente avec l'usure des fluides, mais cette détérioration reste moindre pour les biolubrifiants puisque l'on observe pour ceux-ci des seuils de toxicité élevés, supérieurs à 1800, excepté pour le biolubrifiant 3

	Biodégradabilité ultime en sol sableux (%) - Préprojet AFNOR NF X31-222	Biodégradabilité en milieu aqueux (%) Test OCDE 301 B
Biolubrifiant 1	60	75
Biolubrifiant 2	61	79
Biolubrifiant 3	57	69
Lubrifiant 4	25	78

Tab. 1 : taux de biodégradabilité ultime des fluides hydrauliques après 28 jours

testé sur les algues : dans ce cas le seuil de toxicité est assez bas, de l'ordre de 100, après 1000 heures d'utilisation. On peut imputer cette toxicité à la présence dans le biolubrifiant de Sélénium, élément apporté par les additifs et qui est très toxique envers les être vivants. Il semble que le test sur les algues soit le plus sensible et dans le cas présent il permet de classer les biolubrifiants les uns par rapport aux autres. On voit donc que pour bien évaluer l'écotoxicité des produits il est préférable de disposer de l'ensemble des trois tests car l'interprétation d'un seul test isolé peut conduire à des conclusions erronées.

Conclusion et perspectives

Le bilan environnemental réalisé dans ce programme de recherche montre que l'utilisation de biolubrifiants en foresterie semble être une excellente opportunité pour participer activement à la protection de l'environnement car ces produits grâce à leur caractère facilement biodégradable ne présentent pas de risque de pollution des sols ou des eaux souterraines et les tests écotoxicologiques de référence montrent

qu'ils ne sont pas nocifs envers les organismes environnants. Cette étude sur l'aspect environnemental complète les données techniques recueillies dans différents programmes antérieurs qui montraient les capacités des huiles d'origine végétale à remplacer les huiles pétrolières traditionnelles, que ce soit pour des huiles de chaîne ou pour des fluides hydrauliques. À qualités techniques équivalentes, il semble donc naturel de se pencher vers ces « bioproduits » qui présentent en supplément des qualités pour la protection de notre environnement.

Le programme détaillé dans cet article a été axé sur l'étude des fluides hydrauliques en conditions réelles d'utilisation : fluides chargés de métaux d'usure après 1000 heures d'utilisation, déversés sur des sols de forêts et en grandes quantités. Toutes ces conditions réunies vont dans le sens d'une situation maximale de pollution du milieu environnant et permettent d'extrapoler les résultats aux autres lubrifiants, notamment les huiles de chaînes de tronçonneuses : en effet, ces huiles sont utilisées en grandes quantités mais leur grande

dispersion dans le milieu environnant ne permet pas d'analyse environnementale telle que celle décrite dans cet article. À l'état neuf, cette catégorie de lubrifiants forestiers présente des taux de biodégradabilité primaire supérieurs à 95% selon le test CEC L33 T 94. Or ils sont soumis à beaucoup moins de contraintes mécaniques et thermiques que les fluides hydrauliques. On peut donc avancer sans risquer de se tromper, que ces lubrifiants garderont leurs propriétés environnementales après utilisation, et quand on sait les quantités énormes d'huiles de chaîne qui sont répandues sur le sol, on voit bien la nécessité d'utiliser ces produits « verts », issus de ressources renouvelables si l'on veut protéger notre environnement. Les pays nordiques ont bien compris ce message puisqu'ils imposent à travers leurs réglementations, l'utilisation d'huiles de chaîne d'origine végétale dans les zones sensibles et qu'ils vont même pour certains comme l'Autriche jusqu'à interdire les huiles de chaîne qui ne sont pas biodégradables.

Christine CECUTTI

École nationale supérieure des ingénieurs en arts chimiques et technologiques
Toulouse
christine.cecutti@ensiacet.fr

Bibliographie

CECUTTI C., 2001. Impact environnemental de lubrifiants d'origine végétale utilisés dans l'exploitation forestière. Rapport final de la convention AGRICE n° 0001013. 50 p.

de CARO P., NGUYEN THÉ N., 2000. Utilisation de lubrifiants à base végétale en exploitation forestière. Rapport final de la convention AGRICE n° 9801025. 60 p.

CECUTTI C., 2003. Un nouveau test d'évaluation de la biodégradabilité dans le sol : travaux de normalisation en cours. Oléagineux, corps gras, lipides, vol. 10, n° 5-6, pp. 354-359

Lubrifiant		Algues (EC50-72h) OCDE 201	Poissons (LC50-48h) OCDE 203	Daphnies (EC50-48h) OCDE 202
Biolubrifiant 1	neuf	2800	>10 000	>10 000
	usagé	1800	>10 000	>10 000
Biolubrifiant 2	neuf	5400	>10 000	>10 000
	usagé	5600	>10 000	5 900
Biolubrifiant 3	neuf	4800	>9 900	>9 900
	usagé	100	>10 000	2 500
Lubrifiant 4	neuf	1300	390	5400
	usagé	790	380	2450

Tab. 2 : évaluation de l'écotoxicité des lubrifiants sur les organismes aquatiques

Les biolubrifiants de chaîne : performances, prix et retours d'expériences

Rapprochant analyse technique, financière et résultats de consultations d'utilisateurs, les auteurs précisent quels sont les critères qu'il faut impérativement prendre en compte dans le choix d'un biolubrifiant, quels réglage du matériel effectuer, enfin quelles variations de prix sont actuellement observées.

Caractéristiques techniques des biolubrifiants de chaîne

Pour être utilisée en toutes conditions de température et bien que ne servant que très peu de temps (voir l'article de S. Cornu page 20), une huile de chaîne doit avoir des caractéristiques techniques lui assurant une bonne viscosité (elle lubrifie) et une bonne adhérence (elle parcourt le guide).

Les huiles sur bases végétales ont des caractéristiques spécifiques :

- une faible viscosité naturelle, inférieure à 100 cSt à 40 °C alors que les huiles minérales sont à 150 cSt. Cela se traduit au niveau de l'utilisateur par une impression de fluidité.
- Un fort indice de viscosité : au-delà de 200, alors que les huiles minérales sont à peine à 100. Les huiles sur base végétale changent donc moins de viscosité que les huiles minérales entre les situations « à froid » et les situa-

tions « à chaud ». Si les viscosités sont très différentes entre les deux types de produits à 40 °C, elles sont équivalentes à 100 °C.

- Une assez forte sensibilité à la résinification (épaississement), notamment si la température augmente ou en présence d'eau ; les conditions de stockage sont donc importantes. Ne pas garder d'huile dans le réservoir si la scie à moteur n'est pas utilisée durant un moment par exemple.
- Une bonne adhésivité. Les molécules qui constituent les huiles végétales sont polaires ce qui provoque des liaisons avec le support – le guide – et crée un film lubrifiant plus homogène. Il en découle des capacités de graissage théoriquement supérieures aux huiles minérales.
- Une faible filance (le film de lubrifiant casse) mais cela est aussi vrai pour les huiles minérales.
- Une couleur claire et une odeur plutôt neutre.

■ **La viscosité** est toujours indiquée sur la fiche technique du produit. C'est la valeur à 40 °C qu'il faut considérer. Elle s'exprime en centiStokes (cSt).

■ **L'indice de viscosité** traduit la stabilité de la viscosité suivant la température. À chaud, une huile est moins visqueuse.

■ **La filance** estime l'adhésivité. Faute de test normalisé, elle n'est pas indiquée sur la fiche technique. Elle ne peut s'apprécier qu'à l'usage (tester l'huile entre les doigts).

Des biolubrifiants de chaîne en constante évolution technique

Les huiles de chaîne n'étant pas des produits à forte valeur ajoutée, elles n'ont, le plus souvent, pas fait l'objet de recherche poussée en matière de formulation. Les huiles de chaîne végétale en sont encore à leur tout début et force est de constater que les produits les plus simples sont les plus nombreux. Leurs caractéristiques initiales peuvent ensuite être modifiées par des additifs pour améliorer les performances du produit.

Les améliorations portent notamment sur :

- la viscosité : en 2004, deux produits étaient proposés sur le marché à des viscosités à 40 °C équivalentes à celles des huiles minérales ;
- la filance qui n'est apportée que par des additifs. En 2004, quelques produits et certains prototypes présentaient une bonne filance.



N. Nguyen Thé, AFOCEL

Différentes huiles de chaîne « bio » (à gauche) et huile minérale (dernière à droite). Comme dans toute gamme, il existe des produits de caractéristiques et de performances variables

Un écolabel européen pour les huiles de chaîne

Tout produit se doit de cumuler des avantages techniques tout en minimisant les impacts sur la santé et l'environnement. Il est bon que ces caractéristiques soient mesurées lors d'essais normalisés et indépendamment des fabricants. C'est ce que garantissent des « écolabels ». Pour les biolubrifiants, il existe des écolabels au Canada, aux USA et au Japon. En Europe, il existe actuellement des écolabels en Norvège « Nordic Swan » (le cygne blanc), en Allemagne « Der blaue Engel » (l'Ange bleu), et en France la marque « NF Environnement lubrifiant pour chaîne de tronçonneuse ».

Le 09/12/2004, les instances européennes – et la France a voté pour – ont adopté un écolabel pour les huiles de chaînes de tronçonneuses. Les fabricants peuvent déjà demander une labélisation. Ils le feront sans doute très vite car cela leur évitera d'avoir un label par pays, cette obtention étant fort coûteuse. Ils mettront alors sur le marché un produit qui répond à des exigences contrôlées, au bénéfice du consommateur.

Comme leur nom l'indique, ces écolabels font une large part aux questions environnementales, ainsi qu'aux questions de santé humaine. Dans le détail, la lecture des critères auxquels doit répondre le label européen est très complexe : ils font référence à des directives de l'Union européenne (étiquetage, pollution aquatique, contrôle des produits dangereux, tests d'écotoxicologie normalisés...), à des listes de produits, à des règles strictes d'utilisation du label et à celles de son renouvellement (quatre ans pour un même produit).

Un biolubrifiant de chaîne doit répondre à sept critères :

- il ne doit contenir aucun produit qui – dans une directive de la CEE – soit désigné par la lettre « R » (on parle de « phrase R » ou phrase de risque) car cancérigène ou pouvant entraîner des risques d'affections graves ;
- le produit assemblé (base + additif) **ainsi** que chacun des composants doivent avoir une toxicité pour le milieu aquatique inférieure à des seuils fixés suivant différents tests normalisés (tests OCDE sur les algues et les daphnies) ;
- le produit doit respecter des critères de biodégradabilité (potentielle, ultime) et de bioaccumulation évaluées selon les tests OCDE ;
- il ne doit pas contenir de produit présentant un risque de danger pour l'eau (liste européenne), de composés halogénés, de nitrite, ni certains métaux, composés organiques et autres ;
- il doit être composé de substances issues de ressources renouvelables : 70 % pour les huiles de chaîne ;
- il doit avoir les performances techniques minimums imposées par le Kuratorium für Wald und Forsttechnik (KWF) allemand retenu par le label Ange bleu (il n'existe pas de norme ISO) ;
- il doit être doté d'une notice technique et d'une fiche de données de sécurité... remplies et satisfaisant aux règles de l'étiquetage CE.

L'écolabel européen est le bienvenu. Il s'appuie beaucoup sur l'expérience et les avancées progressives de l'Ange bleu. Quatre-vingts quatre huiles de chaîne possèdent ce dernier label. Quatre d'entre elles seulement sont distribuées en France alors qu'aucun produit n'a sollicité le label NF environnement. Pour offrir de sérieuses garanties à l'utilisateur, pour pouvoir s'ouvrir à l'ensemble du marché européen, les fabricants vont avoir à faire fleurir une marguerite sur leurs emballages.



Michel Bartoli

Avec ses remerciements au **Dr François Van Dievoet** (BfB Oil Research SA)

L'offre et les prix

L'offre en biolubrifiants de chaîne est maintenant très large. Tous les producteurs ou revendeurs de lubrifiants ont introduit ces produits dans leur gamme. On en trouve également dans les jardineries ou magasins de bricolage. Un inventaire dressé en 2004 recensait, pour le territoire national, seize références différentes d'huile de chaîne bio mais quatre seulement sont munies d'un écolabel (voir encadré ci-contre).

À noter que toutes les sociétés ne fabriquent pas nécessairement elles-mêmes leurs lubrifiants. Elles peuvent en soustraire la fabrication tout en les revendant sous leur nom. Il n'est donc pas impossible de trouver le même produit sous deux appellations différentes.

Pour traiter des prix, nous utiliserons les constats faits en 2004 à l'ONF. Les situations y sont très différentes selon les agences :

- les produits sont de marques diverses,
- les conditionnements vont de bidons de 5 l à des fûts de 200 l,
- les emballages sont ou ne sont pas récupérés par le fournisseur,
- les quantités utilisées varient, suivant les agences, de 60 à 7 000 l par an.

Les comparaisons entre prix sont donc difficiles à interpréter. La figure 1 (p 30) montre les écarts considérables constatés et quelques « aberrations » : le prix le moins élevé l'est pour un conditionnement de 5 l et c'est ce même conditionnement qui bat un record.

Entre huiles minérales et biolubrifiants de chaîne, la différence de prix s'explique en partie par une demande encore faible. Ce n'est pas la seule raison car les produits déjà disponibles en France ont, en Allemagne, Autriche ou les pays scandinaves (voir l'article de N. Nguyen Thé page 38) un très vaste marché. Par contre, la dispersion géographique de la demande compte beaucoup dans la formation des prix et une bonne organisation logistique est alors importante (voir l'article de D. Biquillon page 42).

€/ HT / l	0,70	1,00	1,50	2,00	2,60
Conditionnement					
Biolubrifiant en 5 l			←————→		
Biolubrifiant en 200 l			←————→		
Huile minérale en 5 l		←————→			
Huile minérale en 200 l	←————→				

Fig. 1 : prix observés en 2004 pour les huiles de chaînes dans différentes agences de l'ONF suivant les conditionnements

Retours d'expériences : les avis d'utilisateurs

Des essais ont été menés avec des opérateurs de bûcheronnage (manuel ou mécanisé) pour tester ces biolubrifiants en conditions de terrain. Pour bien les analyser, il faut connaître la nature du travail effectué. L'abattage des grumes sollicite davantage la chaîne et le guide que celui des petits bois (y compris démantèlement du houppier). Il requiert des guides plus longs qui sont plus exigeants en graissage.

Les résineux sont plus tendres que les feuillus et parmi les feuillus, certaines essences, comme le hêtre, sont plus dures que d'autres. Le travail des grumes feuillues représente donc les conditions les plus difficiles dévoilant les moins bonnes huiles. La saison intervient aussi de manière cruciale. En été, de fortes températures conduiront à une plus grande fluidité des huiles ; en hiver, l'effet inverse se produira avec des contraintes possibles de fonctionnement à froid avec des huiles plus visqueuses au démarrage.

Des essais ont été conduits par l'AFOCEL avec l'aide de bûcherons de la Société d'exploitation des bois du Sud-Ouest (SEBSO, groupe TEMBEC). L'une des impressions négatives habituellement évoquées par les bûcherons porte sur la fluidité excessive des biolubrifiants testés. Les viscosités de 100 cSt ou inférieures (à 40 °C) sont presque toujours ressenties comme trop fluides. Si elles sont acceptables

dans des conditions de coupe peu contraignantes, elles deviennent gênantes en conditions plus dures. De telles situations ont été rencontrées. Cela se traduit en pratique par une chaîne sèche et une usure prématurée : bleuissement ou casse du nez de guide. L'huile est éjectée en bout de guide et ne graisse pas suffisamment au retour. Notons que l'impression de graissage insuffisant peut aussi être dans une certaine mesure

un a priori et liée à l'absence de coloration des huiles végétales. L'opérateur ne voit pas l'huile sur sa chaîne et en tire des conclusions erronées sur la qualité du graissage. Ce constat a conduit certains formulateurs à appliquer des colorants pour foncer leur produit.

À l'ONF, les ouvriers sylviculteurs de deux agences (Bar-le-Duc et Mende) et des bûcherons du Haut Sundgau

Réduction des quantités utilisées

La quantité d'huile utilisée – donc achetée et rejetée dans l'environnement – par une tronçonneuse est réglable par le bûcheron. Or, trop souvent, c'est le débit maximum qui est utilisé. Si cela est sans doute correct pour un travail dans du bois dur à l'aide d'un guide long, pour des travaux de dépressage ou de démantèlement de houppiers, un débit moindre s'impose. D'une façon générale, les biolubrifiants de chaîne sont plus fluides que leurs homologues minéraux. La réduction du débit est donc logique. Il s'impose aussi pour des raisons de santé : l'huile de chaîne se répand aussi par micro gouttelettes dont une partie est inhalée par l'utilisateur. C'est en partie pour cela que les ecolabels ont une forte composante touchant à la santé humaine.

Des chaînes rainurées au niveau des talons des maillons d'entraînement assurent une meilleure lubrification, faisant d'ailleurs diminuer le besoin en filance élevée. Un constructeur de machine a développé un système guide-chaîne + pompe à huile + chaîne qui permet une forte réduction de la consommation en huile.

Pour une même qualité et fiabilité de travail, réduire de 40 % la consommation des huiles de chaîne est un objectif qui semble accessible. Une formation des utilisateurs sera sans doute nécessaire pour l'atteindre au mieux. Rectifier les bavures sur les guides pour assurer un meilleur contact de la chaîne, ne pas croire que si la chaîne tourne plus vite (avec une bague flottante de 8 dents entre autres) on coupe mieux alors que le frottement augmente quand le couple, lui, diminue sont des points à examiner dans le sens d'une économie de produit et d'un travail de qualité.

Michel Bartoli et Hubert Icard, professeur au lycée forestier de Bazas (Gironde)

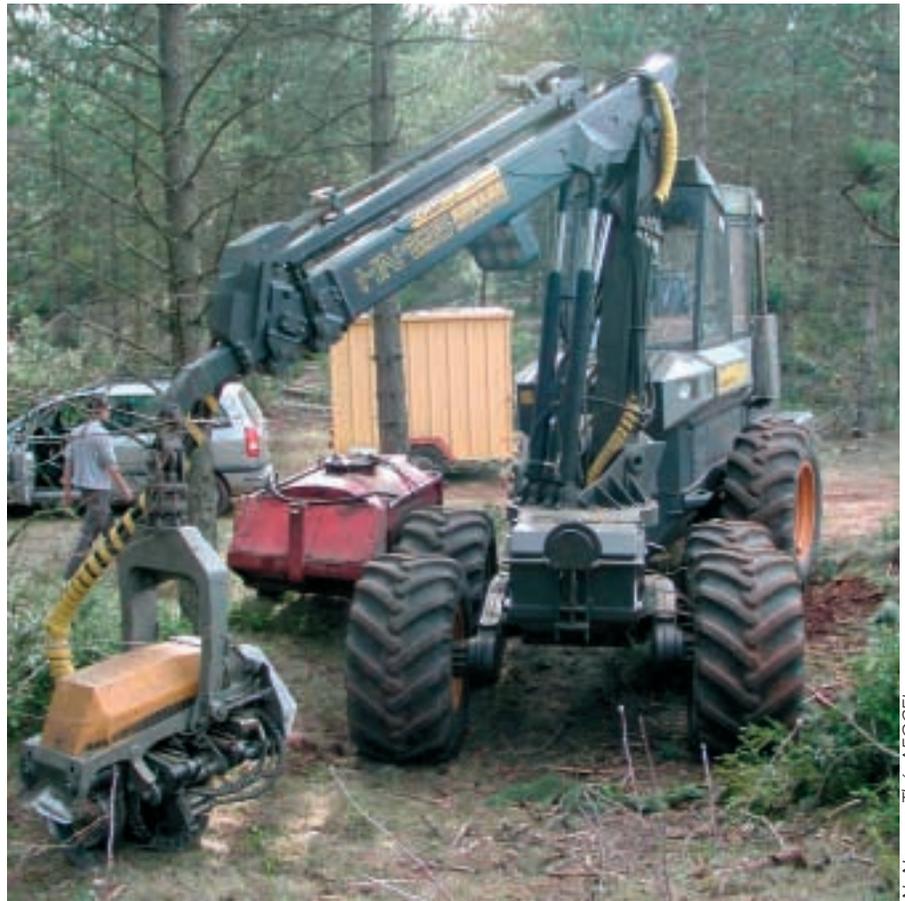
(Haut-Rhin) ont donné leur avis sur les qualités techniques des biolubrifiants en les comparant aux huiles minérales utilisées jusqu'alors, en suivant l'enquête utilisateur mise au point par l'AFOCEL. Le retour d'expérience des utilisateurs de l'ONF porte sur une cinquantaine de personnes travaillant avec des scies à chaîne de marques et de modèles variés, ce dernier point pour couvrir toute une gamme de travaux, certains ouvriers étant devenus de vrais bûcherons à temps plein après la tempête de 1999.

Trois produits seulement ont donc été soumis à enquête ; leur utilisation depuis un ou deux ans montrait déjà qu'ils étaient techniquement assez au point. Dans une autre agence (Besançon), un essai portant sur 20 l d'une « huile bio » nouvelle fournie gratuitement s'est révélé catastrophique, l'huile n'ayant guère de pouvoir lubrifiant.

Cela rappelle que les qualités techniques des huiles de chaînes à base végétale sont très variables et que leur rapide dégradabilité et leur faible écotoxicité n'en font pas automatiquement un lubrifiant correct.

Tous les utilisateurs de l'ONF, sauf un, ont répondu qu'ils étaient prêts à continuer avec de « l'huile bio ». L'exception provient d'un problème de mauvaise conservation de l'huile. Les biolubrifiants sont sensibles à ce phénomène de « résinification » surtout en climat humide. Les bidons doivent être fermés hermétiquement et, en cas de non-utilisation prévue, il faut bien vider le réservoir d'huile de chaîne.

Enfin, les conducteurs d'abatteuse apparaissent moins exigeants que leurs collègues travaillant en coupe manuelle. Les opérateurs ne sont pas en contact direct avec la scie et l'huile, et ressentent peu ce qui se passe. De plus, pour l'instant, les abatteuses fonctionnent essentiellement sur résineux et sur du bois de petites dimensions, donc avec des contraintes de coupe faibles.



N. Nguyen Thé, AFOCEL

Des références de plusieurs milliers d'heures d'utilisation ont été acquises sur des engins forestiers fonctionnant avec des fluides hydrauliques « bio »

Conclusion

L'offre en huile de chaîne « bio » est d'ores et déjà très large. Mais comme dans toute gamme de produit, la qualité est variable, ce qui est particulièrement vrai pour ces produits relativement nouveaux et non soumis à des normes techniques très poussées.

Une viscosité à 40 °C de 150 et une bonne filance apparaissent comme les garants d'un graissage satisfaisant dans les conditions les plus difficiles. Des huiles de viscosité inférieure – moins chères – pourront suffire cependant en conditions hivernales et pour un travail de coupe moins intensif. La qualité technique se paye et, pour un usage donné, les meilleurs produits ne sont pas ceux qui offrent les meilleurs tarifs. Dans tous les cas, l'huile de chaîne étant perdue même si elle est un biolubrifiant, pour réduire les coûts, un

réglage optimisé des machines est indispensable.

Nicolas NGUYEN THÉ
AFOCEL Sud
St Clément de Rivière (34)
nicolas.nguyen-the@afocel.fr

Michel BARTOLI
ONF, direction technique
Toulouse
michel.bartoli@onf.fr

Remerciements

Les auteurs remercient les bûcherons, opérateurs de machines ou ouvriers-sylviculteurs, et l'encadrement des sociétés d'exploitation ou de l'ONF qui ont bien voulu participer ou organiser les enquêtes sur les qualités des huiles de chaîne ou des fluides hydrauliques, et contribuer ainsi aux avancées techniques pour ces produits.

Biolubrifiants et réglementation

La réglementation applicable à l'utilisation des hydrocarbures dans une entreprise ou un établissement tel que l'ONF est issue de différents codes et textes réglementaires : Code du travail, Code de l'environnement, Code de la santé publique, décrets, arrêtés, règlement sanitaire départemental... La substitution d'huiles (minérales ou synthétiques) par des biolubrifiants (élaborés avec des bases végétales) étant une question d'actualité, il est intéressant d'examiner, au regard de ces différentes réglementations, les contraintes qui pèsent sur ces nouveaux lubrifiants. La réglementation, les produits (et la connaissance que l'on en a) évoluant en permanence, les principes présentés sont ceux en vigueur à la date de rédaction du présent article.

À la base : informer les utilisateurs

Afin de guider l'utilisateur de ces produits, le législateur a imposé aux fabricants, importateurs et distributeurs, des mesures d'information de l'utilisateur. Ces mesures sont d'une part un étiquetage obligatoire de ces fluides, d'autre part la mise à disposition gratuite d'un document dénommé « Fiche de données de sécurité (FDS) » (voir encadré).

Les informations contenues dans cette fiche de données de sécurité sont des aides précieuses permettant au chef d'établissement (ou à son représentant) de connaître les dispositions applicables pour l'utilisation, le transport, le stockage, l'élimination du produit considéré (ou des emballages et des matériels souillés).

Biolubrifiants : un choix compatible avec le souci de prévention des risques

Le Code du travail (Art L 230-2.) impose à chaque chef d'établissement des principes généraux de prévention : éviter/évaluer les risques, combattre les risques à la source, adapter le travail à l'homme, tenir compte de l'évolution de

La **fiche de données de sécurité** est un document qui a vu le jour à l'initiative de différents producteurs du secteur industriel, puis dont le contenu a été formalisé par plusieurs décrets (92-1261, 94-181) et arrêté (5/01/93).

Elle est établie sous la responsabilité du fabricant, importateur ou vendeur du produit concerné.

Cette fiche comporte seize rubriques obligatoires qui permettent d'identifier le produit, ses composants, les dangers qu'il présente, les mesures de prévention et de secours, des informations toxicologiques, etc.

C'est à partir de ces informations que le chef d'établissement peut choisir les produits les moins toxiques pour les salariés. Il est donc indispensable de les demander afin de connaître la dangerosité du produit utilisé.

la technique, remplacer ce qui est dangereux par ce qui l'est moins, planifier la prévention, privilégier les mesures de prévention collective, donner les instructions aux salariés. Le changement de lubrifiant doit donc être une opération conduite dans le respect de ces principes.

Pour l'huile de chaîne par exemple, et en l'état actuel des connaissances disponibles et des informations fournies par les distributeurs, le remplacement d'huile minérale ou synthétique par une huile à base végétale n'est pas en contradiction avec ces principes de prévention. En effet, la comparaison des informations contenues dans les fiches de données de sécurité de ces deux types d'huile ne montre pas une dangerosité des huiles végétales supérieure à celle des huiles synthétiques. Les mesures de prévention recommandées par les fabricants sont généralement des mesures d'hygiène

(laver en cas de contact avec la peau) et des recommandations sur le port d'un équipement de protection adapté (gants et lunettes).

Il est nécessaire de rappeler que ces mesures doivent être adaptées en fonction non pas de l'organisation prescrite du travail (c'est à dire la façon dont le travail est organisé) mais en fonction de la façon dont le travail est effectivement réalisé par les travailleurs.

Conditions de transport

Le transport des matières dangereuses est régi par l'arrêté du 1er juin 2001 relatif au transport des matières dangereuses par la route, dit arrêté ADR. Ce texte définit un classement de ces matières et impose des règles de transport (conformité des emballages et des véhicules utilisés, formation des per-



Abattage en forêt de Haguenau

B. Legrand, ONF

sonnels, documents de transports...). Ce texte prévoit également des exemptions pour certains types de transport, en fonction de la nature et de la quantité des produits transportés.

La consultation de la fiche de données de sécurité, et plus particulièrement de la rubrique n°14 (informations sur le transport) permet de connaître le classement du produit pour le transport. Les huiles de chaîne à base végétale (de même que les huiles 2 temps, et les huiles de chaîne synthétique) des deux grands constructeurs de tronçonneuses présents sur le marché professionnel français ne sont pas classées pour le transport. Il n'y a donc pas d'obligation réglementaire particulière à respecter. Pour information, nous n'avons pas trouvé d'huile dont le transport est réglementé au sens de l'ADR et cela quelque soit le type d'huile (moteur, boîte, hydraulique...) ou sa nature (minérale, synthétique, végétale).

Conditions de stockage

La réglementation concernant le stockage des hydrocarbures (dont font partie les huiles « traditionnelles » utilisées) est celle des installations classées. Il est donc intéressant de savoir quelles sont les règles s'appliquant aux biolubrifiants.

La fiche de données de sécurité indique, que pour les huiles d'origine végétale commercialisées, le stockage n'est pas soumis à déclaration ou autorisation (ces produits ne sont pas classés comme inflammables, explosibles, comburants, toxiques, etc.). Il est donc possible de les stocker (d'un point de vue réglementaire) sans contrainte particulière, sous réserve que l'activité du site de stockage ne corresponde pas une catégorie d'installations classées. Par exemple, le stockage de 1500 l de biolubrifiant dans un garage d'entretien de véhicule d'une surface de 800 m² ne fera pas l'objet d'un classement. Un stockage de volume identique, dans un garage d'entretien d'une surface de 2200 m² devra être pris en compte dans une procédure de déclaration (c'est alors l'activité « garage » qui est classée, et le stockage est un élément de cette activité).

Les installations classées sont des usines, ateliers, dépôts, chantiers, carrières, bâtiment d'élevage, etc. qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients pour la santé, la salubrité publique, la commodité du voisinage... Ce classement est établi soit en fonction des produits qui sont stockés ou utilisés (nature et quantité), soit en fonction du type d'activité pratiquée.

Cette réglementation fixe des seuils à partir desquels l'installation pourra être soumise soit à une procédure de déclaration, soit à une demande d'autorisation (pour les activités les plus polluantes ou dangereuses).

Gestion des déchets

Compte tenu de ses engagements ISO 9001, ISO 14001 et PEFC, l'ONF doit être vigilant dans la gestion des déchets. Pour les huiles de chaîne et de mélange 2T (qui sont des huiles « à usage perdu ») la gestion des déchets concerne les emballages. Deux solutions sont possibles : faire reprendre les emballages vides par le fournisseur qui doit justifier de son agrément pour effectuer cette opération ou fournir l'agrément de l'entreprise chez laquelle il remettra les emballages collectés (voir l'article de D. Biquillon page 42, exemple de la Meuse), soit faire collecter les emballages par un récupérateur agréé.

Pour les huiles usagées (cas des huiles moteurs ou hydrauliques), une collecte des huiles minérales et/ou synthétiques est organisée dans chaque département, sous l'autorité du préfet depuis 1979. Cette collecte a pour but leur régénération ou leur élimination. Les biolubrifiants n'entrant pas dans une de ces catégories, il conviendra de contacter l'entreprise chargée de cette collecte dans chaque département afin de savoir si elle accepte indistinctement l'ensemble de ces produits, ou si les biolubrifiants usagés doivent faire l'objet d'une collecte distincte. En tout état de cause, chaque enlèvement devra faire l'objet d'un bordereau d'enlèvement afin d'assurer la traçabilité de la gestion des déchets.

Dans chaque région, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ou la direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE) peuvent vous communiquer la liste des récupérateurs agréés.

Conclusion

Ce bref survol des contraintes réglementaires relatives aux biolubrifiants montre que celles-ci sont relativement limitées.

Néanmoins, au-delà de ces données réglementaires, nous devons garder à l'esprit qu'en matière de risques chimiques la connaissance des effets indésirables des différents produits ou substances existants sur le marché est imparfaite. En particulier, les conséquences des intoxications chroniques (faibles doses absorbées sur de longues périodes) qui apparaissent parfois longtemps après l'exposition au produit sont peu documentées. En outre, même si les biolubrifiants sont composés essentiellement de bases végétales (huile de colza ou autres), des additifs de synthèse sont ajoutés afin d'en améliorer les propriétés (voir l'article de N. Nguyen Thé et M. Bartoli page 28). Il convient donc d'être vigilant, et de faire comprendre et accepter par l'ensemble des acteurs concernés que des mesures de prévention (qui relèvent souvent du bon sens) doivent être prises : éviter toute inhalation de vapeurs, le contact avec la peau, porter les équipements de protection individuels recommandés, avoir une bonne hygiène corporelle, éviter tout déversement accidentel dans le milieu naturel, etc.

Bernard LEGRAND

ONF, direction territoriale Alsace
conseiller sécurité
bernard.legrand@onf.fr

Remerciements

Cet article a été écrit avec la collaboration de Monique Noël (animatrice sécurité DRH-DASS), Jacques Baudelot (animateur sécurité DT IdFNO) et D. Rivat (animateur sécurité DT Lorraine). Qu'ils en soient remerciés.

Utilisation de lubrifiants biodégradables en forêt wallonne

L'emploi des biolubrifiants en forêt wallonne demeure encore limité. Après avoir détaillé la situation dans cette région, l'auteur nous présente les réflexions et propositions qui ont été faites afin d'en développer l'usage, dans un souci de préservation de l'environnement.

Les lubrifiants biodégradables font une timide percée dans le secteur public

En Belgique, la part de marché occupée par les lubrifiants biodégradables de toute nature est très mince. On peut l'estimer à globalement moins de 1 %.

Pourtant, ces dernières années, des initiatives ont vu le jour, conduisant à une faible percée des biolubrifiants, principalement à la suite de contraintes imposées localement par les services publics (voir tableau en fin d'article). Sur la base d'une enquête effectuée auprès de toutes les directions générales de la Région wallonne, il apparaît que la part des lubrifiants biodégradables dans les acquisitions publiques n'est que de 2 % (chiffres 1999). Par type de lubrifiant seules des huiles de chaîne (21,3 %) et des fluides hydrauliques (2,9 %) sont parfois de type « biodégradable ». Mais, ce qui est plus surprenant, c'est que ces achats directs de lubrifiants respectueux de l'environnement sont principalement le fait des directions des Autoroutes et des Voies navigables du ministère de l'Équipement et des Transports ! Rien en forêt...

De circulaires en notes internes, c'est la voie de la contractualisation qui se développe dans les usages forestiers

Une des raisons pour ce faible intérêt dans le domaine forestier est l'ab-

sence de réglementation imposant les produits biodégradables, ce qui n'incite pas les distributeurs à offrir des versions biodégradables de leurs produits. Cependant, la mention d'une telle contrainte au niveau des « précautions particulières » dans un cahier des charges pour les travaux forestiers, par exemple, rendrait obligatoire sa mise en application par le signataire du contrat.

C'est cette voie contractuelle qui se développe en région Wallonne, où on peut estimer que, dans la plupart des cahiers des charges rédigés par les autorités compétentes, les huiles

biodégradables sont imposées au moins dans les périmètres de protection des captages d'eau ainsi que dans la plupart des zones naturelles protégées de l'Est du pays.

Une proposition de modification du code forestier allant dans le sens de la généralisation des lubrifiants biodégradables dans les forêts a été soumise, mais le texte du nouveau code n'a pas encore été approuvé. En cas d'insertion dans le code forestier, l'obligation d'utiliser des huiles biodégradables pourrait être généralisée à l'ensemble de la forêt wallonne soumise, soit 255 000 ha¹.



Parc naturel des Hautes Fagnes

Jan Decreton

¹ Ministère de la Région Wallonne, 1995 : État de l'Environnement Wallon, Forêt et Sylviculture.

Des huiles pas toujours « très claires »

Dans les cahiers des charges, il reste souvent des imprécisions sur la définition des « huiles biodégradables » (méthode d'évaluation de la biodégradabilité et de la toxicité, part d'huile végétale exigée, etc.) et des

types d'applications prévus (huile de chaîne, fluide hydraulique, huile moteur, huile de décoffrage). Actuellement, aucun label écologique n'est pris en considération alors que ce moyen présenterait l'avantage de donner une définition précise du « lubrifiant éco-compatible » souhaité.

Un impact sur le terrain faible, par manque de moyens de contrôle ?

Depuis 1995, des cantonnements forestiers appliquent la circulaire 2619, qui impose l'utilisation d'huiles biodégradables sur les périmètres de protection des captages d'eau. Si l'application est

La forêt wallonne

D'après les données du dernier inventaire disponible (année 2000), les massifs forestiers couvrent environ 545 000 ha, soit le tiers du territoire de la région wallonne. Les forêts soumises, gérées par la Division de la Nature et des Forêts, représentent un peu moins de la moitié de la superficie (47 %), le solde appartenant aux propriétaires privés.

Feuillus et résineux représentent chacun environ la moitié des surfaces productives. Toutes essences confondues, c'est l'épicéa qui domine avec environ 170 000 ha. Suivent, dans l'ordre, les chênaies, feuillus nobles et hêtraies. C'est principalement en Ardenne (belge) que l'épicéa est représenté. Dans les autres régions naturelles, les peuplements feuillus sont majoritaires.

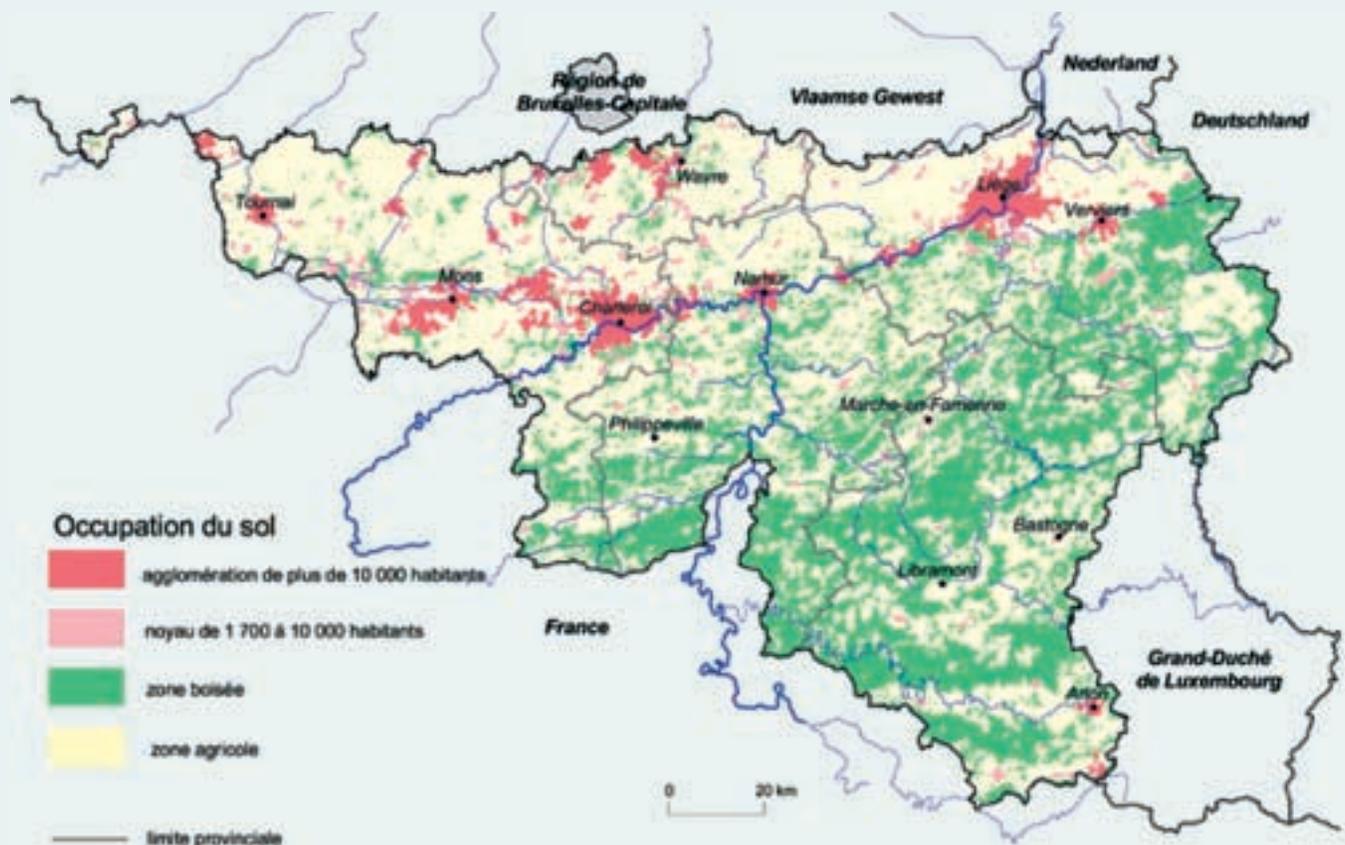
D'après le tableau de bord de l'environnement wallon 2004, les prélèvements annuels de bois en région wallonne restent inférieurs à l'accroissement en volume, ce qui induit une augmentation des volumes de bois sur pied.

Globalement, l'état de santé de la forêt wallonne est satisfaisant, mais est préoccupant pour certaines espèces (hêtre, chêne).

Références

LECOMTE H., FLORKIN P., MORIMONT, J.P., THIRION M., 2002. La forêt wallonne : état de la ressource à la fin du 20^e siècle. Namur : Ministère de la Région wallonne. 69 p.

Cellule État de l'environnement wallon, 2004. Tableau de bord de l'environnement wallon 2004. Namur : Ministère de la Région wallonne. 160 p.



ValBiom, l'association pour la valorisation de la biomasse (en Belgique)

L'association ValBiom est active dans le secteur de la valorisation non-alimentaire de la biomasse. Ses activités couvrent les filières de la biomasse énergie et celles des matières premières renouvelables (biomasse-chimie). ValBiom assure la veille technologique, des études économiques et des travaux de recherche sur des thématiques telles que :

- au niveau des ressources : le lin, le colza, les céréales, la chicorée, la betterave, la pomme de terre, le miscanthus, le chanvre, les rémanents forestiers, le taillis à très courte rotation, les sous-produits de l'industrie du bois, des industries agro-alimentaires...
- au niveau des procédés : la combustion, la biométhanisation, la cogénération, la gazéification, la chimie végétale...
- au niveau des produits : les biolubrifiants, les solvants, les tensioactifs, les biopolymères, les biomatériaux, la chaleur, l'électricité verte, les biocarburants...

ValBiom appuie le secteur agricole, l'administration, les milieux politiques et industriels. Ses membres comptent des particuliers, des collectivités, des associations, des industriels, des institutions scientifiques.

relativement bien suivie par le personnel domanial (le personnel employé directement par la Région), l'exploitation forestière est généralement sous-traitée à des sociétés privées qui confient la réalisation du travail à des bûcherons indépendants. En conséquence, dans la pratique, l'huile biodégradable est peu utilisée, même si des expériences localisées se révèlent très positives. Par exemple, de nombreux exploitants forestiers intervenant dans le Parc naturel des Hautes Fagnes se sont équipés d'hydraulique biodégradable, et de nombreux bûcherons de la région utilisent « par défaut » de l'huile de chaîne biodégradable.

Les éventuels contrôles ne débouchent souvent que sur des remarques orales, il n'y a pas de pénalités apportées en cas d'infraction constatée, d'autant que les moyens de contrôle efficaces ne sont pas prévus. Tout au plus les cantonniers vérifient-ils que de l'huile de vidange n'est pas utilisée sur les gros chantiers en sites sensibles. C'est pourquoi ValBiom a interpellé un laboratoire privé (BfB Oil Research, 5032-Les Isnes, Belgique) afin qu'il mette au point et commercialise un kit de terrain permettant d'identifier aisément la nature de l'huile de base d'un lubrifiant (base végétale ou base minérale). Le kit est actuellement au point mais n'est pas encore commercialisé.

Propositions de ValBiom

- Généraliser l'obligation d'utiliser des huiles de chaîne et des fluides hydrauliques en forêt via les cahiers des charges en précisant le type de produits accepté. Cette modalité a montré ses limites...
- Répercuter dans tous les cas le surcoût des huiles de chaîne dans la rémunération des bûcherons, soit en men-

tionnant explicitement dans le contrat une rubrique spécifique, ou en leur fournissant directement le produit.

■ Faire apparaître dans le code forestier l'obligation d'utiliser des huiles de chaîne et fluides hydrauliques respectueux de l'environnement dans la forêt wallonne. Cette proposition pourrait être votée en 2005.

■ Se fonder sur l'écolabel européen pour fixer les produits acceptables. Cet élément n'aura du sens que si plusieurs fournisseurs demandent et obtiennent l'écolabel, ce qui prendra quelques années.

■ Contrôler les opérations sur le terrain, en utilisant un kit simple. Cela nécessite d'abord que le kit soit commercialisé, et qu'ensuite, il y ait une réelle volonté politique de pratiquer des contrôles, en équipant par exemple tous les agents assermentés.

■ Inciter les exploitants à acquérir des machines équipées d'origine en fluide hydraulique biodégradable (mesure réglementaire ou incitations financières).

Marie-Hélène NOVAK

ValBiom et Faculté universitaire
des Sciences Agronomiques
Gembloux
Belgique
novak.mh@fsagx.ac.be



Exploitation de la forêt feuillue : par jour, chaque bûcheron utilise 3 l d'huile de chaîne de tronçonneuse... qui se retrouvent dans le milieu

Institution	Type de règlement	Objet	Lieux d'application	Produits concernés
Min. Rég. Wallonne, DGRNE ¹ , Division Nature et Forêts	Circulaire 2619 du 22/09/97 relative aux aménagements dans les bois soumis au régime forestier.	Protection de l'eau et des sols. Mesure encouragée dans les aménagements : imposition dans les cahiers des charges pour les aménagements forestiers.	Zone de captage : zone de prévention rapprochée (35 m) zone de prévention limitée à 100 m Par extension : toute la forêt domaniale du cantonnement de Spa (3020 ha), en lien avec le périmètre de protection des sources de Spa (3200 ha)	Huiles biodégradables (sans précision)
Min. Rég. Wallonne, DGRNE - Division de l'eau	Note du Directeur à l'intention des Services extérieurs	Spécifications à introduire dans le cahier spécial des charges pour les travaux à effectuer le long des cours d'eau	En bordure des cours d'eau de première catégorie (non navigables) ²	Huiles de chaînes de tronçonneuses et huiles de décoffrage (acier, bois et panneaux stratifiés) ; ils doivent être d'origine végétale et biodégradables à plus de 95 % ³
Parc Naturel des Hautes Fagnes et PN Burdinale	Précautions particulières dans le cahier des charges		Parc Naturel des Hautes Fagnes = 4000 ha Par extension : tous les cantonnements de la direction de Malmédy	Huile de chaîne, fluides hydrauliques
Document 034/CTPE-A de la SWDE (Société Wallonne des Distributions d'Eau)	Précautions particulières dans les clauses techniques	Protection des ressources et des captages	Sur tous les terrains dont la SWDE est propriétaire ou gestionnaire	Huiles de lubrification des machines de coupe doivent être certifiées biodégradables, contenues dans les récipients d'origine et être agréées par la Direction des travaux
Min. Rég. Wallonne, DGRNE	Article du code forestier	En projet	Pour tous travaux dans l'ensemble des bois et forêts (belges) domaniales, communales et privées	Toutes huiles : huiles pour moteur, huiles de transmission, fluides hydrauliques, graisses, huiles de chaînes de tronçonneuses

Récapitulatif des règlements identifiés pour imposer l'utilisation des lubrifiants biodégradables

1 Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement

2 Les cours d'eau de première catégorie sont les cours d'eau non navigables en aval du point où leur bassin hydrographique atteint au moins 5000 ha

3 Selon respectivement les normes CEC-L32-A93 et CEC-L31-T82.

Les pratiques actuelles dans quelques pays européens

Si la France a introduit de manière relativement récente les biolubrifiants dans le secteur forestier, certains pays européens et plus particulièrement les pays nordiques ou encore l'Autriche ou l'Allemagne bénéficient d'une plus longue expérience. Leurs choix et leurs orientations toutefois ne sont pas similaires.

La Suède

En Suède, le secteur forestier est le principal utilisateur des biolubrifiants. Le niveau d'utilisation des fluides hydrauliques bio pour les travaux forestiers est estimé à 80 %, et le niveau d'utilisation des huiles de chaîne bio est estimé à 40 %. Ce fort niveau d'utilisation des biolubrifiants s'explique de plusieurs manières :

- une « conscience environnementale » forte : l'utilisation des biolubrifiants en forêt date de la fin des années 1980 sur l'initiative du gouvernement suédois. Une campagne de communication a été lancée pour souligner l'impact négatif de l'exploitation forestière sur l'environnement. Le gouvernement suédois a alors soutenu des projets de recherche et développement orientés vers la création de nouveaux produits. Les biolubrifiants ont été adoptés très largement par les entreprises forestières dès le début des années 1990.

- L'organisation de la filière bois : 50 % du volume exploité en suède provient de quelques grosses sociétés forestières, également propriétaires des forêts. L'adoption des biolubrifiants dans le cahier des charges de l'une de ces entreprises permet immédiatement de toucher une part significative du marché. Ces sociétés laissent maintenant une place importante à la sous-traitance pour la réalisation des travaux forestiers mais elles imposent à celle-là notamment l'utilisation de biolubrifiants.

- En 1997 a été créée la « SP list ». Celle-ci comporte la liste des fluides



M. Bartoli, ONF

L'abattage et le façonnage de ces grumes ont nécessité environ 6 l d'huile de chaîne, perdus

hydrauliques répondant aux critères techniques d'un standard auxquels sont ajoutés des critères d'ordre environnemental vérifiés par l'institut technique SP. Tous les cahiers des charges préconisant l'utilisation de biolubrifiants y font référence. Notons qu'une telle liste n'existe pas pour les huiles de chaîne.

- La majorité des entreprises d'exploitation forestières est certifiée ISO 14001. La certification de la gestion durable (plus de 50 % des surfaces, essentiellement FSC) s'est également largement imposée. Les cahiers des charges comprenant des clauses liées à l'environnement qui préexistaient ont été intégrés dans les référentiels ISO ou FSC. ISO et

FSC n'ont pas été des moteurs de l'utilisation des biolubrifiants mais ont permis de conforter leur utilisation par le biais d'engagements signés et de contrôle de terrain.

- L'abattage est presque exclusivement mécanisé, ce qui facilite la mise en œuvre de tels produits : pas de contact direct avec le produit et pas d'achat direct de la part du bûcheron donc moins d'a priori ou de réticences.

Les huiles de chaîne utilisées sont équivalentes à celles proposées en France. Ce sont des produits de viscosité faible mais cela peut se justifier par des températures de travail éventuellement très basses et nécessitant

que l'huile conserve une certaine fluidité. Les fabricants proposent des huiles sur base colza mais aussi à base de résine de pin.

Il semble que les débuts aient été parfois difficiles avec l'hydraulique alors que les produits n'étaient pas encore assez bien finalisés (problèmes sur pompes et joints, problème de résinification suite à des contaminations avec de l'eau). L'huile de chaîne ne pose pas de difficultés particulières mais les opérateurs ne se souviennent plus de l'époque où ils travaillaient en minéral et ne savent plus faire la différence...

La Finlande

Jusqu'en 2000, la Finlande était à un niveau d'utilisation des biolubrifiants similaire à celui de la Suède. En 2001, cependant, la tendance s'est inversée très brutalement, le niveau d'utilisation de l'hydraulique bio passant de 70 % à 30 %. Ce retour est lié à une polémique lancée, semble-t-il, par des exploitants forestiers dénonçant des problèmes techniques sur les engins, le surcoût des huiles et des problèmes d'allergie. Si les arguments avancés (hormis le surcoût des huiles) ont pu être démentis, cette opération a induit une crise de confiance chez les utilisateurs et une forte baisse de la demande des grands groupes forestiers, ces derniers n'exigeant plus l'utilisation des biolubrifiants dans leur cahier des charges mais se contentant de les recommander.

En Finlande comme en Suède, les nouvelles machines d'exploitation – dont ces pays sont de très importants constructeurs pour le monde – peuvent être équipées de fluides bio en série.

L'Autriche

L'Autriche s'illustre par la mise en œuvre d'une réglementation interdisant l'utilisation d'huiles de chaîne minérales ; les risques pour la qualité de l'eau sont estimés trop importants. Outre l'interdiction d'utiliser des lubrifiants d'origine pétrolière, cette réglementation requiert l'utilisation de lubrifiants avec un seuil de biodégradabilité et de phytotoxicité. Il existe donc, bien sûr, un

écolabel pour les huiles de chaînes, écolabel géré par l'Agence fédérale pour l'environnement.

La réglementation n'impose en rien l'utilisation de bases végétales mais, en pratique, ce sont elles qui sont utilisées.

L'Allemagne

Concernant les huiles de chaîne, il est difficile d'avoir des chiffres précis sur la part des huiles bio. Si certains indiquent que le marché est proche de la saturation, les acteurs forestiers sont plus prudents et proposent des chiffres de l'ordre de 40 à 50 %, ce qui est conforté par les chiffres de production d'un fabricant. Le niveau d'utilisation des fluides hydrauliques bio, pour le secteur forestier uniquement, est également difficile à estimer puisque l'hydraulique n'est pas spécifique du secteur. Il est cependant plus important que les huiles de chaîne et estimé à 80 %, notamment du fait de la mise en place d'un programme incitatif par le gouvernement.

Les facteurs de développement des biolubrifiants en Allemagne sont de plusieurs natures :

- une volonté politique : le gouvernement allemand a lancé pour la période 2000-2004 un vaste programme d'incitation basé, d'une part, sur la communication sur les produits

d'origine renouvelable et d'autre part sur la compensation des coûts de substitution. Ce programme concerne essentiellement les fluides hydrauliques (90 %). Les huiles de chaîne ne rentrent pas dans les critères de sélection. Le principe du programme repose sur le remboursement des coûts lié à l'adoption des fluides bio (quantités d'huiles nécessaires au rinçage, adaptation de joints, etc.). Le remboursement des coûts est conditionné par l'adoption de produits inscrits sur une « positiv list ». Le secteur forestier ne représente que 13 % de l'ensemble du programme. L'impact de ce programme a été analysé. On retiendra que le programme aura contribué à développer significativement l'adoption des fluides hydrauliques bio. La principale réserve concerne une tendance à favoriser des prix élevés. La pérennité du système a aussi été quelque peu remise en cause dans la mesure où il a été observé que, après passage en biolubrifiant, les appoints étaient parfois faits en minéral.

- L'utilisation des huiles bio est obligatoire dans les forêts d'État, soit 30 % de la surface forestière. Elle est fortement recommandée dans les forêts appartenant à des collectivités qui représentent 20 % des surfaces forestières.



Dans un porteur, la grue, les moteurs des roues et l'articulation centrale sont tributaires des fluides hydrauliques

M. Bartoli, ONF

■ L'écolabel « Der blaue Engel » pour les huiles de chaîne a été créé en 1991. Quatre-vingts quatre huiles de chaîne bénéficient actuellement du label « Ange bleu ».

En Allemagne, les huiles de chaîne de viscosité 100 sont des formulations couramment utilisées.

L'Angleterre, la République Tchèque

La Commission forestière du Royaume-Uni a décidé que tous les porteurs et les abatteuses travaillant sur les terres dont elle a la gestion devront utiliser des huiles hydrauliques biodégradables à partir d'avril 2007.

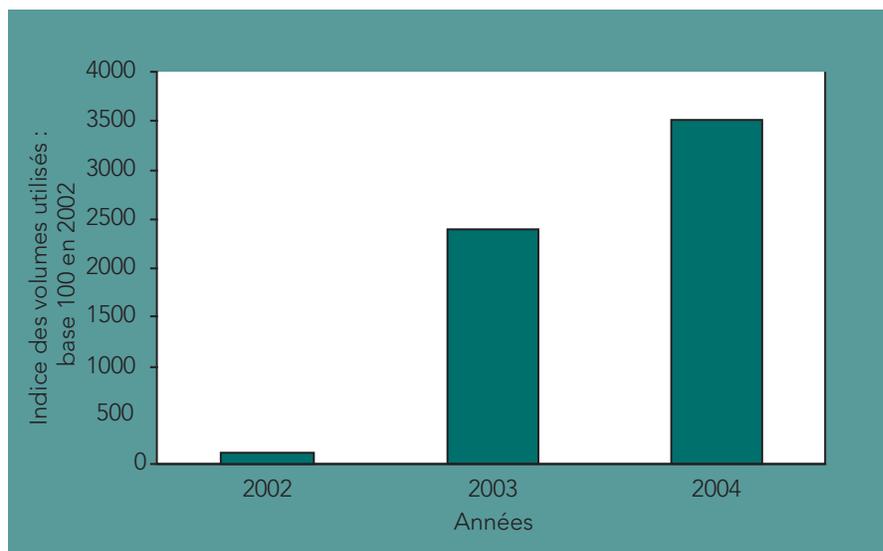
En République Tchèque, les exploitations dans les parcs nationaux (elles sont possibles tout comme chez nous) ne peuvent se faire qu'en utilisant des biolubrifiants.

La France

En France, l'utilisation des biolubrifiants dans le secteur forestier est relativement récente. En ce qui concerne l'ONF, les biolubrifiants ne sont utilisés (alors timidement) que depuis 2002. Leur usage a explosé en 2003 et leur utilisation va toujours croissant. Les informations faites autour de ces produits et la certification ISO 14 001 de l'ONF ont fait et font beaucoup pour cela.

On observe une progression de 350 % en deux ans de l'utilisation des huiles de chaînes biodégradables à base végétale. En valeur absolue, cela représente entre 25 à 30 t de produits ; globalement, cette quantité couvre 5 à 10 % des besoins de l'ONF. Notons que, depuis cinq ans, ces besoins ont été accrus par les travaux post-tempêtes.

Dans le monde forestier français, les exemples de « passage au bio » indépendamment de tout cadre ne manquent pas. La direction régionale de l'agriculture et de la forêt d'Alsace a subventionné l'achat de plusieurs



*L'utilisation des biolubrifiants à l'ONF
Attention : il s'agit de quantités relatives, indice 100 en 2002*



M. Bartoli, ONF

L'abattage d'un gros hêtre nécessite un grand guide, et son bois dur entraîne une forte consommation d'huile de chaîne

engins forestiers en conditionnant son aide à l'utilisation d'huile hydraulique « bio ». La Bourse des travaux forestiers du Centre a réalisé une opération avec le conseil régional. De l'huile de chaîne bio à un prix équivalent à celui des huiles de chaîne minérales – le surcoût étant pris en charge par la région Centre – a permis à une trentaine d'entrepreneurs et d'ouvriers de l'ONF de bénéficier de cette opération pour une quantité consommée de près de 2500 l. Des entrepreneurs de travaux forestiers (Bourgogne par exemple) et des sociétés d'approvisionnement de papeteries se mécanisent avec des engins équipés bio dès l'origine. L'Association limousine des exploitants forestiers a mené des tests sur les huiles de chaîne et a réalisé une campagne de communication sur les biolubrifiants auprès de ses adhérents en leur proposant des échantillons. Des coopératives, des sociétés d'approvisionnement de papeteries ont mené plusieurs essais sur huile de chaîne.

L'avenir des biolubrifiants

Des produits en constante amélioration

En 1996, en collaboration avec un partenaire industriel, les essais de l'AFOCEL ont porté sur des formulations d'huile hydraulique, d'huile moteur et d'huile de chaîne sur base de tournesol oléique. Ces premiers essais mettaient en avant la faisabilité d'utilisation de ce type d'huile tout en donnant des pistes d'amélioration pour une tenue sur une plus longue période des huiles moteurs et hydrauliques. Les essais sur huile de chaîne mettaient déjà en lumière la fluidité excessive des formulations. Au même moment, quelques essais informels réalisés par la société d'approvisionnement d'une usine de pâte à papier avaient été des revers (encrassement des tronçonneuses, dépôt sur les engins) rendant les opérateurs méfiants et réticents envers ces produits pas encore finalisés.

En 1998, démarrait un nouveau projet – financé par le groupement d'intérêt scientifique AGRICE et conduit par l'AFOCEL – surtout axé sur l'hydrau-

lique. Dans ce cadre, trois porteurs et une abatteuse avaient été « passés en bio » et suivis sur plusieurs milliers d'heures. Les porteurs fonctionnent toujours à ce jour avec les formulations bio. Seul le combiné d'abattage a été repassé en hydraulique minérale. Trop ancienne, cette machine souffrait de fuites fréquentes et des problèmes de corrosion sur les flexibles avaient été enregistrés. La dizaine de bûcherons sollicités ont à nouveau mis en évidence les problèmes de fluidité sur huile de chaîne.

Enfin, l'AFOCEL achevait fin 2004 son troisième projet d'étude et de recherche (financement AGRICE et multi partenariat). Ce projet a été axé notamment sur le développement et l'amélioration des huiles de chaîne. Dans ce cadre, une vingtaine de bûcherons et cinq abatteuses ont fonctionné en routine pendant plus d'un an et/ou fonctionnent toujours avec des huiles de chaînes bio après avoir testé différentes formulations. Ils confirment bien les précédents et mettent aussi en évidence les progrès des formulations.

Les perspectives de développement en France

Si l'utilisation des biolubrifiants reste limitée à l'heure actuelle, il y a eu ces dernières années une évolution très nette des mentalités vers une prise en compte croissante des questions environnementales. Et l'impact relativement très modeste des biolubrifiants sur le milieu est un véritable plus.

À l'image de ce que l'on peut voir dans d'autres pays européens, on peut donc s'attendre à un développement des biolubrifiants dans notre pays. Quelques facteurs clés de développement pourront favoriser cette démarche.

■ Le système de certification ISO est en fort développement dans le milieu forestier. La société SEBSO du groupe TEMBEC a été, en 1999, la première entreprise d'exploitation forestière à être certifiée ISO 14001. Depuis, plusieurs entreprises – sans compter l'ONF – ont adopté cette certification. Le Groupe de coopératives forestières a

proposé un cadre commun de certification. L'utilisation de biolubrifiants ne fait certes pas partie des exigences du système ISO. Cependant, on constate – et cela est net à l'ONF – que cette certification entraîne des réflexions et conduit à la mise en œuvre de biolubrifiants.

■ En France, la certification de la gestion forestière durable s'est mise en place récemment mais s'est fortement développée. Le système de certification PEFC (le plus utilisé) conduit à l'élaboration de cahiers des charges pour les travaux sylvicoles et l'exploitation forestière qui sont destinés à fixer des règles de bonne conduite. Cette démarche contribue, tout comme ISO 14001, à une prise en compte croissante de l'environnement dans les métiers de la forêt et une évolution favorable à l'adoption des biolubrifiants.

■ Des sites de captage d'eau, des travaux à proximité des cours d'eau, des zones humides sont des endroits où l'usage de biolubrifiants s'impose, les pollutions se répandant très rapidement.

De plus en plus nombreuses, des collectivités imposent, pour tous les travaux réalisés dans le milieu naturel des biolubrifiants. Volontairement, des entrepreneurs de travaux forestiers « passent au bio », l'aspect qualitatif de leur prestation ayant un bon impact auprès de leurs clients.

En conclusion

Le milieu forestier apparaît très dynamique en matière de biolubrifiants. Les a priori et les réticences disparaissent au fil des essais qui démontrent la faisabilité technique et pratique de l'utilisation de ces produits dont l'impact sur l'environnement est sans commune mesure avec celui des équivalents minéraux. Les questions portent plus désormais sur les aspects économiques.

Nicolas NGUYEN THÉ
AFOCEL Sud
St Clément de Rivière (34)
nicolas.nguyen-the@afocel.fr

La logistique de la gestion des biolubrifiants et des biocarburants dans les agences de la Meuse

Les deux agences ONF de la Meuse ont fait le choix d'utiliser des biocarburants et des biolubrifiants. Comment parvenir à limiter les coûts d'achats de ces produits, qui demeurent pour l'instant plus élevés que les carburants et lubrifiants d'origine minérale ? C'est l'objectif premier de la démarche adoptée par l'unité entrepreneur de travaux que nous décrit l'auteur.

En tant qu'entrepreneur de travaux, l'ONF est tout particulièrement concerné par les carburants 2-temps et les huiles de chaîne de tronçonneuse. Annuellement, les deux agences de la Meuse utilisent environ 23 500 l de carburant 2-temps et 14 000 l d'huile de chaîne.

Convaincus de l'intérêt que pouvait avoir l'utilisation de biocarburants et de biolubrifiants pour la santé des 150 ouvriers forestiers de notre entreprise, pour la gestion durable de nos forêts et pour l'image de l'agence, nous avons pensé qu'une action significative sur les prix pouvait aussi tenir à l'organisation au sein de notre unité d'entrepreneur. C'est cette logistique qui est le cœur de notre propos. Nous n'en retiendrons que les aspects qui, à notre avis, en font l'originalité. Cela montre, au passage, tout l'intérêt des démarches qualité pour éviter d'oublier un aspect parfois important de l'organisation.

La logistique « biolubrifiants et biocarburants » dans la Meuse

Lancement d'une consultation

En mai 2003, nous avons lancé un dossier de consultation pour la fourniture

et la livraison, sur 14 sites, « d'essence spéciale pour moteur 2-temps et de lubrifiant de chaîne pour tronçonneuse constitué d'huiles végétales ». Nous cherchions à obtenir certes des prix intéressants mais aussi une prestation qui permette à la filière interne de



D. Biquillon, ONF

Dans un atelier, stockage des bidons d'huile et d'essence sur palette

notre entreprise (manipulation sans risque, récupération des déchets...) d'utiliser au mieux ces produits : c'est ce qu'illustrent les **extraits** suivants du cahier des charges.

Les principales clauses (■) et leur justification (« J : italique ») sont les suivantes :

■ le carburant devra être conditionné dans des bidons agréés avec marquage réglementaire « UN » (Nations Unies), « ADR » (accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route).

J : le transport des carburants (eux seuls sont visés) est soumis à la réglementation ADR (la France, par arrêtés du 05/12/96 et du 17/12/98 a rendu obligatoire le règlement ADR).

■ Le biocarburant et le biolubrifiant seront livrés sur chaque site par palette complète telle que proposée par les fabricants (ex : 480 l et 540 l pour des bidons de 5 l).

J : dans une configuration en petit conditionnement, seul un achat par palette entière pouvait laisser espérer un prix intéressant.

■ Variante 1

La variante 1 prévoit la fourniture de carburant ou de lubrifiant autrement conditionné que par bidon de 5 l.

J : nous voulions quand même connaître la différence de prix suivant les conditionnements en format palette. Ces écarts sont a priori très importants (plus de 30 %) lors de l'achat mais ne semblent pourtant guère intéressants : la manipulation sans risque de déversement, le transport de gros bidons, la dégradation du mélange fait avec de l'essence ordinaire (il ne se conserve que 2 à 3 mois), etc. sont coûteux pour l'utilisateur. De plus, le conditionnement du carburant par bidon de plus de 5 l oblige à le stocker dans une cuvette de rétention.



D. Biquillon, ONF

Dans un véhicule de chantier, transport des bidons dans un bac PVC. Affichage des consignes de sécurité sur plaquette à fond rouge

■ Variante 2

Cette variante concerne aussi bien le biocarburant que le biolubrifiant. Elle propose la reprise par le fournisseur de tous les contenants livrés. Ils devront être récupérés à la livraison suivante. Le fournisseur s'engage à faire procéder au recyclage des bidons par un centre de traitement agréé. L'ONF se réserve le droit de réclamer un justificatif de traitement.

J : la gestion des huiles usagées (ici les restes dans les bidons) est très contraignante (décret modifié 79-981 du 21/11/1979 et arrêté du 29 janvier 1999). Sans doute ces textes ne s'appliquent-ils qu'aux huiles moteur et aux huiles hydrauliques, mais nous pouvions ainsi faire mieux tout en permettant de traiter un important volume de déchets dont l'évacuation, de toute façon, nous aurait coûté cher.

■ Une fiche technique concernant chaque produit devra être jointe à la proposition du tarif.

J : cela nous permet de juger des qualités techniques des produits proposés. Par exemple les viscosités à différentes températures pour le bio-

lubrifiant. Une « huile bio » peut être très peu chère mais de qualité technique très médiocre.

Nota : les caractéristiques techniques des huiles de chaîne sont exposées dans l'article de N. Nguyen-Thé et M. Bartoli page 28.

Les résultats

Nous nous sommes adressés à nos fournisseurs locaux habituels et à d'importants grossistes établis dans notre région. Nous ne citerons, bien sûr, ni les noms des fournisseurs ni les marques des produits utilisés. La figure 1 (p 44) montre les écarts de prix proposés par chaque fournisseur et la différence de tarif suivant que les bidons seront ou pas repris (toutes les réponses ne retenaient pas la variante proposée).

La formule avec reprise est, en moyenne, 4,4 % plus chère. Ce coût est à comparer à celui que nous aurions à traiter ces déchets par nous-mêmes, cela, entre autres difficultés, au moment où il est exigé que le transport des huiles usagées soit

réalisé par une société agréée. De fait, la formule « avec reprise » est la seule valable.

En ce qui concerne les biocarburants, en France, à ce jour, seulement deux produits sont distribués. C'est donc la logistique du distributeur qui va les rendre plus ou moins chers. Les résultats observés ne sont donc pas présentés.

Discussion

Il est clair que nous n'avons pas acheté seulement des produits plus respectueux de la santé humaine et de l'environnement forestier mais aussi leur logistique de mise en place et de récupération. Les coûts de cette logistique sont, dans notre dispositif, très largement gérés par les fournisseurs. La chaîne de manipulation est alors réalisée, dans le cadre

d'une législation de plus en plus contraignante, par des professionnels. Une gestion par nous-même aurait été extrêmement coûteuse.

À notre avis, pour obtenir des prix encore plus intéressants, dans un système obligatoirement très souple de livraison sur divers sites, une organisation inter-agences serait source de progrès. Une bonne coordination dans le temps des consultations serait la chose la plus importante – et, sans doute, la seule ? – à réaliser.

Dominique BIQUILLON

ONF, agence de Bar-le-Duc
 unité spécialisée entrepreneur de
 travaux
 dominique.biquillon@onf.fr

Remerciements

Je remercie Michel Bartoli (direction technique) pour son aide fructueuse. Nicolas Nguyen-Thé (AFOCEL) nous a fait profiter de ses connaissances. La mise en place de l'organisation décrite doit beaucoup à Daniel Messenger, mon collègue de l'agence de Verdun et aux conducteurs de travaux de la Meuse.

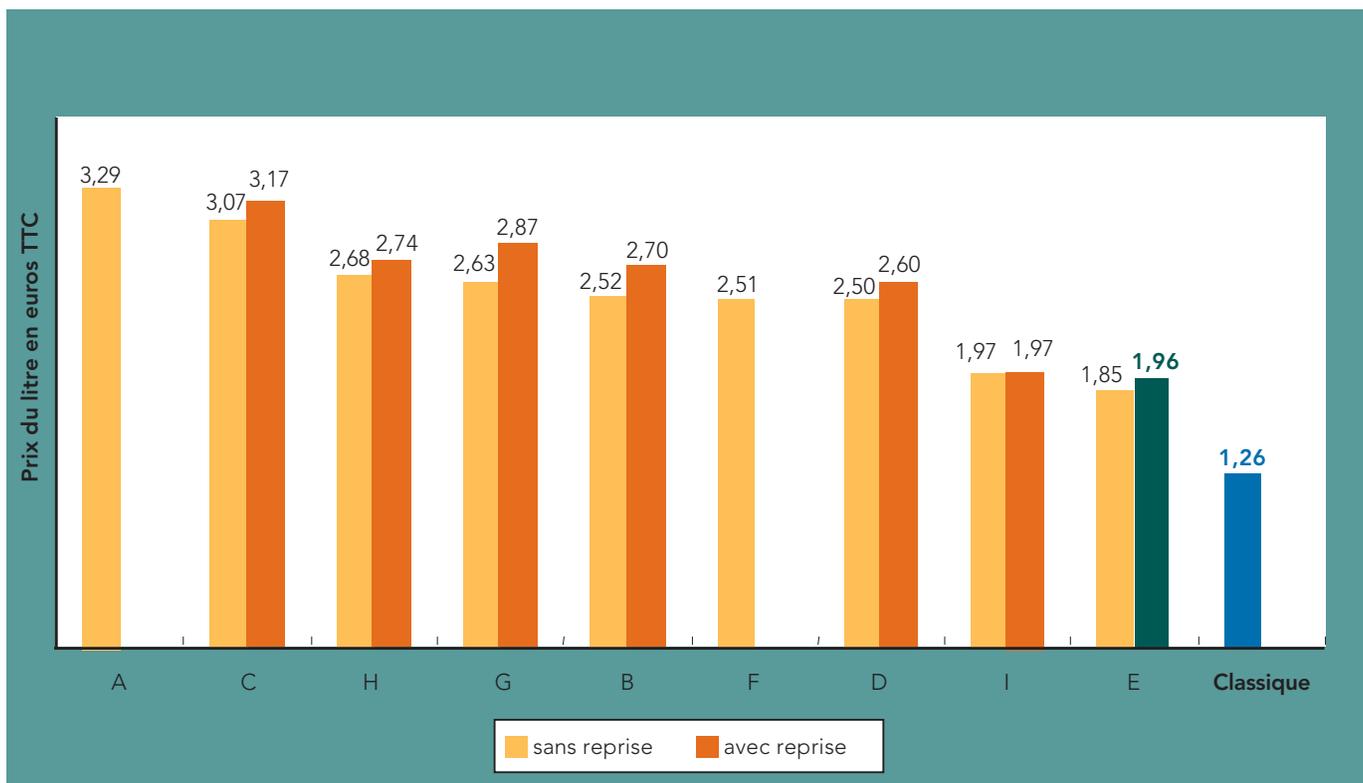


Fig. 1 : les résultats – au litre – classés par prix décroissants, des neuf offres reçues pour les biolubrifiants de chaîne en conditionnement de 5 l à livrer par palette de 500 l environ (le contenu d'une palette dépend des marques). Le choix s'est porté sur la proposition indiquée en vert. En bleu, est indiqué le prix d'une huile de chaîne classique en conditionnement identique

Pour en savoir plus...

La bibliographie relative à l'ensemble des contributions de ce dossier a été rassemblée dans cette fiche synthétique, sauf pour les mentions très particulières qui demeurent rattachées à leur article. Les éléments qui sont présentés ici peuvent être considérés comme les documents de référence francophones à la date de constitution de ce dossier.

En France, trois études successives au sein du programme Agrice ont permis d'évaluer les performances techniques et environnementales des biolubrifiants :

■ de CARO P., NGUYEN THÉ N., 2000. Utilisation de lubrifiants à base végétale en exploitation forestière. Rapport final de la convention Agrice n° 98 01 025. 60 p. + annexes

Les principaux résultats de ce rapport ont été restitués dans une fiche information-forêt :

de CARO P., CECUTTI C., AGIUS D., NGUYEN THÉ N., 2001. Utilisation des huiles biodégradables d'origine végétale en exploitation forestière. Informations-forêt, n° 1, fiche n° 624, 6 p. <en ligne :

<http://www.afocel.fr/Publications/FIF/FIF624.pdf>

■ CECUTTI C., 2001. Impact environnemental de lubrifiants d'origine végétale utilisés dans l'exploitation forestière. Rapport final de la convention Agrice n° 00 01 013. 50 p.

■ NGUYEN THÉ N., 2005. Mise en œuvre des biolubrifiants en exploitation forestière. Rapport final de la convention Agrice n° 02 01 045. 27 p + annexes.

Un répertoire des fournisseurs et des produits disponibles pour le secteur forestier a été constitué au cours de cette étude et est disponible à l'adresse suivante :

<http://www.afocel.fr/Approvisionnement/Exploitationforestiere/Environnement/Huilesbio.pdf>



M. bartoli, ONF

L'ébranchage de résineux avec de nombreux verticilles (station médiocre) entraîne une forte consommation d'huile

En Belgique, l'association Valbiom a réalisé des tests comparatifs sur les huiles de chaînes de tronçonneuses et a publié en 2003 une synthèse complète sur les pratiques, tous types de lubrifiants confondus, en région wallonne.

■ NOVAK M.H. coord., 2003. Lubrifiants d'origine végétale. Gembloux : Valbiom. 45 p. <en ligne : <http://www.valbiom.be/pages/pdf-adherent/PDFDocuments/GLUB-site.pdf>>

■ NOVAK M.H., 2004. Huiles de chaînes de tronçonneuses : teneurs en métaux et en composés aromatiques polycycliques. Journal de la mécanisation forestière, n° 43, pp. 12-13

■ DEBOUCHE C., NOVAK M.H., SONNEVILLE G., 2002. Evaluation d'huiles de chaîne à base végétale. Forêt wallonne, n° 58, Cahier technique n° 20, pp. 2-5

■ NOVAK M.H., 2002. Huiles de tronçonneuses biodégradables : pourquoi pas ? Forêt wallonne, n° 55-56, pp. 17-21

La documentation technique à Fontainebleau peut répondre à vos demandes de compléments de ce dossier.

Sophie CORNU
ONF, direction technique
département recherche
Fontainebleau
sophie.cornu@onf.fr

Et si nous parlions des dégâts de microrongeurs...

Les petits rongeurs font partie de l'écosystème forestier, où ils jouent un rôle dans la dissémination des semences et des mycorhizes, ainsi que dans la formation des sols. Ces petits mammifères peuvent occasionner aussi des dégâts dans des régénérations forestières par consommation des plants ou des semences. De plus, les petits rongeurs sont aussi identifiés comme des vecteurs de parasites, bactéries et virus. Le présent article traitera des aspects dégâts aux peuplements forestiers.

De nombreuses espèces présentes en milieu forestier

Parmi les nombreux rongeurs présents en France (Le Louarn et Quéré, 2003), six espèces principales sont identifiées comme étant à l'origine de dégâts sur plantations forestières, mais toutes ne présentent pas la même dangerosité. Deux groupes de microrongeurs peuvent être distingués. Le premier groupe concerne les rongeurs dits « prairiaux » : le campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*) et le campagnol des champs (*Microtus arvalis*). Ceux-ci sont présents dans les parcelles forestières jouxtant les prairies et surtout dans les terres agricoles en reboisement. Le deuxième groupe est relatif aux rongeurs dits

« forestiers » bien que leur amplitude de niche soit plus large ; il comprend le campagnol agreste (*Microtus agrestis*), le campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus*) et les deux mulots, sylvestre (*Apodemus sylvaticus*), et à collier (*Apodemus flavicollis*), souvent confondus. D'une manière générale, l'intensité des dégâts attribués à ces petits mammifères est fonction de leur abondance qui, dans le cas des rongeurs prairiaux, peut être cyclique et qui reste à préciser pour les rongeurs forestiers.

Les campagnols prairiaux souvent mis en cause

La forme fouisseuse du **campagnol terrestre** occasionne uniquement

des dégâts aux systèmes racinaires de jeunes plantations surtout feuillues. Ces dégâts peuvent être conséquents même avec un nombre limité d'individus. De plus, ce rongeur est soumis à des pullulations cycliques tous les 4 à 8 ans, bien connues sur les prairies d'altitude de



Le campagnol agreste



Détails de dégâts frais de campagnol agreste sur feuillu

P. Royer, ENESAD

P. Royer, ENESAD

Franche-Comté et du Massif central entre autres. Les populations passent alors d'un niveau endémique avec quelques individus par ha à un niveau épidémique avec plus de 1000 individus par ha, puis s'effondrent à nouveau. Lors de ces pullulations, les bordures forestières sont alors colonisées et les plantations situées en lisière peuvent subir de gros dégâts. Les indices de présence laissés par ce rongeur sont des petites taupinières aplaties et aucun trou de sortie ni passage dans la végétation ne sont observés.

Le **campagnol des champs**, lui aussi inféodé à la prairie, est ponctuellement identifié comme étant à l'origine de dégâts : coupure basale des plants ou décortication au collet. Ce petit rongeur de surface, souvent présent sur des reboisements de terres agricoles et en lisières forestières, est également soumis à des pullulations qui sont plus fréquentes dans la partie Nord-Ouest de la France. Ce petit rongeur apprécie une végétation herbacée où des sentiers conduisent à des entrées de galeries d'environ 3,5 cm de diamètre. Ces deux espèces inféodées à la prairie sont potentiellement présentes sur presque l'ensemble du territoire français : le campagnol des champs reste absent du midi méditerranéen.

Le campagnol agreste, principal ravageur en forêt

En forêt, l'identification de l'espèce à l'origine des dégâts est souvent délicate, les indices de présence étant peu discriminants (coulées dans la végétation, trous ouverts) ; seule la localisation des dégâts sur le plant peut permettre d'incriminer une espèce.

Les **mulots** fréquemment identifiés comme des rongeurs très mobiles, consomment les semences forestières et éventuellement des bourgeons. Ils sont présents dans des milieux forestiers très divers, de la futaie adulte aux premiers stades de la régénération avec tout de même une végétation herbacée peu dense.

Le **campagnol roussâtre** est un grimpeur ; il peut être à l'origine de décortications des tiges en hauteur, et son impact reste limité. Le **campagnol agreste** est à l'origine de coupures basales de plants et de décortications mais jamais au dessus d'une quinzaine de centimètres de hauteur. Ces deux dernières espèces sont peu mobiles et restent cantonnées dans un domaine vital restreint. Les dégâts occasionnés par le campagnol agreste peuvent rapidement réduire à néant une jeune plantation (Nageleisen, 1995).

Dans les parcelles en phase de régénération les quatre espèces dites forestières seraient potentiellement en mélange, sauf dans la moitié Ouest de la France où le mulot à collier est absent.

Des dégâts en nette régression ?

Le suivi des dégâts de rongeurs en France est réalisé par le réseau de Correspondants-Observateurs du DSF qui diagnostiquent et enregistrent les attaques en peuplements forestiers depuis 1989. Le nombre de signalements enregistrés par le réseau DSF, premier critère analysé, est en nette régression depuis 1996 (à noter que la majorité des signalements de dégâts provient du quart Nord-Est de la France). Il est impossible de conclure à des variations de niveaux de populations à l'échelle de grandes régions (excepté pour les rongeurs champêtres dont les phases de pullulations sont bien connues en prairies), et les conclusions des études menées sur le Val de Saône (voir encadré ci-dessous) vont également dans ce sens. La modification des pratiques sylvicoles avec un recours de plus en plus fréquent à la régénération naturelle est sans doute une des explications de la baisse du nombre de signalements.

Les petits rongeurs forestiers : une part d'anonymat dévoilée (Royer et Ducourtieux, 2003)

L'Établissement national d'enseignement supérieur agronomique de Dijon (ENESAD) a conduit, durant la période 1995-2002 et dans le cadre d'une convention de recherche conclue avec l'ONF et le ministère de l'Agriculture (DERF), une étude relative aux dégâts de microrongeurs sur plants forestiers : connaissances des rongeurs en cause et de leur abondance pluriannuelle, type de dégâts et *in fine* recommandations pour se prémunir contre ces dommages.

Les travaux ont été conduits sur un réseau expérimental de 32 à 48 parcelles forestières âgées de 0 à 5 ans et conduites en futaie régulière de chênes (quelques parcelles de hêtre et de frêne). Ce réseau de 90 x 40 km se positionne dans le Val de Saône entre Combeaufontaine en Haute-Saône et Seurre en Côte-d'Or. Les correspondants-observateurs du DSF Nord-Est ont, quant à eux, effectué des suivis dans une dizaine d'autres parcelles.

La mesure d'abondance des populations de rongeurs forestiers utilise une méthode d'échantillonnage basée sur un indice de grignotage d'appâts salés (Bak *et al.*, 1999) pouvant détecter jusqu'à 85 individus/ha. La figure 1 montre, à l'échelle du réseau Val de Saône et sur une période de 5 ans, des variations annuelles d'abondance stables d'une année sur l'autre avec des maximums estivaux (jusqu'à 70 individus/ha) et des minimums hivernaux et surtout l'absence de phase de pullulation. Nous notons un certain parallélisme entre les abondances « Val de Saône » et celles du réseau des correspondants-observateurs, ce qui traduirait un fonctionnement démographique commun à cette échelle géographique. Un piégeage (non destructeur avec boîte de survie) précise la composition spécifique des rongeurs forestiers : 50 % de campagnols agrestes (coupure et décortication des plants), 25 % de campagnols roussâtres (décortication) et 25 % de mulots (inoffensifs). Ces valeurs démontrent un risque permanent de dégâts de rongeurs forestiers.

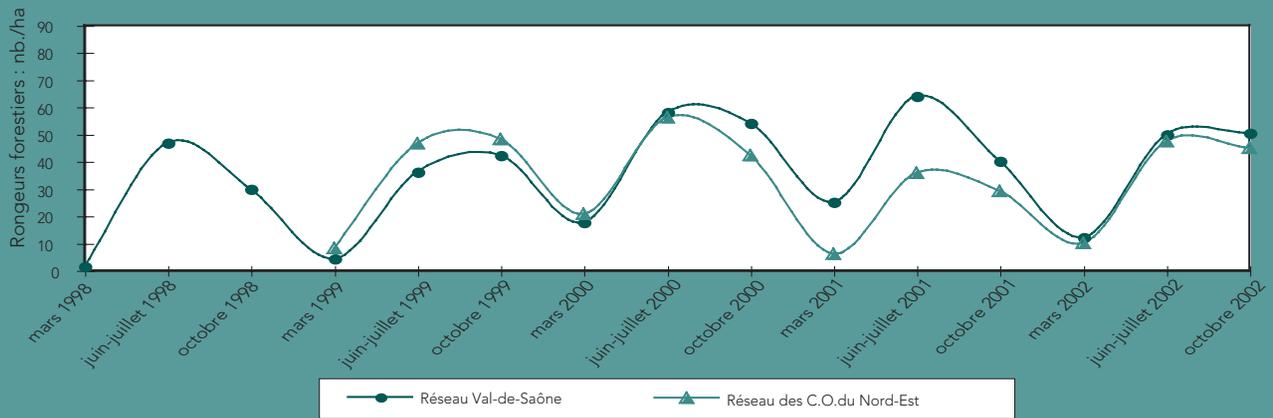


Fig. 1 : abondances pluriannuelles des rongeurs forestiers. Comparaison entre les deux réseaux

Les dégâts contrôlés (sur 17 000 plants), fin mars début avril de chaque année, sont très faibles et passent souvent inaperçus. Un indice de décortication est calculé prenant en compte l'amplitude de la hauteur de tige attaquée (maximum 15 cm), le périmètre décortiqué (de 1 = moins d'1/4 du périmètre, à 5 = la totalité du périmètre) et ce, ramené à 100 plants. Ainsi la valeur maximale de l'indice de décortication est de : $15 \times 5 \times 100 = 7500$. La figure 2 démontre que la décortication des tiges de frêne est non négligeable comparativement à celles portées au hêtre et surtout au chêne. Notons que les coupures de plants restent exceptionnelles ! Le maximum d'attaques se situe, pour les chênes, durant l'hiver qui suit celui de la plantation ; le hêtre montre deux hivers de sensibilité et le frêne trois. Les attaques de rongeurs forestiers concernent environ 6 % des plants de chêne et respectivement 8 et 58 % des plants de hêtre et de frêne.

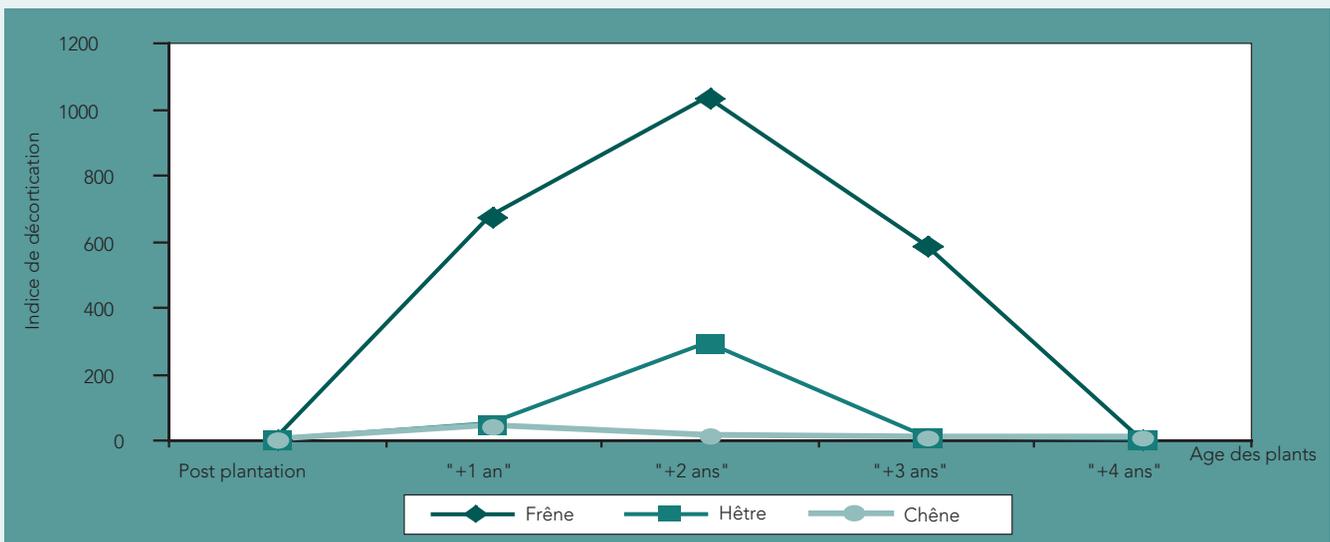


Fig. 2 : indice moyen de décortication sur le chêne, le hêtre et le frêne

Si les dégâts de rongeurs forestiers restent discrets, localement des dégâts exceptionnels (non expliqués à ce jour) sont notés. La prévision des dégâts semble difficile. Les recommandations pour se prémunir de ce type de dommages se résument en plusieurs actions : planter tardivement, voire reporter la plantation d'une année, rendre le biotope inhospitalier aux rongeurs et favoriser la prédation (réduction du couvert végétal protégeant les rongeurs vis-à-vis des prédateurs).

Ces travaux ont démontré l'absence de cycle pluriannuel d'abondance des rongeurs forestiers à l'échelle de cinq années pour le secteur d'étude, rendant impossible la prévision d'un risque. Si les dégâts restent globalement insignifiants, il n'en demeure pas moins que, ponctuellement, des destructions non négligeables de plants ne trouvent pas encore d'explications. Les pistes de recherche concerneraient la compréhension d'une appétence particulière des plants pour les rongeurs forestiers et ce sur une période hivernale bien précise.

Aujourd'hui, le renouvellement des peuplements forestiers évoluant vers l'utilisation importante de la régénération naturelle, il est probable que l'impact négatif des rongeurs forestiers passe alors totalement inaperçu.



P. Royer, ENESAD

Un mulot à collier

Mieux cerner les dégâts

L'analyse des données du DSF identifie les types de peuplements les plus fréquemment attaqués qui concernent, dans plus de 80 % des cas, des plantations. Les attaques sur régénérations naturelles existent, mais passent généralement inaperçues car l'impact sur le peuplement est très limité.

Les **essences feuillues**, chênes, hêtres et feuillus précieux **sont plus touchés durant les trois premières saisons de végétation**, les plantations résineuses sont en proportion peu affectées (voir tableau

ci-dessous). Ces dégâts sont d'une manière générale occasionnés en cours d'hiver, dans une période parfois courte. Il semble que ce comportement soit lié à un besoin en éléments minéraux des rongeurs durant une période précise (disette ?) (Corseret, 2003). D'ailleurs, les épisodes neigeux et de froid intense correspondent souvent à une période de dégâts.

Dans plus de 90 % des cas, les dommages signalés se répartissent entre les racines, le collet et le tronc, peu de dégâts sur branches, rameaux, bourgeons et feuillage. Les plants attaqués dans les parcelles sont

répartis de manière disséminée, voire en plusieurs taches, les taux de dégâts n'atteignent pas les 30 % de mortalité dans 85 % des cas. Les parcelles avec un taux de mortalité supérieur à 50 % ne représentent que 7 % des signalements avec à chaque fois des surfaces concernées inférieures à l'hectare.

Évaluer le risque rongeur...

La prévision du risque de dégâts de rongeurs reste délicate. L'évaluation du risque rongeur avant plantation s'appuie sur l'observation de la structure de la végétation d'accompagnement ; un sol nu est garant de l'absence de rongeurs contrairement à la présence d'un tapis dense de graminées avec ronces (biotope des campagnols agrestes) où coulées, fécès, entrées de galeries, voire tumulus sont des indices témoignant de la présence de rongeurs.

Le risque de dégâts au cours de l'hiver dépend de l'abondance automnale des rongeurs qui peut, cependant, être considérablement minorée par des basses températures qui font chuter les populations de microrongeurs (hiver doux = danger).

Répartition des attaques par essence en % des signalements*

Feuillus divers	7,3
Chênes divers	18,3
Chênes rouge	8,1
Feuillus précieux	16,3
Hêtre	18,4
Peupliers	8,1
Résineux divers	14,0
Pins divers	9,5

*Analyse de la base DSF 1989/2003, soit 716 enregistrements



C. Baudet, DSFMC

Parcelle ayant subi des attaques de campagnol agreste dès la plantation (Forêt domaniale des Bertranges - 58)

Les dégâts pourraient être limités par le suivi de quelques recommandations lors de l'installation des plants lorsque les indices d'une forte population ont été relevés : par exemple préférer les plantations de sortie d'hiver (avec l'inconvénient dans de nombreuses conditions que le taux de reprise ne soit pas bon), voire leur report d'une année. Les prédateurs spécialistes (belette, hermine, chat sauvage, rapaces) et généralistes (renard, blaireau...) jouent un rôle important dans la régulation des populations de rongeurs. Il faut donc favoriser leur action, notamment en fournissant des sites d'affûts (arbres, perchoirs artificiels...). Un entretien soutenu de la végétation des cloisonnements durant les trois premières saisons de végétation facilitera les déplacements des

prédateurs sur la totalité de la parcelle et ainsi augmentera l'effet prédation ; il est particulièrement important d'avoir des cloisonnements propres en début de la période hivernale.

Olivier BAUBET

département de la santé des forêts
échelon technique Massif central
Lempdes (63)
baubet.dsf@wanadoo.fr

Chantal DUCOURTIEUX

Philippe ROYER

établissement national
d'enseignement
supérieur agronomique de Dijon
c.ducourtieux@enesad.fr
p.royer@enesad.fr

Bibliographie

BAK H., DUCOURTIEUX C., RICHTER C. & ROYER P., 1999. Estimation de l'abondance des petits rongeurs forestiers de surface par un indice de grignotage. Rev. For. Fr., LI (3) : 414-424

CORSERET M., 2003. Quantification *in situ* de dégâts dus à des microrongeurs forestiers, sur des plants de chênes fertilisés ou non fertilisés. Mémoire de stage de maîtrise de Biologie des populations et des écosystèmes, Université de Bourgogne : 20 p.

LE LOUARN H., QUÉRÉ J.-P., 2003. Les rongeurs de France. Faunistique et biologie. INRA Éditions, Paris : Seconde édition, 256 p.

NAGELEISEN L. M., 1995. Les petits rongeurs forestiers : retour sur les années 1989-1994. La santé des forêts (FRANCE) en 1994. Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation (DERF), Paris : 36-38 p

ROYER P., DUCOURTIEUX C., 2003. Bilan de cinq années de suivi des populations de rongeurs forestiers et de leurs dégâts dans un réseau parcellaire expérimental du Val de Saône (Haute-Saône et Côte-d'Or), avec la participation de correspondants-observateurs du Nord-Est. Compte rendu d'études, établissement national d'enseignement supérieur agronomique de Dijon - Contrats : ONF (DRT) - DERF (DSF) : 224 p.

Des questions sont fréquemment posées quant à l'intérêt de la lutte chimique en protection des plantations forestières. D'une part, dans la majorité des cas, aucune spécialité n'est homologuée pour les usages considérés et, d'autre part, les rongeurs étant souvent mobiles la recolonisation à partir des peuplements voisins est rapide. Enfin, la mise en œuvre de produits rodenticides fait courir un risque important à la faune sauvage non cible abondante en forêt. Seule la protection des jeunes boisements en cas de pullulations de campagnol terrestre peut être envisagée avec les groupements de défense contre les ennemis des cultures qui peuvent être contactés par l'intermédiaire des services régionaux de la protection des végétaux (SRPV) au sein des directions régionales de l'agriculture et de la forêt. En dehors de ce cas très spécifique, la lutte chimique, écologiquement non acceptable, doit être proscrite.

Forêts et cervidés : suivi de cerfs dans les Cévennes à l'aide de balises GPS

Pour améliorer la gestion du Cerf, il est nécessaire de mieux connaître les modalités d'organisation spatio-temporelle des populations. Dans les Cévennes (milieu forestier de moyenne montagne), quelques individus porteurs de collier GPS ont été suivis sur un cycle annuel complet: le domaine vital des biches possède une structure très compacte d'un seul tenant, alors que celui des mâles, plus étendu, est constitué de domaines saisonniers distincts. À l'échelle mensuelle, la surface fréquentée par les mâles reste plus faible, sauf à l'époque du rut où ils effectuent de grands déplacements. À l'échelle journalière, un aspect très important de l'utilisation de l'habitat chez le Cerf réside dans la recherche d'un compromis entre valeur refuge (forte dans les habitats fermés) et valeur alimentaire (forte dans les habitats ouverts).

De nombreuses études à caractère appliqué concernent le Cerf, un effort particulier ayant eu lieu dans le cadre des dégâts causés aux essences sylvicoles (abrouissements et frottis). Quelques travaux effectués en France portent sur l'occupation de l'espace et l'évolution des domaines saisonniers de cette espèce à forte valeur cynégétique, suite aux possibilités de suivi des déplacements par pistage au moyen de collier émetteur. Par contre, peu de données fiables concernent la taille et la structure des surfaces utilisées par les animaux lors des diverses phases d'activité.

Grâce à l'application du GPS pour le suivi d'ongulés sauvages, l'objectif des travaux entrepris sur le Cerf a été de mieux comprendre les modalités d'utilisation du milieu dans le parc national des Cévennes. Cet espace protégé est géré dans un souci de développement durable de façon à concilier l'activité humaine et la conservation de la biodiversité (flore et faune). Les données obtenues lors du suivi de sujets adultes équipés de collier GPS ont permis de



Un cerf équipé d'une balise GPS

J.M. Angibault, Inra

disposer de localisations précises dont on peut programmer la fréquence. Dans un premier temps, l'objectif a été d'étudier les interactions entre le Cerf et les types d'habitat disponibles. Dans un second temps, à travers l'analyse de trajets journaliers recueillis pendant différentes périodes de l'année, nous avons tenté de caractériser de façon plus fine les habitats utilisés par les animaux au cours de la journée, suivant leur activité.

Performance des colliers dans le massif du Bougés

La performance des récepteurs GPS dépend de la configuration géographique et du nombre de satellites disponibles, ainsi que de la présence éventuelle d'obstacles perturbant le contact entre le collier et ces satellites. Il est possible d'obtenir une position en trois dimensions ou 3D (latitude, longitude, altitude)

en utilisant les données provenant d'au moins quatre satellites. Par contre, si seuls trois satellites sont en vue directe, la localisation est calculée en deux dimensions (2D). Nous avons d'abord pris la précaution de tester les colliers GPS fournis par la firme Lotek dans un secteur représentatif de la forêt domaniale du Bougés (centré sur le carrefour des Quatre Chemins) afin de comparer leur efficacité relative en fonction des milieux traversés. Les colliers ont systématiquement été portés à l'épaule (le corps humain servant de plan de masse à l'antenne du GPS) à une vitesse moyenne de 3 km/h. Les tests ont été faits durant la période avec feuilles (de mai à octobre) et durant la période sans feuille (de novembre à avril). Les résultats des premiers tests ayant été peu performants, le matériel testé a été retourné au fabricant (absence de localisations lors des tests en mouvement). Comme on peut le constater dans le tableau 1, le taux de localisations réussies (% cumulés 2D et 3D) diminue sous les grands arbres (essentiellement sous grands et très grands conifères), avec en particulier une baisse du taux de récupération des localisations les plus précises (3D). Durant les périodes de neige, cet effet est encore plus marqué puisque sur 39 tentatives de localisations sous grands et très grands conifères, une seule localisation 2D a été obtenue. Il devient donc évident qu'aucune donnée fiable sur l'utilisation de ce type d'habitats par les cerfs ne peut être obtenue en présence d'un manteau neigeux (sous-estimation systématique).

protocole

Capture, marquage et suivi des animaux

Ce programme a reposé au départ sur un lourd travail de terrain destiné aux opérations de capture sur la base de l'installation d'un réseau de dix cages pièges dans le massif du Bougés, et de la réalisation de circuits pédestres (recours à des fusils anesthésiques). Neuf cerfs adultes ont été équipés de balises GPS. Deux individus capturés durant l'hiver 1997 n'ont été suivis que durant 2 et 3 mois respectivement, un mâle ayant été abattu par un chasseur, et le collier de la femelle étant tombé en panne. Un mâle et une femelle ont été capturés fin 1998, puis suivis plus d'une année. Les autres captures (3 mâles et 2 femelles) ont eu lieu durant l'hiver 1999. Leur suivi à distance puis leur approche pour la récupération des données de localisations stockées dans le collier a été rendu possible grâce à un émetteur VHF incorporé. Pour la description et la caractérisation de la zone d'étude (centrée sur le massif du Bougés, mais incluant les secteurs environnants en fonction des capacités de dispersion des individus suivis), une scène SPOT ayant un taux de résolution au sol de 20 m x 20 m a été utilisée. Cette image satellite, composée de trois canaux de bandes spectrales différentes (vert, rouge et proche infra-rouge), a été traitée, classifiée en terme d'habitats (validation sur le terrain), et calée par rapport aux normes Lambert III de la carte IGN. Les données GPS recueillies selon une fréquence de base (toutes les 3 heures) ont été complétées par des enregistrements plus rapprochés (le plus souvent toutes les 10 minutes) durant plusieurs cycles de 24 heures. Ce second type de suivis a été organisé de façon à récupérer les données stockées dans le collier et à les traiter dès le lendemain pour en déduire les trajets effectués par les animaux suivis. En utilisant un DGPS portable, ces trajets ont été « reconstitués » sur le terrain afin de procéder à une description fine des habitats traversés.

Taille et structuration des domaines vitaux

Seuls sont considérés ici les quatre individus suivis sur un cycle annuel complet, à raison d'une programmation des localisations toutes les 3 heures (8 pointages par jour). La période commune retenue s'étale du 10 décembre 1998 au 10 décembre 1999 pour le

mâle 3f et la femelle 46, et du 10 décembre 1999 au 10 décembre 2000 pour le mâle 42 et la femelle 1b. Au total, plus de 2000 localisations ont été obtenues par animal, avec un taux moyen de récupération variant de 70,9 à 84,8 % en fonction de la position géographique de chacun des domaines vitaux. On note une chute simultanée des localisations réussies en

Type de peuplement forestier	moyenne en m (mini-maxi)	GPS à 6 canaux				GPS à 8 canaux			
		N	% échec	% 2D	% 3D	N	% échec	% 2D	% 3D
Témoin (clairière)		145	1,4	16,5	82,1	51	0,0	9,8	90,2
Petits conifères mixtes (<i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i> , <i>Pinus</i> sp.)	10,6 (8-12)	145	2,8	27,6	69,6	101	1,0	18,8	80,2
Petite forêt décidue (<i>Fagus sylvatica</i>)	16,6 (15-20)	140	7,9	41,4	50,7	101	1,0	39,6	59,4
Conifères moyens (<i>Pinus sylvestris</i>)	20,7 (18-22)	107	7,5	55,1	37,4	43	0,0	34,9	65,1
Grande forêt décidue (<i>Fagus sylvatica</i>)	21,0 (20-22)	96	1,0	51,1	47,9	43	9,3	25,6	65,1
Grands conifères mixtes (<i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i>)	23,5 (20-25)	117	32,5	53,8	13,7	43	27,9	60,5	11,6
Très grands conifères mixtes (<i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i>)	26,1 (20-28)	126	39,7	38,1	22,2	47	25,5	61,7	12,8

Tab. 1 : hauteur des arbres rencontrés dans les habitats forestiers testés et performance correspondante de deux générations de colliers GPS

Méthode de calcul	femelle 1b	femelle 46	mâle 42	mâle 3f
Polygone convexe minimum à 95 %	625	675	6728	1676
Kernel à 95 %	536	538	1494	977
Enveloppe des trajectoires	631	581	1466	786

Tab. 2 : surface des domaines vitaux annuels (en ha) des cerfs adultes suivis dans le massif du Bougès (Cévennes)

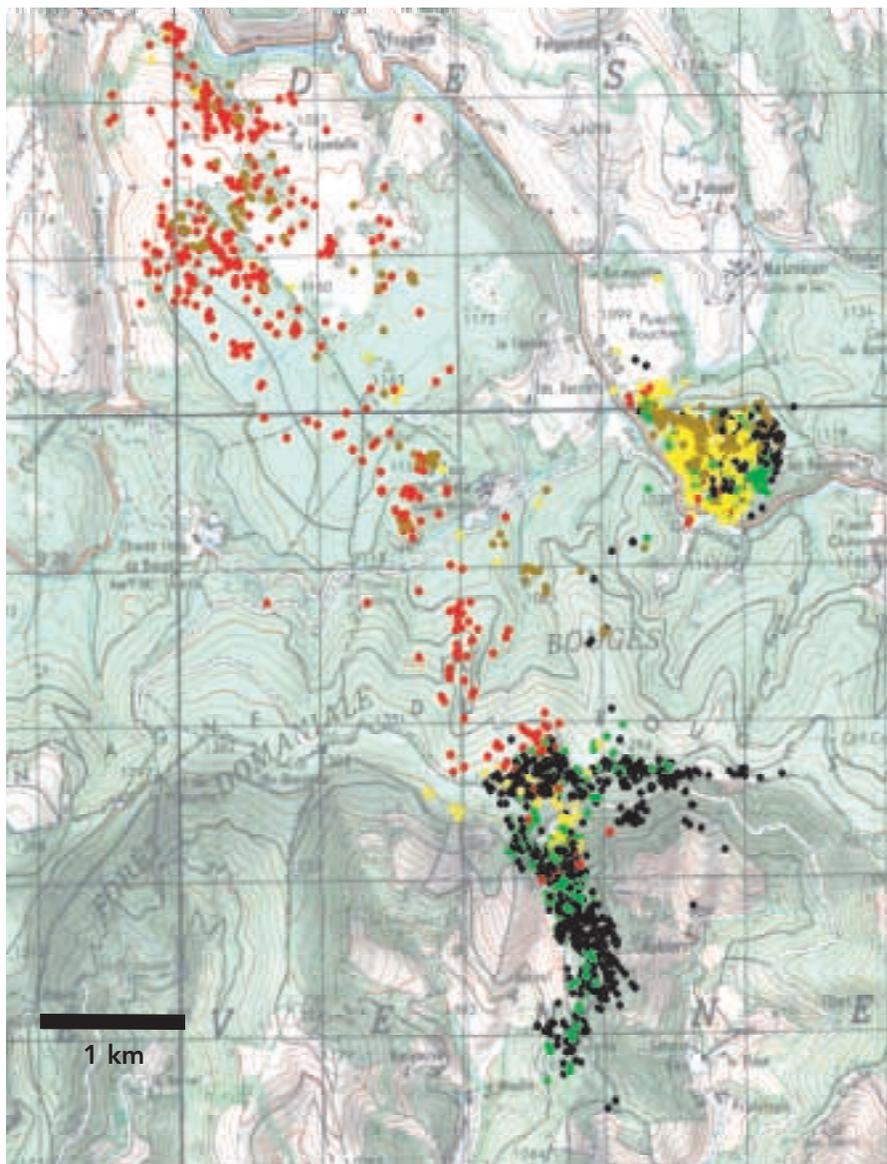
novembre, vraisemblablement par suite d'une activité locomotrice intense (rut).

Le domaine vital annuel correspond à l'aire occupée par un individu vaquant à ses occupations habituelles (alimentation, repos, reproduction et élevage des jeunes). Caractérisé par sa structuration interne et par son étendue, il renseigne sur la façon dont cet individu s'adapte aux contraintes environnementales. Il permet donc d'en tirer des enseignements pratiques pour les organismes de gestion. Pour estimer la taille des domaines annuels, nous utiliserons ici le polygone convexe minimum (plus petite aire convexe contenant l'ensemble, ou une proportion définie, des localisations), le Kernel (méthode statistique permettant de produire des contours irréguliers ajustables visuellement à la distribution des données récoltées) et l'enveloppe de trajectoires (lignes droites entre localisations successives associant une bande d'erreur de ± 30 m qui tient compte de la précision des mesures GPS).

On constate dans le tableau 2 que les aires fréquentées par les deux biches durant un cycle annuel complet sont sensiblement du même ordre de grandeur quelle que soit la méthode utilisée alors que les résultats obtenus sur les deux mâles sont beaucoup plus variables. Ceci s'explique par le fait que le domaine vital des femelles se concentre sur un secteur homogène assez compact, alors que celui des mâles est scindé en trois zones géographiques bien distinctes. Le domaine des mâles combine une zone utilisée pendant la période de rut, distincte de deux autres zones occupées pour la première pendant la période hivernale et pour la seconde pendant le reste de l'année (voir figure 1).

D'un point de vue pratique, on peut donc en conclure que polygone convexe minimum et Kernel sont des

méthodes adaptées à l'estimation de l'étendue de domaines vitaux centrés sur un secteur géographique compact. Par contre ces deux méthodes surestiment grandement le domaine vital annuel d'individus qui présentent plusieurs secteurs géographiques non contigus car dans le calcul se trouvent incluses de façon arbitraire de larges surfaces non utilisées. Il semble beaucoup plus pertinent dans ce cas d'utiliser la technique de l'enveloppe des trajectoires.



● Printemps ● Été ● Rut ● Automne ● Hiver

Fig. 1 : domaine vital du cerf mâle 3f suivi entre le 22 novembre 1998 et le 7 février 2000 dans le parc national des Cévennes (au sud-est du village Le Pont de Monvert, massif du Bougès). Le maillage est de 1 km.

Sélection de l'habitat à l'échelle du cycle annuel

La zone d'étude a été définie sur carte IGN par les kilomètres Lambert III les plus proches entourant l'ensemble des localisations obtenues sur l'ensemble des cerfs équipés de collier GPS. Tous ont été capturés sur la zone centrale correspondant au Massif du Bougés, puis ils se sont dispersés sur l'ensemble de cette zone : elle leur est donc théoriquement accessible. Les habitats disponibles ont été définis sur la base d'une classification de la végétation grâce à l'utilisation d'une image SPOT de juin 1998. Des vérifications terrain ont permis de valider cette classification, qui a conduit à retenir 15 grandes catégories de milieux (voir tableau 3). Parmi les habitats forestiers disponibles (56 %), on note en proportions quasi équivalentes des résineux dit de type 2 (plantations de conifères divers et sapins) (11,9 %), des hêtres (11,8 %), des mélanges châtaigniers / bois tendre (11,6 %), des résineux dits de type 3 (épicéas + conifères divers) (10,8 %), ainsi que des pins se trouvant répartis dans les résineux

dits de type 1 (4,1 %) et dans les mélanges bruyère et pins (5,7 %), soit 9,8 % au total. Les milieux non forestiers (les 44 % restants) concernent surtout la bruyère (+ callune), les genêts à balais, les pelouses et les prairies (compris entre 9,8 et 6 %). Parallèlement, la proportion relative de ces types d'habitat disponibles a été recherchée dans le domaine vital particulier des quatre individus suivis pendant un cycle annuel complet. L'examen de la proportion des habitats dans les domaines vitaux de ces cerfs montre une grande similitude pour les deux femelles ; ceci n'est guère surprenant quand on sait qu'il existe un fort recouvrement de leurs domaines. Par ailleurs, en comparant le rang occupé par les habitats dans la composition des domaines vitaux individuels et dans la zone d'étude, aucune différence significative n'existe pour les deux femelles et pour le mâle 3f. Par contre la composition du domaine vital du mâle 42 se montre très particulière, avec notamment une disponibilité très élevée de la bruyère (20 %) et des pelouses sèches (10,4 %), contre 9,8 % et 3,2 %, respectivement, sur l'ensemble de la zone d'étude.

À l'intérieur de son domaine vital (assimilé ici à l'enveloppe des trajectoires), chaque individu est susceptible de faire une sélection (sur la base des localisations GPS) parmi les habitats disponibles. En fait, le choix réalisé par les cerfs suivis peut varier d'un individu à l'autre (tableau 3). Par exemple, des résultats contradictoires sont notés dans le cas des pins et sapins. Toutefois, sur l'ensemble du cycle annuel, il se dégage pour les quatre individus une sélection positive pour les genêts à balais et un évitement systématique de la hêtraie.

Sélection de l'habitat à l'échelle de la journée

En regroupant les habitats disponibles en trois grands types (habitats ouverts, parcelles de feuillus, parcelles de conifères), l'analyse des résultats obtenus à 5 ou 10 minutes d'intervalle a permis de montrer qu'au cours de l'hiver 1997, les deux premiers sujets suivis (un mâle et une femelle) évitaient systématiquement les milieux ouverts durant la journée, que ce soit lors des phases de repos ou lors des phases d'activité. De façon complémentaire, et contrairement à ce que l'on aurait pu attendre au vu des résultats sur l'ensemble du cycle annuel, ils sélectionnaient à cette époque particulière de l'année les parcelles de feuillus (hêtres + châtaigniers + bois tendre). Par contre, les parcelles de conifères étaient soit évitées, soit occupées de façon aléatoire. Au cours de la nuit, il est noté que les animaux sont nettement moins sélectifs, les milieux ouverts et les parcelles de conifères restant cependant très légèrement sous utilisées.

Entre juin 1999 et décembre 2000, une série de 30 trajets journaliers obtenus sur sept animaux différents (quatre en février et avril, cinq en juin et août et six en octobre et décembre) a été effectuée à raison d'une localisation toutes les 10 minutes (soit 144 points potentiels par trajet). La reconstitution de ces trajets à l'aide d'un DGPS portable a

Habitats disponibles	femelle 1b	femelle 46	mâle 42	mâle 3f
Résineux 1 (douglas, pins)		+	+	-
Châtaigniers / bois tendre			-	-
Résineux 2 (sapins)	+	+	-	
Résineux 3 (épicéas)		+	+	
Sol nu / steppe		-a		-a
Genêts à balais	+	+	+	+
Hêtres	-	-	-	-
Lande arbustive			-	
Bruyère		+		
Pelouse sèche			-	
Lande à genêts purgatifs				
Prairie		-	-	-
Bruyère et pins	-		+	+
Friches			-	
Pelouse			-	+
Divers				-a

^a l'évitement est dû à une absence de localisations dans ce type d'habitat

Tab. 3 : préférences (+) et évitements (-) parmi les habitats disponibles dans chacun des domaines vitaux utilisés par les cerfs adultes suivis

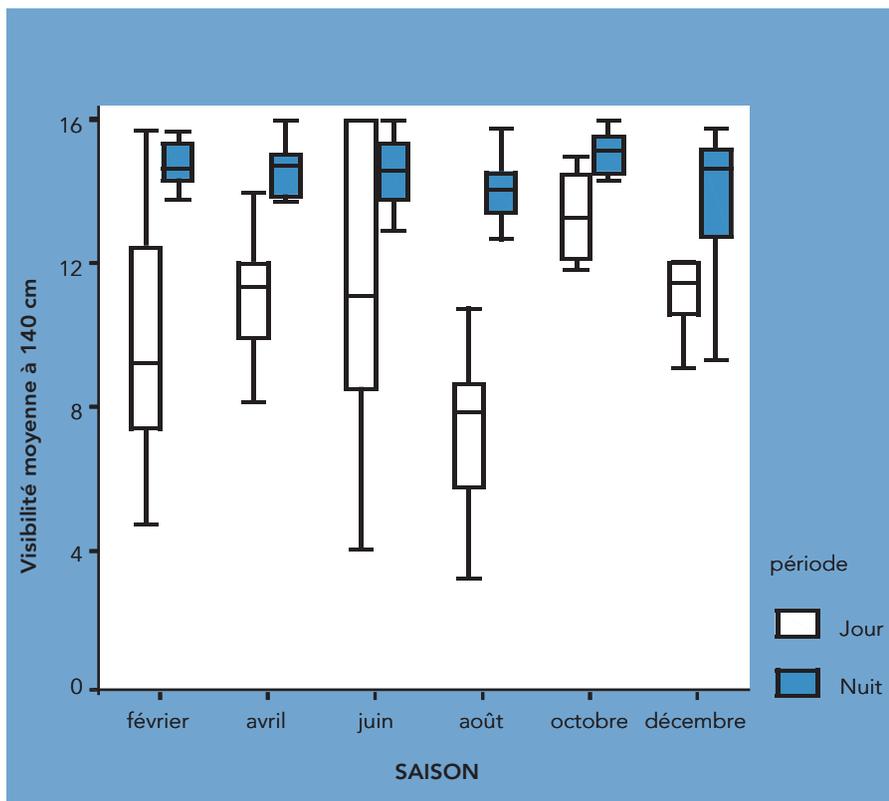
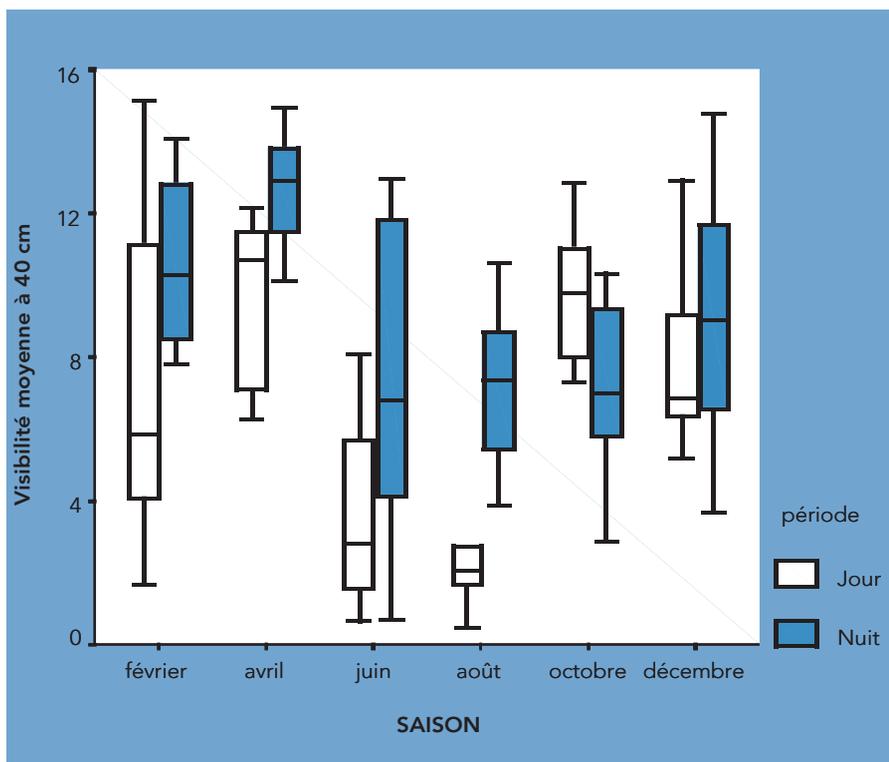


Fig 2 : visibilité moyenne à 40 et 140 cm du sol mesurée aux emplacements correspondants à la localisation des cerfs suivis par GPS dans le massif du Bougès, en fonction de la saison et de la période du nyctémère

été basée sur une sélection des localisations obtenues (espacement minimum entre elles > 20 m). À chaque localisation ainsi sélectionnée, des mesures de visibilité ont d'abord été faites à l'aide d'une mire quadrillée placée à 40 cm, puis à 140 cm du sol (figure 2). L'analyse des résultats obtenus à 40 cm du sol montre que la visibilité est plus réduite pour les localisations de jour (animaux le plus souvent inactifs) par rapport aux localisations de nuit (animaux le plus souvent actifs), sauf pour le mois d'octobre correspondant à l'époque du rut ; la visibilité durant le jour étant minimale en août (voir le paragraphe suivant). De la même façon, la visibilité moyenne à 140 cm du sol est beaucoup plus faible pour les localisations de jour que pour les localisations de nuit, le facteur saison ayant moins d'influence. D'un point de vue pratique, il en ressort qu'à l'échelle de la journée, les cerfs sélectionnent l'habitat en fonction de leur activité (choix de zones refuges fermées pour le repos au cours de la journée, et choix de milieux plus ouverts pour l'alimentation au cours de la nuit).

De manière à avoir une estimation plus objective de l'abondance de la végétation présente à chaque localisation échantillonnée, nous avons ensuite eu recours à l'emploi d'une tige de fer graduée de 2 m de hauteur placée verticalement à 5 m du centre de la localisation dans les quatre directions cardinales. Le nombre de contacts de chaque espèce végétale avec la tige a été relevé. Puis, par souci de simplification, nous avons regroupé les espèces en quatre grandes classes (conifères, feuillus, semi-ligneux et graminées). Le nombre total de contacts atteint un maximum au cours du mois d'août, un effet saison étant particulièrement marqué dans le cas des feuillus et des graminées (maximum de juin à octobre). Pour les graminées, une analyse plus fine montre qu'il existe également un effet activité (plus de contacts en activité qu'au

repos, ce qui témoigne du choix des graminées comme ressource trophique) et un effet période (plus de contacts durant la nuit que durant le jour, ce qui s'explique par un plus fort taux d'activité en période nocturne). Par contre le nombre moyen de contacts avec les conifères est plus important le jour que la nuit, les conifères jouant alors le rôle de zones refuge. L'ensemble de ces résultats permet donc de conclure que les cerfs sélectionnent les habitats fréquentés en fonction du type d'utilisation qu'ils en font au cours du cycle journalier (zones de gagnage ou zones de refuge) et au cours des saisons.

Positionnement par rapport au réseau routier et aux lisières entre milieux ouverts et fermés

La position respective des localisations GPS des quatre cerfs suivis pendant un cycle annuel complet a été analysée en fonction de leurs distances au réseau routier (constitué d'une route nationale, de routes secondaires et de chemins forestiers) et aux limites entre parcelles de milieux ouverts et de milieux fermés (lisières). Deux classes ont été retenues, à savoir à proximité immédiate (de 0 à 40 m) ou à distance (plus de 40 m). Le résultat obtenu a été comparé à la constitution globale de chaque domaine vital de manière à voir s'il existait une préférence globale des animaux pour l'une ou l'autre de ces deux classes et/ou un choix en fonction de la période journalière. On note un évitement très marqué pour les zones à moins de 40 m du réseau routier durant la période diurne, le mâle 42 étant le seul à préférer ces mêmes zones durant la nuit. Par ailleurs, bien que leur domaine comporte moins de zones proches des lisières entre milieux ouverts et fermés, les localisations des deux mâles se trouvent de façon préférentielle situées à proximité immédiate de ces lisières. Cette préférence pour les lisières se manifeste

également pour les deux femelles, mais uniquement lors de la période nocturne. À l'inverse, au cours de la journée, elles fréquentent davantage les zones éloignées des lisières.

Conclusion

Les acquis techniques et biologiques de cette étude préliminaire sur le Cerf dans les Cévennes ont permis au laboratoire d'acquérir un savoir-faire important dans le recueil et l'analyse des données de suivi des cervidés par GPS et dans l'utilisation du SIG. Il a pu ainsi entreprendre un autre programme de recherche sur cette espèce en haute montagne dans les Pyrénées centrales, en collaboration avec divers organismes de gestion (ONF, CRPF Midi-Pyrénées, Office national de la chasse et de la faune sauvage - CNERA Faune de montagne, fédération départementale des chasseurs de Haute Garonne). Les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude pourront ainsi être confrontés à ceux obtenus dans un autre contexte environnemental. Cet ensemble de résultats permettra d'envisager sur une base plus solide les retombées appliquées de ce type de travaux qui demandent un fort investissement humain et financier.

Dominique PÉPIN

Christophe ADRADOS

Jean-Marc ANGIBAULT

Comportement et écologie de la faune sauvage
Inra - Toulouse
dpepin@toulouse.inra.fr

Remerciements

Ces travaux s'inscrivent dans les missions de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) relatives à l'aménagement et à la gestion

durable des milieux naturels. Ils ont bénéficié du soutien financier de l'Inra et du conseil régional Languedoc-Roussillon (arrêté n°994187). B. Cargnelutti, N. Cebe, G. Janeau, J. Joachim, D. Picot et H. Verheyden-Tixier ont été plus particulièrement impliqués dans les différentes phases de ces travaux. L'aide technique d'agents de l'Office national des forêts (L. Magouyres, J. Rouveyran, S. Tabusse) et du parc national des Cévennes (S. Hugonnet, J. de Kermabon, R. Larchevêque) a été vivement appréciée. C. Adrados a obtenu un co-financement de bourse de thèse de la part de l'ONF et de l'Inra.

Bibliographie

ADRADOS C., 2002. Occupation de l'espace et utilisation de l'habitat par le Cerf (*Cervus elaphus* L.) en forêt tempérée de moyenne montagne. Approche au moyen du GPS. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, 95 pp + annexes

ADRADOS C., VERHEYDEN-TIXIER H., CARGNELUTTI B., PÉPIN D., JANEAU G., 2003. GPS approach to study fine-scale site use by wild red deer during active and inactive behaviors. *Wildlife Society Bulletin*, Vol. 31, n°2, pp 544-552

JANEAU G., ADRADOS C., JOACHIM J., GENDNER J.P., PÉPIN D. (2004). Performance of differential GPS collars in temperate mountain forest. *Comptes Rendus Biologies*, vol 327, pp 1143-1149

PÉPIN D., ADRADOS, C., MANN, C., JANEAU, G., 2004. Assessing real daily distance traveled by ungulates using differential GPS locations. *Journal of Mammalogy*, Vol. 85, n°4, pp 774-780

à suivre

n° 8 - printemps 2005

Prochain dossier : conséquences des effets au sol de l'exploitation forestière

parution : mai 2005

Un important travail d'évaluation a été mené pour mieux connaître les caractéristiques des dégradations physiques des sols, les éléments majeurs de risque lors des exploitations, et chercher à en déduire des recommandations en vue de préserver le capital sol.

Retrouvez *RenDez-Vous techniques* sur *intraforêt*

Tous les textes de ce numéro sont accessibles au format PDF dans la rubrique qui lui est désormais consacrée dans le portail de la direction technique (Recherche et développement/Documentation technique). Accès direct à partir du sommaire.

Pour rechercher un article particulier, utilisez le moteur de recherche de la base documentaire



Si vous désirez nous soumettre des articles, prenez contact avec nous :

ONF - Département recherche
Dominique de Villebonne
Tél. : 02 38 65 02 86
Mail : dominique.de-villebonne@onf.fr

Pour se procurer RDV techniques :

ONF - Documentation technique
Boulevard de Constance
77300 Fontainebleau
Tél. : 01 60 74 92 24 - Fax 01 64 22 49 73
Mail : dtech-documentation@onf.fr

