

sommaire

N° 196

Institut pour le développement forestier / Centre national de la propriété forestière
23, av. Bosquet, 75007 Paris
Tél. 01 40 62 22 80
forentreprise@cnpf.fr

Directeur de la publication
Alain de Montgascon
Directeur de la rédaction
Thomas Formery

Rédactrice
Nathalie Maréchal
Conception graphique
Jean-Éric Ridonat (High'com)

Maquettiste
Sophie Saint-Jore

Responsable Édition-Diffusion
Samuel Six

Diffusion — abonnements
François Kuczynski

Publicité
Helium Régie
22, rue Drouot — 75009 Paris
Tél. 01 48 01 86 86
Fax. 01 48 01 86 82

Impression
Centre Impression
BP 218 — 87220 Feytiat
Tél. 05 55 71 39 29

Numéro d'imprimeur 00115

Tous droits de reproduction ou de traduction réservés pour tous pays, sauf autorisation de l'éditeur.

Périodicité : 6 numéros par an
Abonnement 2010
France : 48 € — étranger : 62 €
édité par le CNPF

Commission paritaire des publications et agences de presse :
n° 1014 B 08072
ISSN : 0752-5974
Siret : 180 092 355 00015

Les études présentées dans Forêt-entreprise ne donnent que des indications générales. Nous attirons l'attention du lecteur sur la nécessité d'un avis ou d'une étude émanant d'une personne ou d'un organisme compétent avant toute application à son cas particulier. En aucun cas l'IDF ne pourrait être tenu responsable des conséquences — quelles qu'elles soient — résultant de l'utilisation des méthodes ou matériels préconisés.

Cette publication peut être utilisée dans le cadre de la formation permanente.

Dépôt légal : janvier 2011

2

agenda

3

édito

4

parution

5

actus

6

chêne

Les chênaies atlantiques, premiers résultats d'études
Ch. Weben

9

formation

Estimation de la réserve utile en eau du sol : les experts forestiers se forment

P. Costaz, F. Gallois,
J.-P. Nebout

Photo de couverture :
Conséquences de la sécheresse 2003 au Mont-Ventoux (84).
L.-M. Nageleisen, DSF

37

recherche

Climator, simulations d'impacts du changement climatique

N. Bréda, V. Badeau, A. Bosc

47

sylvopastoralisme

Le sylvopastoralisme, un atout pour les surfaces boisées

G. Guérin, G. Sajdak

11

dossier

Comment anticiper le changement climatique ?

41

matériel végétal

Variétés forestières : disponibilités en pépinière pour la campagne 2010/2011

S. Girard

44

phytosanitaire

Une équipe R&D pour la gestion de la végétation en forêt

M. Dodet

51

résineux

3 sites écoles pour suivre les dégâts de neige en montagne ardéchoise

F. Chambonnet, F. Pernon

55

aménagement du territoire

La forêt au rendez-vous du paysage ? Inventer ensemble un projet partagé sur les territoires forestiers

M. Linot

60

index

Articles publiés dans Forêt-entreprise du n°184 à 195 (2009-2010)





ANNÉE INTERNATIONALE DES FORÊTS • 2011

L'assemblée générale des Nations unies a définie 2011 comme l'année internationale des forêts. Afin de promouvoir la gestion durable, la préservation et le développement des forêts, cette année vise à renforcer les actions de sensibilisation à l'attention du grand public. Couvrant 31 % de la surface totale, les forêts font partie intégrante du développement mondial durable. Les activités économiques relatives aux forêts ont une incidence sur l'existence de 1,6 milliard de personnes au plan mondial. Les forêts apportent des bienfaits socioculturels, servent de fondement aux savoirs autochtones. Elles jouent un rôle primordial en tant qu'écosystèmes en matière d'atténuation des répercussions des changements climatiques et de protection de la biodiversité. Chaque jour, quelque 350 km² de couverture forestière sont détruits à travers le monde. La conversion en terres agricoles, un abattage incontrôlé, une gestion des sols inefficace ainsi que la multiplication des établissements humains sont les causes principales de cette perte de zones forestières. L'année internationale de la forêt s'emploiera à sensibiliser et à renforcer les initiatives visant à gérer, conserver et développer tous les types de forêts, y compris les arbres hors forêts.

(site Internet
www.un.org/esa/forests/2011.html)

Panorabois

Le rendez-vous incontournable du bois et de la forêt dans le Massif central se déroulera du 21 au 23 janvier 2011 à la grande Halle d'Auvergne de Clermont-Ferrand (63). Les grands pôles du salon seront l'habitat en bois de la conception à l'économie d'énergie, les services aux propriétaires forestiers, le tourisme et loisirs en forêt, les métiers et formations du bois et de la forêt. *Informations sur le site : www.panorabois.com*



Salon du végétal

Du 15 au 17 février 2011, le salon du végétal accueillera près de 600 exposants et plus de 15 000 visiteurs professionnels au Parc des expositions d'Angers (49). Ce grand rassemblement professionnel de la filière horticole en France constitue l'événement incontournable pour le végétal et l'horticulture. Les forestiers peuvent rencontrer des pépiniéristes et acheter du petit matériel pour le travail en forêt.

Informations sur le site : www.salon-du-vegetal.com



48^e Salon international de l'agriculture

Du 19 au 27 février 2011, à Paris, porte de Versailles, le grand rendez-vous annuel du monde agricole : le lieu de présentation des nouvelles technologies utilisées par les agriculteurs, où se mesurent les progrès réalisés en matière de qualité, de sécurité alimentaire et de respect de l'environnement.

Informations sur le site : www.salon-agriculture.com



SIMA, le mondial des fournisseurs de l'agriculture

Le rendez-vous international des professionnels du monde agricole se déroule du 20 au 24 février 2011 à Paris, au Parc des expositions de Paris Nord Villepinte et regroupe plus de 1300 exposants. Les SIMA Innovation Awards, décernés par un jury de spécialistes, récompensent les récentes innovations et donnent la tendance d'avenir, pour les équipements agricoles.

Informations sur le site : www.simaonline.com



Rencontres du plessage de haies champêtres

La rencontre entre les plesseurs de différentes régions de France aura lieu du 17 au 20 février 2011 à Boursay dans le Loir-et-Cher (41). Des démonstrations de divers techniques régionales par des plesseurs de toute la France, des animations et formations présenteront les haies plessées (autrefois une clôture infranchissable pour le bétail) qui trouvent une nouvelle place dans nos paysages ruraux ou urbains. *Informations sur le site : www.maisonbotanique.com*



Pour une cueillette durable

L'exposition « Des racines et des fleurs pour une éco-cueillette en Auvergne et sur la planète » se déroule à la Maison de la forêt et du bois de Lempdes (63) jusqu'au 31 janvier 2011. Organisée par le collectif régional d'éducation à l'environnement et le Centre de ressources de la Maison de la forêt et du bois, cette exposition veut être un outil d'éducation à la biodiversité. Mise en scène par une douzaine d'artistes et d'artisans, elle fait découvrir la richesse du patrimoine naturel régional et les savoir-faire traditionnels.
Contact : 04 73 98 70 99.

éditorial

Depuis toujours, l'IDF dispose d'un "comité scientifique et technique", appelé dans le jargon consacré, "COST de l'IDF", à l'instar des comités identiques présents dans les autres instituts techniques agricoles.

Il s'agit d'un lieu de rencontre entre les chercheurs, les utilisateurs des travaux de la recherche et les membres du conseil d'administration.

Présidé par le responsable du département forêt de l'Inra, ce comité se réunit en fonction de l'actualité des travaux de l'IDF, de la présentation de ses travaux finalisés, des demandes d'orientation et d'évaluation formulées par les professionnels du conseil d'administration ou du comité de direction.

L'intégration de l'association IDF dans le Centre national professionnel de la propriété forestière en 2006 n'a pas changé le rôle de ce comité dont les dernières réunions ont été consacrées aux questions posées par les sylviculteurs aux chercheurs en matière de changement climatique, et aux réponses de ces derniers.

Par contre, la fusion des CRPF, de l'IDF et du CNPPF au sein du nouveau Centre national de la propriété forestière peut donner à ce comité une nouvelle dimension d'analyse et d'examen des besoins des acteurs du développement forestier en matière de travaux de recherche

et, a contrario, des préoccupations et contraintes des chercheurs.

Il s'agit maintenant de pouvoir évaluer et harmoniser l'ensemble des travaux de recherche développement du CNPF, CRPF y compris, en valorisant les compétences et les savoir-faire, et en mutualisant les moyens.

Il s'agit également d'éviter les problèmes malheureusement trop souvent constatés, de dispersion des demandes des uns et des autres, de redondance des travaux, de concurrence même parfois... Il faut enfin positionner plus clairement les activités de transfert de l'IDF, vis-à-vis de l'Inra, du Cemagref, d'Ecofor, ou du FCBA qui sont les principaux interlocuteurs de la Recherche.

Dans cette perspective, le comité scientifique et technique constituerait le point de passage des échanges avec les chercheurs et, parallèlement, des souhaits des chercheurs vis-à-vis des agents de développement.

Renforcé et rééquilibré pour donner une plus grande place aux acteurs de terrain, reflet du nouvel établissement, le comité scientifique et technique s'est réuni récemment pour expertiser cette nouvelle donne et formuler des propositions au conseil d'administration du CNPF.

Thomas Fornery

L'annuaire des exploitants et propriétaires forestiers

Vous recherchez un professionnel forestier : exploitant ou entrepreneur forestier, abatteur, débardeur, gestionnaire, pépiniériste, fabricant ou distributeur de matériel, formateur professionnel, association, syndicat ou coopérative... Dans cet annuaire 2011 de la filière sylvicole, plus de 3 000 adresses de professionnels et institutions sont classées par catégorie professionnelle et par département.

Disponible au prix de 59,80 € , port compris auprès de VAC éditions, 38 rue Truffaut, 75017 Paris ; Tél. : 01 42 94 01 01 ; site : www.vaceditions.com

L'annuaire français cynégétique

L'ensemble des manifestations, musées, chasses à la journée en France ou à l'étranger, fournisseurs de matériels, éleveurs de gibier, professionnels et institutions de la chasse sont classés par catégorie et par département, soit près de 6 000 adresses.

420 pages quadri, disponible au prix de 40 € port compris auprès de VAC éditions, 38 rue Truffaut, 75017 Paris ; Tél. : 01 42 94 01 01 ; site : www.vaceditions.com

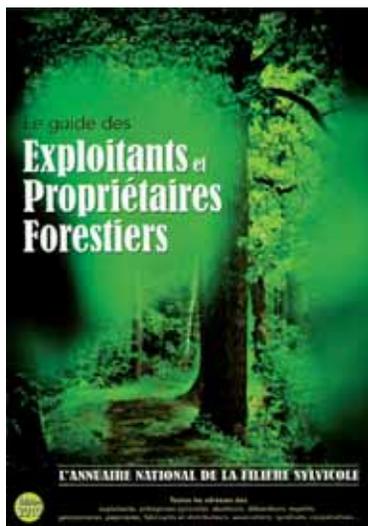
Plantes alimentaires et civilisations

À l'heure où le problème de nourrir une population mondiale se pose, la Garance présente les relations que l'homme entretient et a entretenues avec les plantes alimentaires : des cueilleurs sauvages aux agriculteurs sédentaires, l'histoire de la sélection des blés, des maïs, des tubercules, des riz et des fruits dans le monde, et l'impact de l'agriculture sur l'environnement.

La Garance voyageuse n° 88, disponible 9 € franco, F-48370 St Germain-de-Calberte, courriel : info.garance@wanadoo.fr

Évaluation économique de la biodiversité

Les économistes du Cemagref présentent différentes méthodes et exemples d'évaluation économique de la biodiversité dans les forêts tempérées. Des réponses simples et opérationnelles orientent le gestionnaire vers la méthode d'évaluation la plus adaptée à l'élément de biodiversité qu'il cherche à estimer. Une recherche sur les mécanismes de compensation financière



susceptibles d'inciter les propriétaires forestiers privés à préserver la biodiversité est complétée par une synthèse bibliographique.

Format 16 x 24 cm, 200 pages, 29 € + 5 € frais d'envoi, Éditions Quae, c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles cedex, catalogue en ligne : www.quae.com

Agroforesteries La revue française des arbres ruraux

Une nouvelle revue de l'association Agroforesterie française présentera dans chaque numéro les derniers résultats de la recherche, des reportages sur des projets agroforestiers, toute l'actualité agroforestière nationale et internationale. Deux premiers numéros parus, format 22 x 28 cm, 10 € l'exemplaire.

Renseignements : Revue de l'association française d'agroforesterie, 14 rue Pagès, 34070 Montpellier ou sur le site www.agroforesterie.fr

Forêt et biodiversité en Auvergne

Richement illustré, ce guide s'inscrit dans une démarche d'information du grand public. Un plaidoyer pour la préservation de la biodiversité complète une présentation de l'impact des différents modes de gestion sylvicoles en Auvergne. Format 24 x 17 cm, 39 pages couleurs, disponible au prix de 7 € + 1 € frais d'envoi, auprès de la FRANE (Fédération de la région Auvergne pour la nature et l'environnement), 1 bis rue Frédéric Brunmuro, 63122 Ceyrat ou par courriel : asso.frane@wanadoo.fr

Revue annuelle du marché des produits forestiers

Des statistiques et une analyse du marché des produits forestiers de la forêt jusqu'aux produits à valeur ajoutée sont actualisées pour les zones



d'Amérique du Nord, d'Europe et des communautés des États indépendants. Les thèmes de l'énergie et le secteur forestier, les changements climatiques, la sécurité alimentaire face aux agrocarburants, le mouvement pour la construction verte sont abordés. Format 29,7x 21 cm, 216 pages, disponible gratuitement à la Section du bois de la CEE/FAO, commission économique des Nations Unies pour l'Europe, Palais des Nations, CH-1211 Genève 10, Suisse ou par courriel : info.timber@unece.org site : www.unece.org/timber

Harmonisation des données forestières européennes

L'IF n° 22 traite des actions en cours pour produire des données forestières chiffrées comparables pour les pays européens. La création d'une base de données forestières pour le Centre commun de recherche de l'Ispra de la Commission européenne est une concrétisation de ces travaux. Ce projet réunit une douzaine d'inventaires nationaux. IF n° 22, Inventaire forestier national, Château des Barres, 45290 Nogent-sur-Vernisson, le site : www.ifn.fr

Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière

Destiné aux professionnels de la forêt et de l'environnement, ce guide rassemble des recommandations pratiques pour encourager et faciliter la prise en compte de la biodiversité dans la gestion. Des clés d'analyse par objectifs de préservation orientent vers des fiches d'actions individuelles, également vers des actions collectives à l'échelle de territoires plus vastes. Format 14 x 24,5 cm, 128 pages, 29 € + 5 € frais d'envoi, à commander aux Éditions Quae, c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles cedex, Tél. : 01 30 83 34 06, courriel : serviceclients@quae.fr, catalogue en ligne : www.quae.com

Le Pacte emballages bois, il conditionne l'avenir

Trois syndicats représentatifs de la filière bois dans l'emballage (SEILA, SIEL, SYPAL) créent le Pacte emballages bois, afin de promouvoir les actions destinées à faire préférer les emballages bois (palettes, caisses, emballages légers...) aux autres matériaux. Cette initiative s'adresse aux entrepreneurs éco-citoyens ainsi qu'à tous les publics concernés. Les adhérents s'engagent à :

- mieux faire connaître les qualités environnementales des emballages bois,
- s'adapter aux nouvelles exigences des marchés,
- séduire avec des produits alliant tradition, innovation et performances environnementales,
- susciter un intérêt nouveau pour le bois dans les caisses industrielles, les palettes et les emballages légers.



Inquiétude des fabricants de panneaux

À l'initiative de leur fédération (European Panel Federation), les industriels des panneaux de particules français (UIPP, Union des industries des panneaux de process) alertent les pouvoirs publics sur les difficultés d'approvisionnement en matières premières (rondins de bois et produits connexes de scierie) dont pâtissent actuellement leurs usines.

L'UIPP demande la mise en place d'une mission interministérielle afin de :

- étudier les impacts économique et écologique en totale concertation avec les acteurs de la filière bois, les nouveaux acteurs soutenus par l'État, pour recouvrer une concurrence économique saine,
- favoriser la consommation de bois matériaux ; la transformation du bois génère des produits connexes valorisés par les industriels des panneaux,
- inciter à brûler le bois en fin de vie ; les industriels des panneaux souhaitent que les pouvoirs publics orientent les acteurs du bois énergie à utiliser davantage les bois de recyclage. (*Conférence de presse de l'UIPP, EPF, octobre 2010*)



Pascal Viné, nouveau directeur général de l'ONF

Ancien directeur de cabinet de Bruno Le Maire, ministre de l'Agriculture et de la Pêche, il a pris ses fonctions de directeur général de l'Office national des forêts le 18 novembre 2010. Hervé Gaymard, président du Conseil d'administration de l'ONF, préconise douze propositions, dans son rapport remis au président de la République, pour que l'ONF soit « l'outil d'une politique volontariste en faveur de la filière bois ». Cette politique s'articule autour de :

- la stabilité de l'environnement institutionnel,
- la confiance légitime avec le personnel et l'ensemble de la filière bois,
- l'ambition par la modernisation de la filière et la mobilisation de plus de bois,
- l'affirmation de l'ONF comme acteur majeur des enjeux environnementaux.

(*L'intégralité du rapport sur www.onf.fr*)



La NASA développe une carte satellite des forêts de la planète

Des chercheurs de la NASA ont mis au point une carte satellite des forêts de la planète, permettant de voir les forêts les plus hautes et les plus basses sur tout le globe, ainsi que leur répartition. Cette carte, dont les données les plus pointues sont issues de la télédétection par laser (LIDAR), pourra être exploitée pour prévoir la propagation des feux de forêts et surveiller les effets de la déforestation et du changement climatique. Un article relatif à cette carte est publié dans *Geophysical Research Letters* sous la référence : Lefsky ; *Geophysical Research Letters* ; 37 ; 2010.

Lien vers la publication : A global forest canopy height map from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer and the Geoscience Laser Altimeter System.

Forêt et territoire : quelle place pour la forêt dans le développement local ?

Les outils d'animation de territoires, comme la Charte forestière de territoire (CFT), le Plan d'approvisionnement territorial (PAT), le plan de développement de massif (PDM), gagneraient en efficacité grâce à une meilleure coordination. Le projet FORetTER, est mis en œuvre par la fédération des Forestiers privés de France, le Centre national de la propriété forestière et la fédération des Communes forestières, financé par le Réseau rural français. Il propose une organisation concertée et complémentaire des outils et des actions, appuyée sur un territoire et des élus mobilisés, permettant une structuration territoriale de l'information. La CFT, outil stratégique généraliste de développement forestier serait ainsi en amont des autres outils. Le PAT qui mobilise la filière bois énergie, peut être inclus dans le programme d'actions d'une CFT. Les PDM, dont l'animation est confiée aux CRPF, afin d'inciter à une meilleure gestion des forêts privées, peuvent être également issus d'une CFT.

FORINVEST

Forinvest Business Angels, (association loi 1901, créé en 2010) souhaite développer l'investissement des forestiers dans la filière forêt bois. Ce nouveau réseau permet aux forestiers-investisseurs de :

- partager leurs compétences et expertises, avec des entrepreneurs, créateurs de projets innovants à potentiel de développement,
- analyser et d'étudier à plusieurs les projets reçus,
- financer et répartir leurs investissements sur un plus grand nombre de projets éligibles aux réductions fiscales en vigueur.

Forinvest BA travaille en étroite collaboration avec la fédération des Forestiers privés de France, le ministère de l'Agriculture, le Fonds bois, et X Mines Ponts Business Angels ; et adhère au réseau national France Angels.

Contact : Forestiers privés de France, Eric Toppan, toppan.forinvest@orange.fr

Les chênaies atlantiques, premiers résultats d'études

Christian Weben, CRPF Pays de la Loire*



Plusieurs CRPF et l'IDF se mobilisent pour comprendre les dépérissements des chênaies atlantiques. Quels peuplements sont les plus concernés ? Quelles orientations de sylviculture conseiller aux gestionnaires ? Quelles alternatives seraient possibles ?

Après la canicule de 2003 et la sécheresse de 2005, le groupe chêne des Pays de la Loire avait souhaité

faire le point sur l'état sanitaire des chênaies et les éventuelles différences de comportement entre le chêne sessile et le chêne pédonculé. Ces interrogations ont nécessité une étude sur un secteur géographique large pour avoir des réponses pertinentes. Celle-ci a donc été menée préalablement avec le CRPF Poitou-Charentes. Elle est étendue à l'ensemble de la façade atlantique avec l'appui des CRPF.

Cette étude bénéficie de financements complémentaires de l'État, des régions concernées et de l'appui du Département de la santé des forêts. L'ensemble est coordonné par l'Institut pour le développement forestier.

Le chêne pédonculé est plus sensible au stress hydrique

Cette première partie de l'étude montre que, dans les deux régions Pays de la Loire et Poitou-Charentes, seul le chêne pédonculé est aujourd'hui concerné de façon significative par les phénomènes de dépérissement. Ainsi, 25 % des placettes situées dans des peuplements de chêne pédonculé ont au moins 1/3 des chênes notés comme dépérissants (stade 3 et plus du code DEPEUFEU ⁽¹⁾) en Poitou-



Réunion de restitution des résultats aux techniciens des CRPF et aux propriétaires impliqués.

Charentes et un peu moins de 10 % en Pays de la Loire. Si ce résultat ne surprend pas (plus de dépérissement au sud qu'au nord) il montre que la localisation plus précise des secteurs à risques est lié au risque de sécheresse (bilan hydrique). Il a été aussi noté que

le chêne pubescent y est souvent assez abondant (espèce xérophile, résistant mieux à la sécheresse).

La différence se fait ensuite au niveau de la parcelle en fonction du sol, sa profondeur, son bilan en eau, et de la sylviculture ⁽²⁾.

Un premier bilan des résultats et des travaux en cours ont été présentés lors d'une réunion technique, à laquelle participaient les CRPF des Pays de la Loire, Bretagne, Île-de-France Centre, Pays de la Loire, Poitou-Charentes, Auvergne, Normandie, Aquitaine et Midi-Pyrénées, le DSF, l'IDF, la DREAL de Poitou-Charentes, la DRAAF des Pays de la Loire, l'Inra et l'École supérieure du bois. L'objectif était de présenter l'état d'avancement et les premiers résultats.



Parcelle de démonstration de taillis de chêne, suivie par le CRPF depuis 20 ans.

Les chênaies en Pays de la Loire et en Poitou-Charentes sont, en moyenne, vieillissantes et trop denses

Ce travail a donné aussi un aperçu global des chênaies des deux régions. Ainsi, 70 % d'entre elles ont au moins atteint la dimension bois moyen et la surface terrière moyenne dépasse 25 m²/ha pour un optimum situé autour de 18-20 m²/ha. Ces deux points entraînent une forte concurrence pour l'alimentation en eau ce qui accentue encore les risques.

Prendre en compte la dimension climatique dans la gestion des chênaies et agir

L'étude de l'évolution du climat des Pays de la Loire sur une trentaine d'années a induit quelques corrélations géographiques. Une augmentation de la température moyenne estivale de 0,8 °C par décennie accentue la fragilité de certaines zones sèches et chaudes de la région, notamment au sud du Maine-et-Loire. Même si le niveau de précipitations estivales se maintient, le principal facteur limitant pour les arbres est le stress hydrique en période estivale. Le déficit hydrique relatif, DHR, (indicateur de la disponibilité en eau pour les plantes) est fortement corrélé aux précipitations ; il varie en fonction de la réserve utile en eau du sol. Le déficit hydrique

moyen régional est de 18-20 %, avec des disparités en zone côtière et en Anjou dans le Saumurois où le DHR est accentué à 25 %. La superposition des cartes d'évolution des températures estivales avec celles des zones à risques concordent. Au dessus de 25 °C de température moyenne maximale de juin à août, le risque de dépérissement du pédonculé est accru, d'autant plus si le peuplement est en retard d'éclaircie.

Cet aperçu général de la situation fournit des indications sur les actions possibles pour réduire les risques liés aux stress hydriques. Certaines aboutissent à des actions applicables immédiatement sur le terrain, d'autres nécessitent des études complémentaires.

Agir par la sylviculture :

- en diminuant la surface terrière pour augmenter la résistance des peuplements,

- en adoptant des sylvicultures permettant de réduire l'âge d'exploitabilité.

La visite sur le terrain d'une parcelle de démonstration suivie par le CRPF Pays de la Loire depuis 20 ans a permis d'illustrer ces deux premiers points.

En 1990, au moment de la première éclaircie de cette parcelle, le taillis de chêne de qualité moyenne était âgé de 48 ans, avec une hauteur domi-

nante de 19 m, un accroissement sur la circonférence de 1 cm/an et une surface terrière de 28 m²/ha ⁽³⁾.

Les résultats montrent que :

- le chêne sessile réagit bien même lorsque le retard d'éclaircie est important. La croissance des chênes est passée ici de 1 cm/an à 1,55 cm/an sur la circonférence. En maintenant le rythme des éclaircies, les chênes arriveront à 210 cm de circonférence vers 135 ans (soit un gain de 70 à 90 ans par rapport à une gestion classique conduisant à cette circonférence vers 210 ans) ;

- le rendement est bien meilleur que celui d'un taillis simple (on l'oublie trop souvent),

- le choix des arbres d'avenir doit se faire d'abord en fonction de la vigueur puis de la qualité. Cela permet aussi de sélectionner les arbres les mieux adaptés (et de découvrir du sessile dans un peuplement de pédonculés) ;
- les houppiers de beaucoup d'arbres d'avenir portent les traces de stress importants qui ont été surmontés.

La capacité de réaction des chênes sessiles et pédonculés dominants même après une longue période de forte concurrence, autorise un rythme d'éclaircies rapproché, à condition de pratiquer un marquage adapté.

Le **choix de la vigueur et la réduction de la concurrence** (avoir un objectif de peuplement avec une surface terrière comprise entre 14 et 18 m²/ha) sont des assurances qui permettent de réduire le risque de dépérissement.

Agir par les essences, dans et à proximité des zones à risque :

- en favorisant, dans la mesure du possible, le chêne sessile dans les peuplements mélangés,

- en évaluant la pertinence du chêne pubescent comme alternative dans les secteurs à risques.

Devant le manque de références sur le chêne pubescent, le CRPF Île-de-France Centre et Poitou-Charentes (grâce à l'aide de France bois forêt), mènent une étude pour mieux connaître cette espèce avec l'Inra d'Orléans⁽⁴⁾ pour les aspects génétiques et tanniques⁽⁵⁾ et avec l'École supérieure du bois à Nantes pour les aspects mécaniques⁽⁶⁾.

Le point sur l'aspect génétique

Pour comparer le bois du pubescent avec celui du pédonculé, il convient de bien identifier les deux espèces. Compte tenu de leurs facultés d'hybridation, l'identification par la morphologie n'est pas suffisante. Certains pubescents de l'échantillon récolté sont très fortement hybridés par le tauzin (pourtant absent du peuplement aujourd'hui). Le pédonculé est, lui, plus pur dans l'échantillon. Ce système d'hybridation pourrait être un moyen de dispersion adaptatif.

L'étude est en cours, de nouveaux échantillons ont été récoltés en 2010 pour confirmer ou infirmer des résultats inattendus.

Le point sur les qualités mécaniques du bois

Compte tenu des difficultés rencontrées pour le séchage, les analyses microscopiques et les tests n'ont pas pu commencer. D'un point de vue macroscopique, il n'y a pas de différence d'aspect avec le chêne pédonculé.

Agir par la mise au point d'outils d'aide à la décision

Les résultats de l'état des lieux montrent que certains chênes ont une capacité de résilience (capacité de surmonter un stress), aux événements climatiques de 2003 et 2005, qu'il convient de pouvoir pronostiquer pour intervenir à bon escient en éclaircie. L'IDF travaille à la mise au point d'une méthode de diagnostic visuel du po-

tentiel de réaction des chênes pédonculés face à un stress (protocole ARCHI) pour :

- interpréter la dynamique et l'évolution du chêne stressé,
- reconnaître rapidement les stress réversibles (arbres résilients) ou irréversibles (arbres dépérissants),
- aider aux choix sylvicoles pour les arbres d'avenir.

Cette méthode est basée sur l'observation des types de gourmands présents sur le tronc, la partie inférieure et la partie supérieure du houppier.

Bilan

Pour les peuplements en place, cette étude et la parcelle de démonstration montrent que, face au dépérissement et aux risques liés au changement climatique, une sylviculture dynamique qui :

- privilégie la vigueur,
 - favorise le chêne sessile lorsque c'est nécessaire et possible,
 - réduit la concurrence, (ce qui autorise une croissance soutenue),
 - gère le sous étage (meilleure alimentation en eau),
- est un moyen d'action à promouvoir.

Pour augmenter la fiabilité du choix des arbres à conserver, cet aspect sylvicole doit être complété avec un outil d'appréciation de la capacité de résistance du chêne au stress.

La place du chêne pubescent est aussi à évaluer, en fonction des résultats des analyses des qualités mécaniques de son bois.

Cette rencontre, au-delà de sa fonction première de diffusion des résultats obtenus, a aussi montré la très bonne complémentarité de l'IDF et des CRPF. La mise en réseau des compétences et l'adaptation de la démarche aux particularités régionales permet un mode de fonctionnement souple et efficace. ■

* CRPF des Pays de la Loire
30 avenue de Bouvardière
44800 Saint-Herblain

Courriel: paysdelaloire@crpf.fr

(1) Protocole d'observation des dépérissements des peuplements feuillus du Département de la santé des forêts (DSF).

(2) Lemaire J., 2010. Les chênaies atlantiques face aux changements climatiques: comprendre et agir. Forêt-entreprise n° 191 p 50-53.

(3) voir Fe n° 193 p. 53-56.

(4) Brigitte Musch, ONF-Inra.

(5) M. Charpentier, Inra.

(6) Saloua Ghazil, professeur ESB.

CONTREFAÇON DE PLANTS DE PEUPLIERS ITALIENS : UN ACCORD EST INTERVENU

Pour faire suite au différend les opposant aux sociétés PEPINIÈRES NAUDET ET EARL D'ARCY, titulaires d'une licence exclusive de multiplication des cultivars de peuplier DVINA, LENA, SOLIGO, LAMBRO, MELLA, BRENTA, TARO sur le territoire français, la société MILLON (89) et la société ANTOINE CRETE (80) ont procédé, en leurs pépinières, à la destruction de plants de peupliers BRENTA, SOLIGO et TARO produits illégalement. Les Parties ont ainsi mis fin à leur différend.

Estimation de la réserve utile en eau du sol : les experts forestiers se forment

Patrick Costaz*, Florent Gallois**, Jean-Paul Nebout***

En mars 2010, la CNIEFEB⁽¹⁾, le CRPF Auvergne et l'IDF ont organisé dans l'Allier une formation à l'intention des experts de la compagnie, sur le thème de la réserve utile des sols. Quelques autres experts, techniciens indépendants et professionnels du milieu forestier y participaient également.

Les experts et la formation continue

Depuis de nombreuses années, la CNIEFEB (association professionnelle) s'est organisée pour proposer à ses membres des stages de formation continue. Par ailleurs, de nombreux cabinets d'experts sont eux-mêmes déclarés comme organismes de formation. Ces stages, fortement recommandés pour les experts titulaires, étaient déjà obligatoires pour les stagiaires.

Depuis la création du CNEFAF⁽²⁾, organisme chargé de la gestion de la liste nationale des experts et de leur agrément, cette formation est rendue obli-

gatoire pour tous (12 heures sur 2 ans qui seront portées graduellement à 48 heures à partir de 2013). Il s'agit donc d'un enjeu important pour la profession. La difficulté est de pouvoir se libérer plusieurs journées successives, cette tendance se généralisant par ailleurs. C'est pourquoi les stages se déroulent sur deux journées intensives.

La réserve en eau utile

La réserve en eau utile d'un sol est la quantité d'eau disponible pour la végétation. Elle se situe entre une valeur maximale atteinte à la capacité au champ⁽³⁾ et une valeur minimale atteinte lorsque l'on estime que la tran-

che de sol considérée ne peut plus fournir d'eau à la végétation (point de flétrissement). Estimer la réserve utile revient à estimer la dimension du réservoir qu'est le sol.

Dans un contexte de dérèglement climatique, l'évaluation de la réserve utile, paramètre de base de la croissance et de la vitalité des peuplements, revêt une grande importance et nécessite qu'experts et gestionnaires forestiers disposent d'outils de diagnostic simples, fiables et si possible économes.

Comment l'estimer ?

Un stage s'est déroulé en forêt de Raberon (Allier), propriété du groupement forestier des Harcholins, géré par le Cabinet Demetz - Costaz. Plus de 30 stagiaires ont pu comparer deux méthodes d'estimation de la réserve utile : la tarière manuelle, et la fosse pédologique profonde. Sous la conduite d'Yves Lefèvre (Inra Nancy), les participants ont appris à identifier et quantifier, sur fosses pédologiques profondes, les éléments indispensables à l'estimation de la réserve utile et, notamment, la texture des matériaux, le pourcentage d'éléments grossiers, la profondeur maximale d'enracinement.



Les participants autour de la fosse pédologique.



Yves Lefevre, Inra de Nancy.



Christophe Drénou, IDF



Nathalie Bréda, Inra de Nancy.



Patrick Costaz à droite, CNIEFED.

Importance de la profondeur racinaire

Christophe Drenou (IDF) a présenté, de façon détaillée, l'architecture racinaire de quelques essences forestières et, notamment, des chênes sessile et pédonculé et le rôle des racines dans l'alimentation en eau. Les participants ont pu également visualiser les caractères du sol qui conditionnent le développement racinaire des arbres. Jean-Paul Nebout (CRPF Auvergne) a présenté la tarière hydraulique, mise au point par la Société Antec MD et l'entreprise Sylvar; cette tarière permet de réaliser des sondages profonds (2 m) en vue d'estimer la réserve utile en eau du sol. Les résultats de l'étude réalisée dans le cadre du réseau Aforce ont été présentés et commentés (voir l'article « Évaluer la réserve en eau utile des sols forestiers à la tarière hydraulique » dans le dossier page 17).

De la réserve utile au bilan hydrique

Nathalie Breda (Inra) a expliqué la notion de « bilan hydrique »⁽⁴⁾ et son im-

portance. En effet, si estimer la dimension du réservoir est une première étape, le bilan hydrique permet, quant à lui, de prendre en compte la dynamique de l'eau dans le sol et de préciser comment le réservoir se remplit et se vide dans le temps.

Enfin, Patrick Costaz a tiré les conséquences de ces enseignements sur la gestion du massif et, notamment, le choix des essences, les techniques de renouvellement et de conduite des peuplements et les mesures de préservation des sols à prendre lors des exploitations.

Deux jours placés sous le signe de la professionnalisation et de la convivialité. À renouveler. ■

(*) Patrick Costaz, expert forestier, vice-président et chargé de la formation au sein de CNIEFEB.

(**) Florent Gallois, Responsable Formation à l'IDF

(***) Jean-Paul Nebout, ingénieur forestier CRPF Auvergne.

(1) Compagnie nationale des ingénieurs et experts forestiers et des experts en bois (association professionnelle).

(2) Conseil national de l'expertise foncière, agricole et forestière.

Vocabulaire

(3) **Capacité au champ**: quantité d'eau retenue par le sol en place après un ressuyage de 24 à 48 heures consécutif à une très forte imbibition ayant amené le sol à saturation (forte période de pluie en hiver par exemple). C'est l'humidité du sol restant après les écoulements rapides. L'eau retenue (eau capillaire à diffusion lente) correspond à l'eau « stockée » dans le sol, dont une partie seulement est disponible pour la végétation. Quand la réserve en eau est à son niveau maximum on dit que le sol est à sa capacité au champ.

(4) **Bilan hydrique**: variation du contenu en eau du sol résultant des apports et des pertes en eau, calculée sur une période déterminée (jour, semaine, décennie, saison, année). Les principaux termes du bilan hydrique sont :

- les apports d'eau (entrées) par la pluie, l'irrigation ou les apports latéraux,
- les pertes par évapotranspiration (sorties), par drainage,
- la réserve utile maximale en eau du sol (réservoir).

(Source : Vocabulaire écologique et forestier, IDF, à paraître).



AFORCE
RMT Adaptation des forêts
au changement climatique

Résumé

Une formation sur le thème de la réserve utile a été organisée pour les experts forestiers, qui sont soumis à une récente obligation de formation.

Le stage avait comme objectif de comparer cette notion entre la description à la tarière manuelle et sur fosse pédologique.

Un nouvel outil, la tarière hélicoïdale a été présenté.

Mots-clés: stage, formation, expert, réserve utile, sol.

dossier

*Comment anticiper
le changement
climatique ?*Dossier coordonné
par Céline Perrier**12** Le RMT AFORCE, une
démarche innovante de
partenariats entre les forestiers

O. Picard

13 Des appels à projets pour
susciter de nouveaux
partenariats et accélérer le
transfert

C. Perrier

17 Évaluer la réserve en eau
utile des sols forestiers à la
tarière hydraulique

J.-P. Nebout

22 Outils pour raisonner les
calculs de flux d'eau et de bilan
hydrique à l'échelle du
peuplement

A. Granier

25 Guide de l'expérimentation
forestière en liaison avec le
changement climatique

E. Paillassa, Ph. Riou-Nivert, J. Rosa

27 Guide de gestion des forêts
en crise sanitaire

X. Gauquelin

30 De nouveaux projets
soutenus par le réseau AFORCE

C. Perrier

35 Bilan à mi-parcours des
actions du RMT AFORCE

C. Perrier

Retrouvez d'autres informations sur le site
du RMT AFORCE :
www.foretriveefrancaise.com/aforce

AFORCERMT Adaptation des forêts
au changement climatique**, une démarche innovante de
partenariat entre les forestiers****Olivier Picard, CNPF-IDF**

Avec le réseau mixte technologique AFORCE, consacré à l'adaptation des forêts aux changements climatiques qui fête ses deux années d'existence, le changement climatique est au cœur des préoccupations des forestiers. Les douze partenaires du réseau se sont associés dans l'objectif d'accélérer la mise à disposition des résultats de la Recherche auprès des praticiens.

En 2006, après les tempêtes et la canicule, le milieu forestier prend pleinement conscience que le changement climatique est là et dessinera le visage de la forêt de demain.

Phénomène lent mais inexorable ? Une alternance d'événements catastrophiques et de périodes calmes ? Des différences des scénarios selon les régions ? Le passage de Klaus en 2009, les années sèches d'après 2003 confirment la sensibilité des forêts françaises aux perturbations d'origine climatique.

Fort de ces constats, les forestiers publics et privés ont été très actifs sur ce thème, en repérant les principales questions qui se posent pour préparer les forêts à ces changements. Cinq thèmes ont été identifiés : les stations forestières, la vulnérabilité des forêts, la génétique, la sylviculture et la croissance, l'économie. Il en résulte une soixantaine de questions aux chercheurs. De leur côté, la forêt publique et la Société forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations ont mené des actions équivalentes.

Coté Recherche, des appels à projets de Recherche menés par l'ANR ou à l'échelle européenne ont été consacrés aux impacts et à l'adaptation des forêts au changement climatique, notamment sous l'aspect de la vulnérabilité des écosystèmes au changement

climatique (Climator, Dryade, Qdiv...). En 2007, le ministère de l'Agriculture, confiait à Bernard Roman-Amat une mission pour préparer les forêts au changement climatique. Ce dernier conseillait la création de plusieurs RMT. Finalement, ce fut un seul RMT avec plusieurs axes de travail qui fut privilégié par les partenaires forestiers.

À l'automne 2008, le RMT AFORCE est labellisé pour 3 années par la DGER⁽¹⁾. Le financement est assuré par la DGPAAT⁽²⁾ dont dépend la gestion forestière. Le réseau s'installe dans le paysage forestier et les premiers effets de ses actions se font déjà sentir.

Il faut insister sur l'action collective, dans un cadre de travail souple et léger qui laisse une part importante à la réactivité et à l'initiative. La méthode s'élabore au fur et à mesure de l'avancée des projets, avec le principe de base de construire et proposer des outils opérationnels aux gestionnaires, en accélérant le transfert des résultats de la recherche vers les praticiens. C'est donc par les échanges, lors des ateliers, entre les besoins des gestionnaires et l'offre de connaissances des chercheurs que s'élabore le programme d'actions du RMT AFORCE. Les professionnels forestiers constituent la cible prioritaire, mais les formateurs de l'enseignement technique et le milieu agricole font partie des publics cibles du réseau.



© S. Gaudin, CRPF Champagne-Ardenne

Parmi les thèmes traités par les projets sélectionnés, la priorité a été donnée à l'alimentation en eau des sols comme facteur primordial d'évolution des stations, comme facteur de vulnérabilité des essences forestières.

La démarche innovante du RMT AFORCE, façonnée pour le monde agricole au départ, s'adapte bien à la forêt. Les forestiers l'adoptent, comme lieu d'information, d'échanges pour valoriser toutes ces connaissances.

Il reste un gros travail de communication pour faire connaître les résultats des projets et les différentes actions du réseau auprès des forestiers de terrain, des conseillers, des experts, des techniciens. Le réseau apportera une attention toute particulière à ce que les informations soient correctement transmises aux enseignants techniques qui assurent la formation des futurs conseillers techniques des propriétaires forestiers. ■

(1) Direction générale de l'enseignement et de la recherche.

(2) Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires.

Des appels à projets pour susciter de nouveaux partenariats et accélérer le transfert

Céline Perrier, CNPF-IDF

Intégrer les nouveaux résultats de la recherche dans des outils pratiques et fonctionnels constitue une des priorités du RMT AFORCE. Il organise ainsi régulièrement des appels à projets visant à accélérer leur production. Les outils produits contribuent à aider les gestionnaires forestiers à anticiper les changements climatiques et à prendre des décisions dans un contexte climatique incertain.

L'accroissement de l'effet de serre et les changements climatiques annoncés soulèvent de nombreuses questions parmi les forestiers. Les gestionnaires s'interrogent notamment sur la façon de rendre les forêts aptes à supporter ces nouvelles conditions et s'inquiètent des choix de gestion qu'ils vont avoir à faire. Dans ce contexte, il est apparu important d'améliorer et de diffuser plus rapidement les connaissances sur le sujet ainsi que de développer de

nouveaux moyens pour fournir aux gestionnaires des conseils clairs et adaptés. C'est pourquoi, le RMT AFORCE, réseau mixte technologique consacré à l'adaptation des forêts au changement climatique, s'est fixé pour principal objectif de **produire des outils d'aide à la décision visant à guider les gestionnaires à anticiper le changement climatique**. Il a organisé pour cela ces 2 dernières années des appels à projets, l'un en 2009 et l'autre en 2010.

Ces appels à projets ont été **financés pour majeure partie par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche** et pour le reste, par les partenaires du réseau. Pour la première année, le choix a été fait de consacrer une part importante du budget global du RMT pour l'animation, afin d'assurer la mise en place du réseau. Ainsi, 36 % du budget du réseau ont été consacré aux projets. Cette participation s'élève pour la deuxième année à 55 000 euros, soit 55 % du budget. L'objectif visé à plus long terme est que la part consacrée aux projets puisse augmenter encore les prochaines années grâce **aux contributions des partenaires**.

Les caractéristiques des appels à projets

Le cadre des appels à projets est celui de **l'adaptation des forêts au changement climatique**. L'adaptation est définie par l'ONERC⁽¹⁾ comme l'« *ajustement des systèmes naturels ou des systèmes humains face à un nouvel environnement ou à un environnement changeant [...]* ». Le RMT a choisi de donner la priorité aux projets traitant majoritairement de cette thématique. Les projets peuvent avoir une partie consacrée aux études d'impacts, mais cette composante doit être



minoritaire. Ce choix est contraignant mais nécessaire pour se concentrer sur la production d'outils d'adaptation, objectif premier de ces appels à projets. Il a, de plus, pour intérêt de concentrer les efforts sur la valorisation des résultats d'études d'impact déjà réalisées, plutôt que sur la mise en place de nouvelles études. Pour canaliser les initiatives, les appels à projets ont également été restreints à l'étude des « chocs mous »⁽²⁾ dont les conséquences sont étalées dans le temps et dont la cause peut être attribuée aux modifications climatiques prioritaires.

Pour être sélectionnés, les projets doivent respecter un **cahier des charges**⁽³⁾ dont la description est donnée dans le contenu des appels à projet. Les quatre principaux critères de sélection des projets sont les suivants :
 → la production, à l'issue du projet, d'**outils pratiques d'aide à la prise de décision** pour les gestionnaires, contribuant à l'adaptation des peuplements au changement climatique. Les outils produits peuvent être de différentes formes : applications informatiques, fiches techniques, guides d'aide à la décision, supports de for-

mation... Ils doivent pouvoir être diffusés largement et mis à disposition des gestionnaires.

→ la réalisation du projet dans un délai maximum de **12 mois**, exceptionnellement 18 mois. Cette contrainte de temps implique ainsi nécessairement que les projets sélectionnés s'inscrivent dans le prolongement de travaux de recherche, constituent une valorisation de dispositifs ou d'études existants, fassent appel à des synthèses d'expérimentations de terrain ou à des synthèses bibliographiques...

→ la mise en place d'un **partenariat associant recherche et développement** dès l'établissement du projet et tout au long de son exécution. Une priorité est donnée aux projets qui associent et impliquent également des gestionnaires, des enseignants et des formateurs.

→ l'adéquation avec les thèmes de travail du réseau AFORCE et plus particulièrement avec les priorités définies pour chacun de ces thèmes et qui varient selon les appels à projets.

Les projets soumis au RMT sont **évalués** par les animateurs scientifiques et thématiques du réseau qui vérifient s'ils répondent bien à tous ces critè-

res. Ceux, pour qui c'est le cas, sont ensuite expertisés en fonction de leurs thématiques principales, par des spécialistes de la recherche et du développement. Ils passent enfin, devant un **comité de sélection** composé principalement des membres du comité de pilotage du réseau.

Les priorités des appels à projets

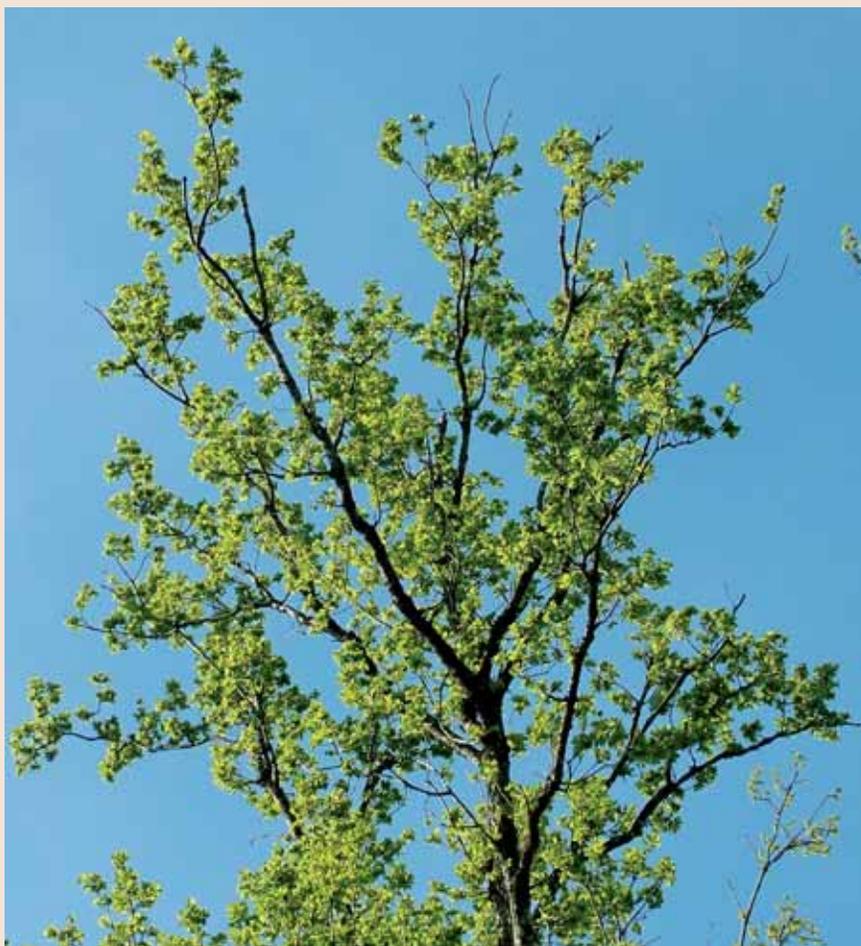
Le réseau AFORCE organise ses actions autour de 5 grands **thèmes de travail** :

- les stations forestières,
- la vulnérabilité des peuplements,
- les ressources génétiques,
- la croissance et la sylviculture,
- l'économie.

Pour chacun de ces thèmes, des orientations de travail ont été définies en fonction des besoins prioritaires des gestionnaires. Ces déclinaisons constituent le programme de travail du RMT. Les membres du bureau du réseau se réunissent chaque année pour définir parmi ces orientations, quelles seront **les actions prioritaires** à mettre en œuvre dans l'année. Cette sélection est fonction de l'avancement des travaux sur chacun des thèmes, au sein et hors du RMT. Elle est fortement influencée par les temps d'échange

Tableau 1 : les projets sélectionnés dans le cadre des appels à projets du RMT AFORCE⁽⁴⁾

| | Appel à projets 2009 | Appel à projets 2010 |
|-------------------------------|--|--|
| Stations forestières | Développer auprès des opérateurs économiques l'évaluation de la réserve en eau utile maximale (R.U.M.) des sols forestiers. (Jean-Paul Nebout, CRPF Auvergne) | Guide simplifié pour le choix des essences forestières de la région Centre. (Éric Sevrin, CRPF Centre/Ile-de-France) |
| Vulnérabilité des peuplements | Outils de calcul et d'interprétation des flux d'eau et du bilan hydrique à l'échelle des peuplements. (André Granier, Inra de Nancy - UMR Écologie et Écophysologie forestière) | Cartographie de l'évolution de la contrainte hydrique en contexte de réchauffement climatique et exemple d'utilisation dans le cadre des catalogues et guides de stations forestières. (Christian Piedallu, AgroParisTech/Engref-Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt-Bois) |
| Ressources génétiques | Guide de l'expérimentateur forestier, manuel de l'expérimentation pour évaluer de nouvelles essences et/ou provenances dans le cadre du changement climatique. (Éric Paillassa, CNPF-IDF) | Quelles ressources génétiques au sein du genre <i>Abies</i> pour faire face aux changements climatiques ? (Hendrik Davi, Inra d'Avignon - UMR Écologie des forêts méditerranéennes) |
| Croissance et sylviculture | Guide de gestion des forêts en crise sanitaire. (Xavier Gauquelin, ONF) | Installation et conduite des peuplements de cèdre pour faire face au changement climatique. (François Courbet, Inra d'Avignon - UMR Écologie des Forêts méditerranéennes) |



Chêne pédonculé stressé suite à la sécheresse de 2005 en Poitou-Charentes.

organisés par le réseau : appels à idées, ateliers, séminaires... Ces priorités d'action sont ensuite répercutées dans les **appels à projets**.

Les résultats des appels à projets

Le premier appel à projet du réseau a été lancé à l'automne 2008, peu de temps après la création du réseau. Ce dernier n'étant pas encore très largement connu, seuls 5 projets ont été proposés. Quatre d'entre eux ont été sélectionnés. À l'occasion du 2^e appel à projets, 18 propositions ont été reçues, relativement bien réparties entre chacun des thèmes de travail du réseau ; 5 ont été retenues.

En fin de compte, les 4 premiers thèmes de travail du réseau ont été couverts chaque année par un projet. Seul le thème économie, qui n'a pas fait

l'objet de propositions spécifiques lors des appels à projets, n'a pas encore été traité. Ainsi, à ce jour, le RMT AFORCE encadre la réalisation de 8 projets (*cf. tableau 1 p.14*) portant sur ses thématiques de travail. Il soutient, par ailleurs, la création d'un réseau collaboratif interrégional méditerranéen, coordonné par l'association Forêt méditerranéenne.

Atouts et inconvénients

En proposant des appels à projets **annuels** et **financés sur ses fonds propres**, le RMT AFORCE se distingue de la plupart des autres RMT ⁽⁵⁾ qui privilégient la labellisation de projets de plus grande envergure qui sont destinés à être ensuite présentés à des appels d'offre extérieurs.

Dans le cas du RMT AFORCE qui s'est donné pour principal objectif **d'accé-**

léler le transfert vers les gestionnaires et la **production rapide d'outils pratiques**, la proposition d'appels à projets **ciblés** et **limités dans le temps** permet d'obtenir des outils opérationnels dans un délai court.

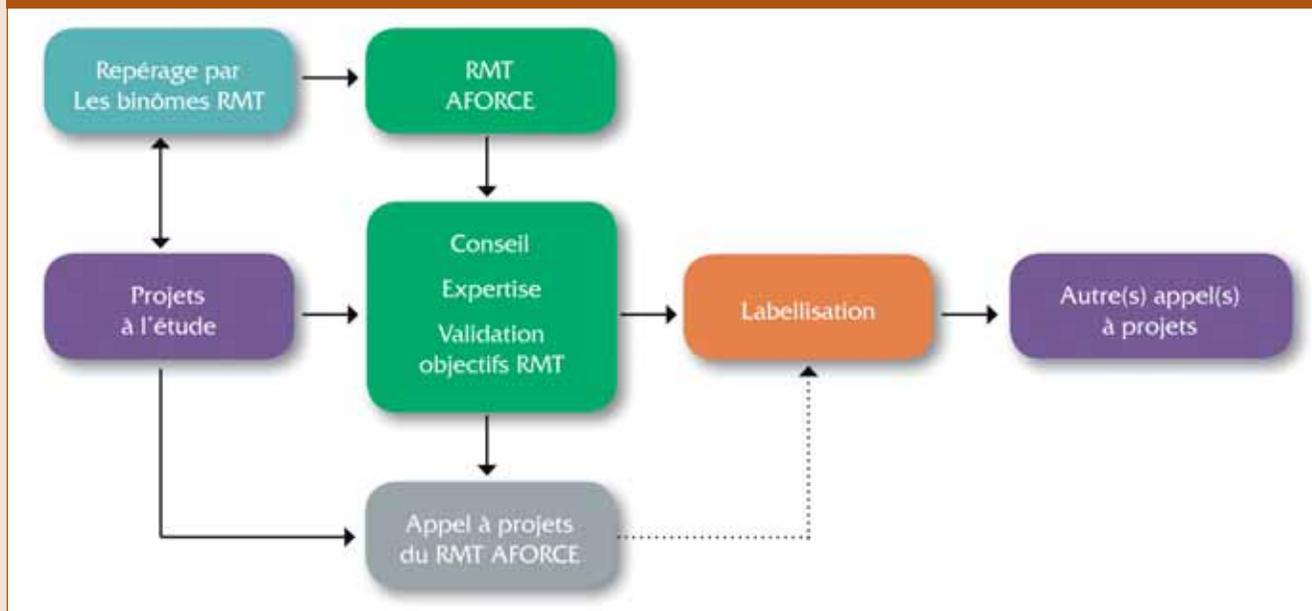
Il existe, en outre, assez peu d'appels d'offre en mesure de financer des projets semblables, privilégiant le développement, et portant de surcroît sur une thématique de travail aussi spécifique. Il convient d'ailleurs de s'interroger, au vu du nombre de propositions reçues en 2010, – et suite au foisonnement d'idées révélé lors de l'appel à idées lancé par le réseau –, sur la **carence en source de financement capable d'abonder de tels projets**. Cette déficience ne s'arrête d'ailleurs pas exclusivement aux seuls projets en lien avec le changement climatique. La fréquence des appels à projets du réseau permet également de **réviser annuellement les priorités** d'action en fonction de l'évolution des connaissances et des avancées de la recherche. Il est ainsi possible de **concentrer les efforts** sur des sujets prioritaires ou pour lesquels il existe un réel besoin d'aide à la décision.

Les appels à idées et appels à projets lancés par le réseau jouent aussi un rôle de **veille des initiatives** qui se mettent en place en région et qu'il est parfois difficile d'identifier par d'autres biais.

Enfin, un des atouts majeurs des appels à projets est de constituer de nouveaux **partenariats** entre recherche, développement, gestion et enseignement. Ces partenaires bénéficient alors des **avantages de l'organisation en réseau** du RMT : conseils spécialisés, accès facilité à la bibliographie récente, recommandations d'experts...

En complément des appels à projets, le RMT AFORCE souhaite malgré tout développer le **système de labellisation**, pour certaines thématiques bien

Graphique 2 : La labellisation de projets par le RMT AFORCE



identifiées qui nécessitent un effort de recherche supplémentaire ou qui requièrent un plus grand investissement en temps et en moyens. Ce dernier a déjà été expérimenté en 2010 sur deux projets, présentés à l'appel à projet du programme de recherche GICC (Gestion et Impacts du Changement Climatique). Le principe de cette labellisation est de pouvoir accompagner des projets dans leur phase de montage en apportant conseil et expertise, de valider l'adéquation du projet avec les priorités d'action du réseau et enfin, de pouvoir les guider vers des appels d'offre appropriés (voir graphique ci-dessus).

Le principal facteur limitant des appels à projets du RMT AFORCE est le financement. La participation financière des partenaires à certains des projets, qui vient en complément du soutien financier du ministère de l'Agriculture, est cependant une source de motivation pour continuer à proposer ces appels à projets. La recherche d'autres sources de financements constitue pour le RMT une priorité de l'année 2011. Les appels à projets du réseau consti-

tuent donc un moyen de répondre à une attente majeure et pressante des gestionnaires. Les outils produits ont vocation à guider les choix de gestion, à donner un peu de recul sur les changements les plus probables, mais ne remplacent pas le choix ultime du gestionnaire qui devra composer avec toutes les incertitudes liées à l'évolution du climat. Enfin, du fait du contexte particulier du changement climatique, ces outils devront être régulièrement mis à jour en fonction de l'évolution des connaissances pour garder toute leur pertinence. ■

(1) ONERC, « Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique », Documentation française, Paris, 2007.

(2) Sont considérés comme « chocs mous » : les effets des sécheresses ou d'une augmentation des températures, les canicules et les attaques de parasites.

(3) Attention, le cahier des charges est remis à jour à chaque appel à projets. Seules les grandes lignes sont ici présentées.

(4) Le résumé de ces projets est consultable sur le site internet du RMT AFORCE, ainsi que dans le n° 186 (mai 2009) de Forêt-entreprise.

(5) Il existe une trentaine d'autres RMT, consacrés principalement aux thématiques agricoles et agroalimentaires. Les premiers ont été lancés en 2007 : biomasse, énergie, environnement et territoire (chef de file : CRA Picardie), systèmes de culture innovants (chef de file : CRA Bourgogne).

Résumé

Le RMT AFORCE propose chaque année des appels à projets visant à produire dans un délai d'un an des outils d'aide à la décision pour les gestionnaires. Ces outils doivent leur permettre d'anticiper les effets du changement climatique. Pour concentrer les efforts sur les principaux besoins des gestionnaires, les projets sont sélectionnés sur des axes prioritaires qui évoluent chaque année parallèlement aux besoins. Jusqu'à présent, les projets financés couvrent chacune des thématiques de travail du réseau excepté le thème « économie ». Pour un transfert optimal des résultats de la recherche vers les gestionnaires, le partenariat est favorisé dans l'exécution des projets. Un des principaux freins au soutien des nombreuses propositions faites chaque année est le budget du RMT AFORCE.

Mots-clés : RMT AFORCE, appels à projets.

Évaluer la réserve en eau utile des sols forestiers à la tarière hydraulique

Jean-Paul Nebout, CRPF Auvergne *

Pour évaluer la réserve en eau utile maximale, une tarière hydraulique hélicoïdale a été mise au point. Les résultats obtenus avec une fosse pédologique ou une tarière manuelle ont été comparés sur trois unités stationnelles fréquentes pour le chêne dans l'Allier.

Le Réseau mixte technologique Aforce, coordonné par l'Institut pour le développement forestier et soutenu par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche vise à mettre rapidement à la disposition des gestionnaires forestiers, des outils opérationnels pour adapter les forêts au changement climatique. Parmi les 4 projets soutenus par le réseau, en 2009, celui du Centre régional de la propriété forestière d'Auvergne et de ses partenaires : l'Inra de Nancy, l'Inventaire forestier national (antenne de Nogent/Vernisson), Vetagro-Sup de Clermont-Ferrand, la Coopérative Unisylva, consiste à développer, auprès des opérateurs économiques, l'évaluation de la RUM (réserve en eau utile maximale) des sols forestiers, paramètre de base de la croissance et de la vitalité des

peuplements. Deux outils permettant d'évaluer la RUM, la tarière hydraulique et la tarière manuelle, ont été comparés à une évaluation témoin réalisée sur fosse pédologique profonde. Dans ce dossier, nous présentons les résultats de l'évaluation obtenus à l'aide de la tarière hydraulique. Un prochain article sera consacré à l'évaluation de la RUM à l'aide de la tarière manuelle.

La réserve en eau utile maximale

La réserve utile d'un sol (schéma ci-dessous) est définie comme la quantité d'eau disponible pour la végétation entre une valeur maximale atteinte à la capacité au champ et une valeur minimale, atteinte lorsque l'on estime que la tranche de sol considérée ne peut plus fournir d'eau à la végétation (point de flétrissement).

Son calcul nécessite de connaître la composition granulométrique du sol et la profondeur prospectée par le système racinaire des arbres.

Généralement, le forestier procède par ouverture de fosses pédologiques ou par sondages superficiels à la tarière manuelle, mais ces techniques sont onéreuses ou pénibles. Aussi, le CRPF d'Auvergne et les entreprises Sylvar⁽¹⁾ et Antec MD⁽²⁾ se sont associés pour mettre au point et tester une tarière pédologique hydraulique.

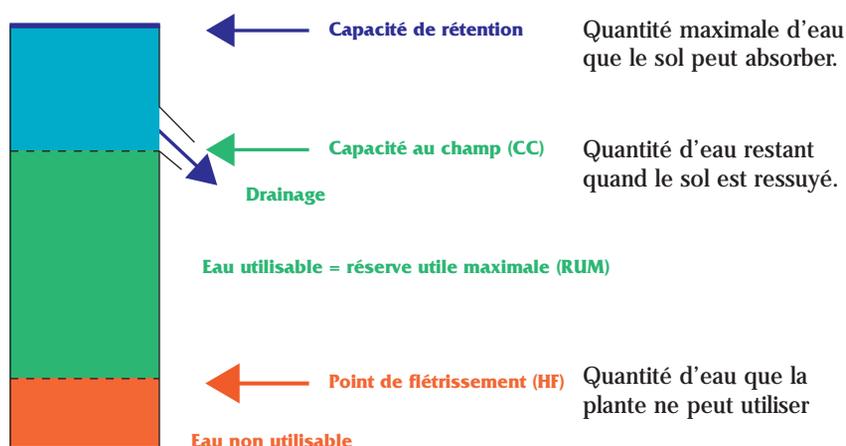
La tarière Antec MD

La tarière hydraulique hélicoïdale, mise au point par la Société Antec MD de Lyon, est constituée d'une hélice en acier de 75 cm de longueur et 15 cm de diamètre, fixée sur un axe de 2 m de longueur. Cette hélice est actionnée par un moteur hydraulique puissant, suspendu au bras d'une chenillette Kubota de 100 CV (voir photo 1 p. 18). L'utilisateur procède par extraction de carottes successives de sol d'environ 50 cm de longueur. Les forages doivent être réalisés à petite vitesse et à une distance d'au moins 2 m de gros arbres pour éviter de bloquer et détériorer l'hélice dans les racines.

Le protocole expérimental

Afin d'évaluer les performances techniques et le rendement de cet outil, de pouvoir ainsi les comparer avec les

figure 1 : schéma de la réserve utile d'un sol



© J.-P. Nebout, CRPF Auvergne



Fosse pédologique profonde.

La tarière Antec MD, suspendue au bras d'une chenillette Kubota, équipée à l'avant d'un rouleau landais.

autres méthodes d'évaluation de la RUM, une campagne de sondages a été réalisée d'avril à août 2009, dans 6 massifs forestiers privés⁽³⁾ du département de l'Allier. Ces massifs ont la particularité d'être localisés dans l'aire de validité des catalogues des types de stations de la Sologne et du Bocage bourbonnais et sur un même type de substrat géologique : les sables et argiles du Bourbonnais^(a). Dans chaque massif, 3 unités stationnelles très fréquentes et couvrant de vastes étendues ont été identifiées par un technicien du CRPF et un ingénieur phytoécologue de l'IFN à l'aide de la clé de détermination des catalogues (identification de la flore et des humus), puis sondées (cf. tableau 1).

Dans chaque unité stationnelle, des fosses pédologiques profondes ont été ouvertes et leurs profils décrits de manière détaillée par un technicien forestier avec l'appui d'un pédologue de l'Inra ; des analyses granulométriques de chaque horizon et l'observation de la densité et de la répartition des racines des chênes sessile et pédonculé ont également été réalisées (photo 2). Pour des raisons de coût, le nombre de fosses s'est limité à 3 ou 5 selon la station. On dispose donc d'un petit nombre de placettes avec des couples de mesures fosse/tarière hydraulique et des placettes ou seuls des sondages à la tarière ont été réalisés. À chaque sondage, nous avons procédé à l'extraction de carottes succes-



Carotte de sondage effectuée à l'aide de la tarière hydraulique.

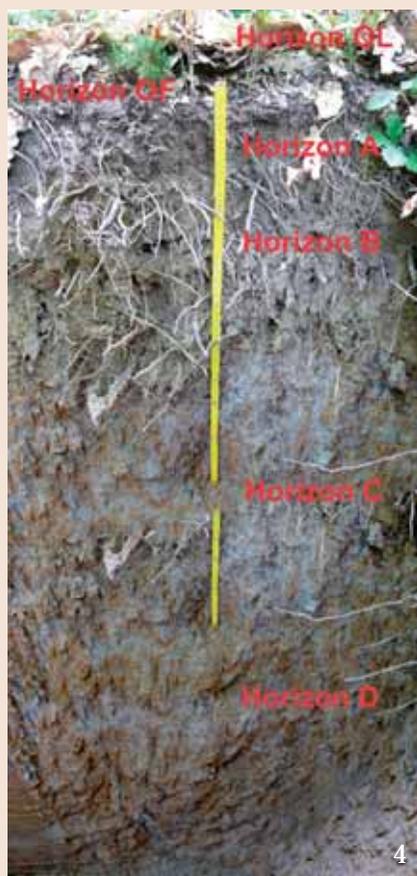
sives de sol d'environ 50 cm de longueur (photo 3). La profondeur maximale prospectée était de 2 mètres, correspondant à l'extraction de 4 carottes. Chaque carotte a été décrite, pour identifier et caractériser les horizons successifs : diagnostic visuel

Tableau 1 : caractéristiques des unités stationnelles étudiées

| Nom de la station | Humus | Type de sol référentiel 2008 | Appellation courante CPCS | Nombre de sondages à la tarière hydraulique | Nombre de fosses pédologiques |
|-------------------------------|------------|------------------------------|-----------------------------|---|-------------------------------|
| Chênaie charmaie | mesomull | Luvisol rédoxisol | Sol lessivé hydromorphe | 30 = 120 carottes | 5 |
| Chênaie acidiphile | Dysmoder | Alocrisol rédoxique | Sol brun acide à pseudogley | 20 = 80 carottes | 3 |
| Chênaie hydromorphe à molinie | Hydromoder | Rédoxisol | Pseudogley | 20 = 80 carottes | 3 |

et tactile de la couleur, nature des matériaux (sable, limon, argile), pourcentage d'éléments grossiers. La présence et grosseur des fractions de racines vivantes remontées par la tarière ont été également notées. Ensuite, pour chaque horizon identifié, nous avons calculé la RUM à l'aide de la formule de Jamagne ⁽⁴⁾. Cette méthode fait intervenir l'épaisseur de l'horizon (Ecm), la proportion d'éléments grossiers (E. G %) et la texture de chaque horizon à laquelle correspond une valeur de réservoir utilisable (U) exprimée en mm d'eau par cm d'épaisseur (tableau 2, page 20).

L'épaisseur de sol à prendre en



Densité et répartition des racines dans un profil de sol.

compte correspond à la profondeur prospectée par les racines fines vivantes (< 2 mm) qui jouent un rôle très important dans l'alimentation hydrique des chênes. Nous avons utilisé les enseignements tirés des observations réalisées sur fosses et notamment de la densité et de la répartition des racines dans les horizons argileux profonds. En effet, l'enracinement profond est fortement limité par une argile compacte et les engorgements épisodiques qu'elle induit à 1 mètre. C'est pourquoi un coefficient de réduction de la RUM, variant de 33 à 66 % selon la compacité, la morphologie et la teneur en argile, a été appliqué, à dire d'expert, à chaque valeur de la RUM obtenue (photo ci-contre).

La RUM de chaque sondage a été obtenue en additionnant les RUM de divers horizons. Ces résultats, regroupés par grandes unités stationnelles sont résumés dans le tableau 2, page 20. Les estimations sont données à 1 m ; 1,5 m et 2 m de profondeur.

Les enseignements tirés

La qualité des prélèvements

Pour les 3 stations étudiées, la tarière hydraulique permet à l'opérateur :

- d'identifier un nombre d'horizons semblable à celui observé sur fosses mais surestime systématiquement l'épaisseur des horizons de 20 cm en moyenne (foisonnement du sol),
- de détecter plus précocement la présence d'un horizon compact (argile),
- de restituer convenablement les signes d'hydromorphie (couleurs, nodules) à différentes profondeurs du sol,
- de diagnostiquer la présence/ab-

sence et la grosseur des racines vivantes à différentes profondeurs.

L'utilisation de la tarière hydraulique impose cependant la présence d'une personne expérimentée pour la description, l'interprétation des carottes de sol et le découpage en horizon. À noter également, la difficulté constatée pour qualifier les textures en présence de sables et la nécessité de contrôler, à l'aide d'un mètre, les profondeurs d'apparition des différents horizons.

Valeurs des RUM obtenues à la tarière hydraulique

Selon le type de station prospectée, on constate une surestimation de la RUM de 12 à 18 mm à une profondeur de 1 m et une surestimation de la RUM de 10 à 14 mm à une profondeur de 1,50 m.

Globalement pour des profondeurs prospectées allant de 1 à 2 m, on obtient, à la tarière hydraulique, une surestimation systématique de la RUM pouvant varier de 10 à 18 mm, ce qui représente 6 à 17 % de la valeur de RUM mesurée sur fosse. Cette surestimation reste néanmoins acceptable. Entre les 3 types de station, les valeurs de RUM estimées sur fosses à 1,50 m de profondeur à partir de l'analyse granulométrique, montrent un écart maximal de 40 mm, soulignant un contraste hydrique limité de ces stations.

En Sologne bourbonnaise et dans le Bocage bourbonnais, il est possible, à partir de ce travail, d'obtenir une valeur approchée de la RUM fosse en appliquant à la valeur obtenue à l'aide de la tarière hydraulique, une réduction de 10 % de la valeur totale.

Formule : R.U.M. horizon = valeur de réservoir utilisable x épaisseur de l'horizon en cm
x [(100 - % volumique d'éléments grossiers de l'horizon)/100]

Exemple : RUM d'un horizon limono-sableux de 50 cm d'épaisseur comprenant 10 % d'éléments grossiers :
1,45 x 50 cm x [(100 - 10) / 100] = 65,25 mm

Tableau 2 : valeurs comparées des RUM obtenues par unités stationnelles à l'aide de la tarière hydraulique et sur fosses pédologiques à différentes profondeurs

| Unité stationnelle | Chênaie-charmaie | | | | Chênaie acidiphile | | | | Chênaie hydromorphe | | | |
|-----------------------|-------------------|------------|---------------------|--------------------|--------------------|------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------|---------------------|--------------------|
| | Même placette (1) | | Tarière h seule (2) | Moyenne tarière h. | Même placette (1) | | Tarière h seule (2) | Moyenne tarière h. | Même placette (1) | | Tarière h seule (2) | Moyenne tarière h. |
| Méthode diagnostic | Fosse | Tarière h. | | | Fosse | Tarière h. | | | Fosse | Tarière h. | | |
| Nombre de sondages | 5 | 5 | 29 | 34 | 3 | 3 | 17 | 20 | 3 | 3 | 15 | 18 |
| RUM (Jamagne) 1 m | 123 mm | 125 mm | 141 mm | 139 mm | 103 mm | 99 mm | 125 mm | 121 mm | 110 mm | 120 mm | 122 mm | 122 mm |
| Écart type | 11,88 | 17,47 | 18,28 | 18,81 | 8,44 | 5,02 | 16,08 | 17,63 | 7,03 | 6,37 | 10,87 | 10,14 |
| Coefficient variation | 9,66 % | 13,98 % | 12,96 % | 13,53 % | 8,19 % | 5,07 % | 12,86 % | 14,57 % | 6,39 % | 5,31 % | 8,91 % | 8,31 % |
| RUM (Jamagne) 1,50 m | 178 mm | 175 mm | 195 mm | 192 mm | 137 mm | 132 mm | 155 mm | 151 mm | 138 mm | 145 mm | 148 mm | 148 mm |
| Écart type | 10,54 | 21,01 | 20,35 | 21,28 | 7,25 | 8,92 | 17,77 | 18,43 | 7,51 | 6,08 | 9,93 | 9,32 |
| Coefficient variation | 5,92 % | 12 % | 10,43 % | 11,08 % | 5,29 % | 6,76 % | 11,46 % | 12,20 % | 5,44 % | 4,19 % | 6,71 % | 6,30 % |
| RUM (Jamagne) 2 m | 229 mm | 216 mm | 248 mm | 243 mm | | | | | | | | |
| Écart type | 27,12 | 19,26 | 26,19 | 27,56 | | | | | | | | |
| Coefficient variation | 11,84 % | 8,92 % | 10,56 % | 11,34 % | | | | | | | | |

(1) : sondage à la tarière réalisé avant l'ouverture de la fosse pédologique
n = nombre de fosses pédologiques ou sondages à la tarière
 CV = Coefficient de variation : écart type / moyenne en %.

(2) : pas de fosses pédologiques de contrôle de valeur
 ET = Écart type en mm

Cependant hors de ces deux petites régions ou sur des stations différentes, les sondages à la tarière hydraulique devront toujours être accompagnés d'une analyse sur fosses des contraintes à l'enracinement.

Toutefois, en raison même du diamètre du sondage, cette observation de l'enracinement est plus affectée par les fluctuations latérales de l'intensité d'enracinement que celle faite sur une fosse, où le notateur dispose de 5 mètres-linéaires pour faire son évaluation.

Facilités et contraintes de mise en œuvre

- Déplacement lent (5 km/h) et impossible dans les sous-bois denses.

- Risques d'enlèvement sur sols engorgés pendant la période hivernale.

- Tassement des sols très faible car la machine est équipée de chenilles en caoutchouc ; son passage n'endommage pas les jeunes semis issus de régénération naturelle.

- Franchissement des fossés et des zones à morts bois facilité par le rouleau landais installé à l'arrière de la pelle.

- Prospection aisée jusqu'à 2 m de profondeur, même dans les sols engorgés d'eau.

- Mise en œuvre aisée par un seul opérateur possédant une double compétence — période optimale d'utilisation du mi-avril à mi-juillet (pour éviter les périodes trop sèches).

Rendement et coût

En terrain plat et sain et en présence d'un sous-bois clair et pénétrable, il est possible de réaliser en une journée une dizaine de sondages de 2 m de profondeur, déplacement compris d'un point à un autre sur une distance de quelques centaines de mètres. Pour un opérateur expérimenté, il faut compter 15 minutes de temps de forage avec extraction de 4 carottes de 50 cm de longueur et 40 minutes de temps d'observation. Sur la base d'un coût de 600 €/jour (chauffeur-observateur + chenillette + tarière hydraulique), le prix de revient d'un sondage s'établit à 60 € et le coût/hectare également à 60 €. L'ouverture d'une fosse

Tableau 3 : valeurs de réservoir utilisable en mm d'eau pour 1 cm d'épaisseur de sol

| Textures sableuses | | mm d'eau/cm | Textures limoneuses | | mm d'eau/cm |
|---------------------------|-----|-------------|-------------------------|-----|-------------|
| Sable | S | 0,7 | Limon léger | LL | 1,3 |
| Sable limoneux | SL | 1 | Limon moyen | LM | |
| Sable argileux | SA | 1,35 | Limon argileux | LA | 1,95 |
| Textures limono-sableuses | | | Texture argilo-sableuse | | |
| Limon léger sableux | LLS | | Argile sableuse | AS | 1,70 |
| Limon sableux | LS | 1,45 | Textures argileuses | | |
| Limon moyen sableux | LMS | | Argile | A | 1,75 |
| Limon sablo-argileux | LSA | 1,65 | Argile limoneuse | AL | |
| Limon argilo-sableux | LAS | 1,75 | Texture très argileuse | | |
| | | | Argile lourde | ALO | 1,75 |

pédologique de 2 m de profondeur et 1 m de largeur et son observation nécessite environ 2 heures et représente un coût de 100 €.

Perspectives

Cette étude a permis de mettre en évidence les atouts et les limites d'utilisation de la tarière hydraulique hélicoïdale Antec MD, en comparaison avec les autres méthodes d'évaluation de la RUM. Les réserves utiles de trois unités stationnelles très répandues en Sologne et Bocage bourbonnais ont pu être caractérisées. Une nouvelle campagne de sondages sur les formations sablo-argileuses et limono-argileuses de l'Allier et des départements limitrophes nous permettra d'étoffer la base de données sur la réserve utile de ces sols et de former un technicien forestier à la conduite de l'outil diagnostique. En effet, la diminution du coût du sondage est un facteur déterminant pour développer ce type de diagnostic et mieux

caractériser et spatialiser la vulnérabilité des peuplements de chênes aux aléas hydriques. La prise en compte des évolutions au cours du temps de la réserve en eau du sol par l'établissement des bilans hydriques est une suite logique à ce travail. ■

* Jean-Paul Nebout, CRPF Auvergne,
10, rue des Fausses Braies, 03000 Moulins.
Courriel : moulins@crpf.fr

(1) : *Entreprise Sylvar*, représentée par

Michel Lablé – La Barre – 58110 Rouy

(2) : *Entreprise Antec MD*, représentée par
Michel Jaffelin, 4, rue Philippe de Lassalle,
69004 Lyon.

(3) : *Massifs forestiers*: GF des Harcholins; GF de Chabet; GF des Bois Bouleau; GF des 3 Merlettes; Propriété d'Hubert Ferron; Propriété de Christian du Vivier.

(4) *Jamagne Marcel*: directeur de recherche à l'INRA – directeur du service d'étude des sols et de la carte pédologique de France. Il est à l'origine des valeurs utilisables en mm d'eau par cm d'épaisseur de sol. Ces valeurs sont très utilisées en foresterie.

Bibliographie

(a) **Beaufils T, Centre d'études forestières de l'Allier, 1989.** *Catalogue des types de stations forestières de Sologne bourbonnaise et rapport scientifique.* 450 pages.

(a) **Beaufils T, CRPF Auvergne, CEIEF de l'Allier, ONE 1991.** *Bocage bourbonnais – Forêt de Tronçais – Typologie des stations forestières.* Catalogue et rapport scientifique. 293 pages.

Pour en savoir plus :

■ **Nebout J.-P. 1993.** *Le chêne, écologie, économie, histoire, sylviculture.* 504 p., Éditions du Perron.

■ **Nebout J.-P. 2004.** *Culture des chênaies irrégulières dans les forêts et les parcs.* 360 p., Éditions du Perron.

Résumé

Dans le cadre du RMT AFORCE, le CRPF Auvergne a lancé une campagne d'évaluation de la Réserve en eau Utile Maximale (RUM) des sols forestiers à l'aide de la tarière hydraulique Antec MD. Cette dernière a été testée sur trois unités stationnelles très fréquentes du département de l'Allier, en comparaison avec deux autres méthodes. La précision des résultats, la facilité de mise en œuvre et le coût de prospection plaident en faveur du développement d'un diagnostic pédologique mécanisé.

Mots-clés : économie en eau, réserve utile, enracinement.

Outils pour raisonner les calculs de flux d'eau et de bilan hydrique à l'échelle du peuplement

Nathalie Bréda, André Granier, Inra de Nancy

Une des questions des gestionnaires forestiers face aux évolutions climatiques est la connaissance du bilan hydrique d'un peuplement et si possible son évolution. Un site Internet, mis au point par l'Inra de Nancy, modélise grâce à la saisie de quelques paramètres, le calcul de la réserve en eau utile.

Ce projet vise à répondre de façon structurée à des sollicitations récurrentes des forestiers, en particulier depuis les sécheresses de 2003 dans la zone tempérée ouest et centre européenne, ou de 2005 dans la partie sud-ouest de l'Europe. Ces événements climatiques exceptionnels sont, selon les climatologues, une manifestation du changement climatique, qui produit une augmentation de la variabilité climatique interannuelle. Ainsi, certains gestionnaires n'ont pris réellement conscience qu'à l'occasion de ces événements extrêmes du rôle primordial des sécheresses dans la productivité voire la durabilité des peuplements.

L'unité mixte de recherches Inra- Henri Poincaré, Écologie et écophysologie forestières (EEF) de Nancy développe des recherches sur le fonctionnement hydrique des peuplements forestiers, leurs bilans hydriques, et sur l'impact des contraintes hydriques depuis les années 1970, sous l'impulsion de Gilbert Aussenac. Cette thématique de recherche se poursuit selon plusieurs axes :

- développement d'approches physiologiques, moléculaires et génétiques de la réponse des arbres à la sécheresse : plasticité des espèces et variabilité interspécifique des réponses,
- approches in situ dans des sites-ateliers instrumentés visant à quantifier et

à modéliser les différents flux hydriques,

- analyse écologique spatio-temporelle des dysfonctionnements et déperissements forestiers par des approches de dendroécologie et de caractérisation des milieux et des peuplements.

Parmi les questions posées par les gestionnaires, les plus récurrentes sont les suivantes : comment quantifier l'intensité et la gravité d'une sécheresse en forêt ? Dans quelle mesure les propriétés du sol peuvent-elles moduler l'intensité des contraintes ? Quelles sont les variations de ce phénomène selon la structure, la composition et les pratiques de gestion des peuplements forestiers ?

Notre unité a, jusqu'à maintenant, répondu au cas par cas à des sollicitations régionales ou individuelles, provenant en particulier des CRPF. Lors de nos échanges avec les gestionnaires tant privés que publics, nous avons relevé la nécessité de trouver de nouveaux modes d'autoformation et de communication, plus concrets et dynamiques que les articles de vulgarisation que les gestionnaires n'ont pas toujours le temps de lire. Dans le domaine du fonctionnement hydrique des peuplements, nous avons identifié les besoins suivants :

- une nécessité de réactualiser et corriger les connaissances de base sur les différents flux d'eau et leurs bilans

dans les écosystèmes forestiers,

- une attente de pouvoir manipuler des outils opérationnels pour les aider à réaliser des diagnostics,

- un besoin de quantifier l'impact respectif du climat, du sol, du peuplement et de sa gestion dans le cycle de l'eau. Le dialogue qui s'est instauré entre les acteurs de la recherche et du développement, notamment à travers le RMT AFORCE, nous a conduit à affiner ces questions, les organiser et les rendre accessibles pour un large public de gestionnaires, mais aussi d'étudiants, d'enseignants et de chercheurs. D'autres actions ont été menées en amont de ce projet, par l'intermédiaire du RMT AFORCE, tel que l'atelier consacré aux données météorologiques (18 juin 2009, Paris) au cours duquel les paramètres climatiques et leur accessibilité, tant en climat passé, présent et futur ont été traités par les meilleurs représentants disciplinaires (<http://www.foretrpriveefrancaise.com/atelier-donnees-meteo-480103.html>)

Le projet soutenu par le RMT AFORCE a permis de mettre à disposition, de façon conviviale, pédagogique et bien documentée, un site web regroupant deux outils pratiques :

- un cours en ligne, comportant 8 fiches pédagogiques sur la définition, la mesure, les ordres de grandeurs et la modélisation de chacun des grands flux d'eau des écosystèmes (transpiration, interception, drainage, évapo-

Graphique 2 : page d'accueil du site Biljou®

À gauche, la page d'accueil du site BILJOU® version web (concepteurs du site : Guillaume Ehinger et Damien Maurice). Le menu de gauche propose un ensemble de 8 fiches pédagogiques ; à droite, extrait de l'une d'entre elles, chaque fiche comportant de la bibliographie en français, avec les liens permettant de consulter chaque document.

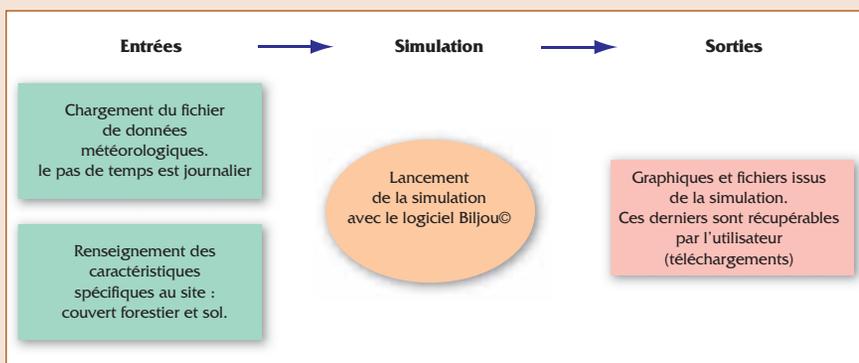


Schéma du déroulement d'une simulation.

transpiration potentielle), les paramètres clés des deux interfaces sol-arbre (enracinement, réserve utile) et couvert – atmosphère (phénologie, indice foliaire). Une présentation détaillée de ce qu'est un bilan hydrique et de la manière dont il peut se modéliser sont également présentées. Sur chacune des fiches, l'utilisateur est redirigé vers une bibliographie de référence en langue française qu'il est vivement recommandé de lire pour mieux comprendre le contenu de la fiche. Les fichiers en format PDF correspondants sont même téléchargeables sur un simple clic, pour s'assurer que l'utilisateur ne rencontrera pas de difficulté pour s'auto-former.

→ un outil de calcul de bilan hydrique maintenant largement utilisé par la re-

cherche (BILJOU®). Un développement informatique spécifique a été réalisé pour rendre l'outil convivial et pédagogique. Nous insistons sur le fait que l'autoformation réalisée grâce à la lecture des fiches pédagogiques est un préalable indispensable à la compréhension et à la bonne mise en œuvre de cet outil.

Le public intéressé par l'utilisation de cet outil est composé de gestionnaires et d'experts forestiers, de personnes chargées de développement ou de formation en matière de bioclimatologie, de sylviculture, d'écophysiologie ; au-delà, cet outil est aussi accessible, moyennant une inscription préalable, à la recherche et à l'enseignement.

Pour conduire et réaliser ce projet, un

groupe formé de deux chercheurs et deux ingénieurs informaticiens de l'UMR EEF a travaillé de façon coordonnée sur différents aspects :

- rédaction de fiches et sélection de la bibliographie appropriée,
- développement de l'architecture du site, résolution de problèmes informatiques, rédaction de documents d'information,
- tests de l'outil dans différentes configurations de données et de requêtes,
- démarches de protection de la propriété intellectuelle, en relation avec le service juridique de l'Inra, en particulier pour le contrôle de l'utilisation de l'outil et la mise en œuvre des solutions informatiques et organisationnelles adaptées (licences).

Contenu du site web

Ce site, hébergé par un serveur de l'Inra, possède 6 rubriques principales (voir la copie d'écran ci-dessus) :

- la page d'accueil,
- la présentation du projet lui-même et de ses objectifs,
- une liste non exhaustive des questions qui nous sont souvent posées,
- un ensemble de 9 fiches didactiques sur le bilan hydrique et ses facteurs de variation. Chaque fiche (voir un exemple ci-dessus) comporte entre 3 et 5 pages,
- l'outil de simulation qui constitue le « cœur » du site et qui s'accompagne d'une rubrique d'aide à son utilisation,
- une page pour contacter la cellule BILJOU®.

Accès au site web, conditions d'utilisation de l'outil

La consultation de la partie pédagogique du site sera en libre accès, ouverte à tous sans autorisation préalable. Par contre, pour éviter une utilisation abusive de l'outil de simulation et coordonner au mieux les conseils à son utilisation, ce dernier ne sera accessible qu'après le dépôt d'une demande

et son acceptation par le comité ad hoc. Ce comité contrôlera le champ d'application de l'outil, l'activité professionnelle de l'utilisateur et les objectifs de ses calculs de bilan hydrique. Dès validation et après lecture des fiches d'autoformation, l'utilisateur sera en mesure de réaliser lui-même des simulations de bilan hydrique pour un peuplement d'intérêt. En complément, et pour inciter à l'utilisation optimale et raisonnée de l'outil, deux sessions de formation, assurées par des chercheurs et des ingénieurs de l'UMR EEF, sont programmées courant 2011. Elles permettront de former un petit noyau d'utilisateurs assez diversifiés et qui seront ensuite des personnes ressources pour l'utilisation de l'outil.

Pour la mise en route de la simulation sous Biljou®, l'utilisateur doit fournir, par chargement temporaire⁽¹⁾ en ligne, les informations suivantes :

un fichier de données météorologiques quotidiennes contenant les 5 paramètres requis : pluie, température, rayonnement global, vitesse du vent, déficit de saturation de l'air. Ces données peuvent être acquises, par exemple, auprès de Météo-France ou provenir du réseau Renecofor, les caractéristiques du site d'intérêt : paramètres relatifs aux deux interfaces, le couvert (indice foliaire, date de débourrement et chute des feuilles pour les décidus) et le sol (pour cha-

que couche de sol, RU, proportion de racines fines, densité apparente, humidité à pF 4.2).

En sortie, les résultats des simulations sont organisés sous forme de deux fichiers en format texte téléchargeables par l'utilisateur :

un premier fichier qui récapitule annuellement les principaux flux du bilan hydrique, et surtout trois indicateurs de contrainte hydrique : sa durée (en jours), son intensité et sa précocité,

un second fichier au pas de temps journalier, qui permet en particulier de suivre l'évolution de la réserve en eau du sol.

De plus, cet outil illustre en direct les sorties du calcul grâce à divers types de graphiques : classement des années sèches pour la période de simulation (si plusieurs années), variations de la réserve en eau du sol pour une année choisie par l'utilisateur, etc.

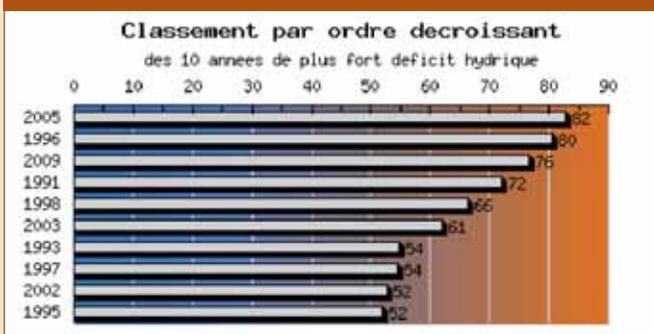
Cet outil est dérivé d'un modèle plus complexe utilisé en recherche, nécessitant en outre davantage de paramètres (Granier *et al.*, 1995) ; nous avons simplifié son paramétrage, sans altérer ses performances, pour en faciliter l'utilisation par des gestionnaires. Lors de sa conception, le modèle a été testé pour un grand nombre d'espèces, de conditions de climat, de types de sol et de structures de couverts. Il a été validé par comparaison avec des me-

sures directes de réserve en eau du sol, et pour chaque flux élémentaire (interception, transpiration et évapotranspiration des peuplements et de leur sous-étage). Biljou® fournit des simulations réalistes, notamment car son pas de temps est journalier. Cela le différencie d'autres modèles utilisant des données décennales ou mensuelles et qui ne représentent pas fidèlement les processus écophysologiques de régulation et de dynamique de l'eau dans le sol. Ce pas de temps supprime souvent la représentation des périodes de déficit en eau du sol et n'est donc pas approprié pour un diagnostic sécheresse. De plus, le modèle calcule des formules d'ETP de référence, intégrant en outre la sécheresse atmosphérique de l'air. Enfin, et surtout, le modèle gère l'évolution temporelle du couvert (dans le cas des feuillus) et son incidence sur la consommation en eau du peuplement ; le modèle reproduit enfin la dynamique d'absorption de l'eau par les racines en fonction de leur distribution et de l'état hydrique des différentes couches du sol. ■

(1) Dès la déconnexion de l'utilisateur, les calculs et fichiers météo et paramètres sont automatiquement effacés du serveur.

Cet outil est consultable à l'adresse suivante (<https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/>). Les sessions de formation nécessaires pour une utilisation raisonnée de BILJOU®, seront proposées courant 2011.

Graphique 3 : exemple de classement des 10 années à plus fort déficit hydrique au cours d'une série temporelle de 25 ans



Bibliographie

- Granier A., Badeau V., Bréda N. (1995). *Modélisation du bilan hydrique des peuplements forestiers*. Revue Forestière Française, XLVII, 59-68. (Téléchargeable sur le site RFF).

Résumé

Un site Internet, mis au point par l'Inra de Nancy, présente deux outils pratiques pour répondre aux questions des gestionnaires : des fiches pédagogiques sur les flux d'eau, et un outil de calcul de bilan hydrique BILJOU®. Une modélisation simule la durée, l'intensité, les flux d'eau pour le calcul du bilan hydrique, et permet de mieux connaître l'adéquation station/espèce en rapport avec la sylviculture.

Mots-clés : site Internet BILJOU®, bilan hydrique, modélisation.

Guide de l'expérimentation forestière en liaison avec le changement climatique

E. Paillassa, Ph. Riou-Nivert, CNPF-IDF et J. Rosa, CRPF

Le changement climatique conduit les forestiers à se poser de nouvelles questions sur les essences, les techniques sylvicoles, la gestion des risques. Pour répondre à ces questions, l'installation d'expérimentations est la première démarche qui vient naturellement à l'esprit. Mais comment optimiser cette démarche ? Tel est l'enjeu de ce guide.

Les difficultés inhérentes à l'expérimentation forestière sont nombreuses. Les structures de Recherche-Développement ont cependant accumulé une expérience qui doit être mise à profit pour les contourner. Le changement climatique lance aujourd'hui un nouveau défi au progrès forestier. Pour relever ce défi, les principaux organismes impliqués dans la mise en place d'essais ont décidé de réunir leurs compétences, dans le cadre d'un projet financé par le RMT AFORCE, pour élaborer un guide méthodologique dont l'objectif est d'optimiser les moyens expérimentaux à mettre en œuvre à l'avenir pour appréhender les effets du changement climatique sur les forêts.

Expérimentation au long court

L'expérimentation en forêt est complexe pour diverses raisons. Tout d'abord, elle se déroule à une échelle de temps très longue : de quelques années à plus de 200 ans. Cette notion de durée, qui implique plusieurs intervenants successifs, impacte la qualité, la motivation et l'engagement dans le suivi. Par ailleurs, les contraintes de temps, de surface, de moyens humains et financiers sont lourdes tant du point de vue du propriétaire foncier que de celui de l'expérimentateur.

Enfin, plus l'expérimentation est longue, plus elle est exposée aux aléas climatiques, sanitaires ou autres, et aux évolutions de l'environnement. L'ensemble de ces difficultés explique le niveau de perte observé dans les expérimentations, qui est de l'ordre de « un essai perdu pour deux essais installés ». Ce constat oblige donc à avoir une qualité expérimentale optimisée pour être sûr que l'essai restant apportera les réponses souhaitées.

Placette d'essai d'éclaircie dynamique en douglas (La Ville aux Clercs - 41).

Réunion de vulgarisation pour propriétaires forestiers sur un site d'expérimentation en futaie irrégulière (Parnay - 18).



© J. Rosa, IDF



© CRPF Ile de France Centre

Un passé expérimental

L'expérimentation forestière de Développement Vulgarisation est plus récente (environ 50 ans) que celle de la Recherche. Son objectif est d'apporter des éléments de progrès dans la sylviculture. Elle a été développée par les CETEF, les CRPF, les chambres d'Agriculture et l'IDF, pour la forêt privée, par le Département des recherches techniques de l'ONF pour la forêt publique. Si de très nombreux dispositifs ont été mis en place sur le terrain au cours de ces années, le bilan final reste mitigé. En effet, des problèmes de suivi, de représentativité et de validité des données ont été rencontrés. De plus, l'isolement des acteurs et la grande dispersion de l'information n'ont pas permis une valorisation satisfaisante des résultats. La conséquence est une perte d'efficacité dans la transmission du progrès, mais aussi une démotivation des personnes et une perte d'intérêt pour un sujet aussi difficile à traiter.

Avant de repartir

Avant de mettre en place de nouvelles expérimentations pour répondre aux questions que pose le changement climatique, il est nécessaire de s'appuyer sur un socle méthodologique solide. Ainsi, il convient de tirer les enseignements du passé en confrontant les points de vue des différents acteurs. Mieux cibler les objectifs et connaître les précautions à prendre sont des gages de réussite. Enfin, une réflexion concertée et une bonne organisation du stockage de l'information expérimentale facilitent la circulation et la diffusion des résultats.

Un besoin clair

À la veille d'aborder de nouvelles problématiques, l'expérimentateur a donc besoin d'un guide méthodologique. Ce guide doit d'être simple, pragmatique, compiler l'expérience et le sa-

voir-faire acquis dans le passé, signaler les pièges à éviter, proposer une « check-list » pour ne rien oublier. Il doit aussi définir les conditions nécessaires pour garantir la rigueur et la fiabilité des résultats, permettre, en fonction du plan d'expérience choisi, d'évaluer le degré de précision à attendre. Enfin, il doit inciter à s'inscrire chaque fois que possible dans une approche concertée (réseaux multisites), seule susceptible de garantir une robustesse aux conclusions des actions expérimentales engagées, quelles qu'elles soient.

Par ailleurs, les nouvelles préoccupations sur l'évolution du climat ont mis sur le devant de la scène la nécessité d'évaluer des variables complexes concernant le milieu : données météorologiques, édaphiques, phénologiques, phytosanitaires... que jusqu'ici le praticien appréhendait mal. Le guide est l'occasion de proposer des premiers protocoles simplifiés sur ces sujets, discutés avec les chercheurs qui ont travaillé sur ces variables.

Pour rédiger ce guide pratique de l'expérimentateur, un comité de rédaction regroupe des responsables d'expérimentations et des acteurs chevronnés de la Recherche, du Développement et de la Vulgarisation des principaux organismes forestiers (Inra, FCBA, Cemagref, ONF, IDF, CRPF).

Un guide pratique

Ce guide aborde dans une première partie les bases de l'expérimentation :

- plan d'expérience (de la simple référence mesurée au dispositif plus complexe en blocs) : surfaces de placettes, arbres à suivre, variables à mesurer... ;
- choix du site expérimental : précautions de bon sens à prendre, aspects stationnels (description simplifiée) et en particulier homogénéité du site ;
- mise en place pratique de l'expérimentation : aspects organisationnels, signalétique... ;



Mesure de la circonférence d'un chêne sessile dans un essai dépressage (Précy - 18).

© CRPF - Ile de France Centre

- mesures et suivi, stockage des données, analyses envisageables.
- Dans une deuxième partie, les points particuliers en lien avec le changement climatique sont examinés :
- matériel végétal : importance de la prise en compte de la provenance et de la qualité des plants ;
 - descriptif fin de la station ;
 - données météorologiques : types de données à retenir, moyens de les obtenir, précautions à prendre... ;
 - variables spécifiques : notation sanitaire globale, évaluation de la phénologie...
- Dans une dernière partie, les particularités de thèmes d'essais plus spécifiques sont évoquées :
- essais d'évaluation d'essence/provenance : tests d'élimination, tests de comportement ;
 - essais sylviculture/risques : stress hydrique, stabilité, dépérissements.

Pour conclure

L'édition du Guide de l'expérimentateur est prévue courant 2011. Il sera mis en vente au service édition de l'IDF et disponible au format PDF sur le site Internet du RMT AFORCE. ■

Comité de Rédaction : ONF (C. Richter, B. Musch), FCBA (D. Michaud), CRPF (P. Blanchard, J. Rosa), Inra (A. Ducouso, C. Anger), Cemagref (S. Perret), IDF (Ph. Riou-Nivert, P. Gonin, E. Paillassa).

Guide de gestion des forêts en crise sanitaire

Xavier Gauquelin, Office national des forêts*

Confrontés aux situations exceptionnelles qui perturbent la gestion « normale » des forêts, les forestiers ont réuni leurs expériences et leurs compétences pour transmettre les bons réflexes dans la gestion de crise sanitaire de longue durée. Pour être très concrets, plusieurs cas de crises ont été décrits. Sortir de la solitude, partager l'information, organiser une cellule de crise, communiquer, évaluer les étapes de la crise, ces actions font partie des apports directs de l'expérience des crises précédentes pour permettre aux décideurs actuels et futurs de mieux gérer les crises sanitaires à venir.

Lors d'un atelier organisé les 14 et 15 novembre 2006 par l'Office national des forêts sur l'adaptation de la gestion forestière au changement climatique, a émergé l'idée d'élaborer un guide technique traitant de la gestion de crises sanitaires forestières.

Ce projet, intégré dans le plan d'action de l'établissement sur l'adaptation de la gestion forestière aux changements climatiques, a été mené en associant le ministère de l'Agriculture (Département de la santé des forêts, Louis-Michel Nageleisen), l'Institut national de la recherche agronomique (Nathalie Bréda), le Centre national de la propriété forestière (Olivier Picard) et l'Office national des forêts (Myriam Legay et Xavier Gauquelin pilote du projet).

Pourquoi un tel guide ?

Parmi les conséquences attendues des changements climatiques, la probabilité de voir se développer des crises sanitaires dans les forêts françaises pourrait augmenter significativement, avec des effets particulièrement importants pour les propriétaires fores-

tiers, les gestionnaires et la filière-bois dans plusieurs domaines : patrimoine, organisation et gestion de la forêt, commercialisation des bois, outil industriel, réglementation, communication...

Pour mieux y faire face, ce guide propose des recommandations élaborées sur la base, notamment, des expériences acquises lors de crises sanitaires passées. Il donne ainsi des conseils pour les principaux domaines de la gestion forestière, valables dans la plupart des situations de crise sanitaire.

Il s'adresse à l'ensemble des acteurs forestiers : propriétaires forestiers, décideurs et managers, gestionnaires de terrain, experts, techniciens d'animation et de développement mais aussi services de l'État et de collectivités.

Quel contenu ?

Seules les crises forestières à caractère sanitaire concernant les peuplements forestiers sont abordées dans ce document que l'origine des perturbations soit biotique (attaque de parasites ou de pathogènes) ou abiotique (sécheresse climatique, excès d'eau, gel, ca-

nicule). Ce sont des phénomènes qui s'inscrivent le plus souvent dans la durée (3 à 10 ans environ).

En revanche, les cas de crises correspondant à des événements brusques (incendie de forêt, chablis suite à tempête, bris de glace, avalanche...) ne sont pas traités.

→ Le document insiste sur la surveillance sanitaire des forêts, préalable indispensable à la détection précoce d'attaques parasitaires, de maladies ou de dépérissement. Le rôle important des correspondants-observateurs de la santé des forêts y est clairement réaffirmé : ils sont à l'interface des interrogations des opérateurs de terrain d'une part et de l'expertise du département de la santé des forêts et des chercheurs d'autre part.

→ La mise en place, pendant la durée de la crise, d'une "cellule de crise" figure parmi les recommandations principales : elle est chargée de la stratégie à adopter face aux événements, de la coordination des actions à mettre en œuvre par les différents partenaires et de la communication à assurer.

Cette structure, trop souvent absente, se révèle un outil indispensable au cœur du dispositif permettant de traverser la période de crise de la meilleure façon possible.

→ La nécessité de définir des indicateurs d'entrée en crise s'est imposée : face à une perception souvent variable de la part des différents acteurs, de l'évolution d'une situation par nature instable, l'analyse de critères objectifs permet de mieux situer le processus en cours dans une gradation pouvant mener au diagnostic d'une réelle situation de crise (tableau 1).

Un panel d'indicateurs est proposé, partiellement mobilisables à l'occasion d'une crise précise : en effet, la variabilité des contextes et des phénomènes biologiques ou climatiques à l'origine de perturbations ne permet pas d'identifier LE critère universel d'entrée en crise. Une analyse multi-indicateurs est nécessaire. Pour certains indicateurs, des seuils sont fournis (tableau 2).

→ Un suivi adapté des peuplements atteints mérite parfois d'être réalisé : il est du ressort de la cellule de crise d'en décider. Un écueil à éviter est en effet celui de la dispersion des efforts des partenaires, menant à des études de suivi parfois lourdes et inadaptées. Lorsqu'un tel suivi est décidé, la mise en place de protocoles standardisés s'impose : élaborés par les experts nationaux de la santé des forêts et par les chercheurs, ces protocoles garantis-

sent un suivi statistiquement fiable, réalisé sur la base d'observations pertinentes et structurées de l'état de végétation des peuplements forestiers. Ils font l'objet d'une annexe détaillée.

→ Les principales actions génériques, applicables dans la plupart des situations de crise sanitaire et à mener en phase de crise déclarée sont traitées par le guide. Elles concernent essentiellement :

- l'aménagement forestier en forêt publique ou le plan simple de gestion en forêt privée ;
- le diagnostic des peuplements avant intervention ;
- la désignation des bois à exploiter et leur commercialisation ;
- le rappel des dispositions particulières relatives aux zones sous statut de protection réglementaire (biodiver-

sité, paysage, accueil du public) ;

- la communication à mener par la cellule de crise, aussi bien vers les acteurs forestiers impliqués que vers les relais d'informations externes (presse, audiovisuel).

Une annexe traite de l'apport que la télédétection par photos aériennes ou satellitaires peut fournir, soit pour le diagnostic de l'ampleur d'un phénomène, soit pour le suivi de l'intensité des dégâts apparus.

Le guide de gestion ne peut aborder le détail des actions à mener sur ces nombreux thèmes, actions fortement dépendantes de la nature de chaque crise. De même, les actions prophylactiques ou curatives à mener, propres à chaque parasite ou pathogène ne sont pas évoquées : elles font l'objet d'autres publications figurant dans la bibliographie.

Tableau 1 : gradation des situations possibles lors de l'apparition de perturbations

| | | Type de gestion | Actions principales |
|------------------|---|--|--|
| Gestion courante | pas de perturbation sanitaire marquante | SITUATION VIGILANCE COURANTE la gestion forestière courante s'applique. | Actions programmées par les documents de gestion durable. |
| | Phénomène émergent → premières perturbations | SITUATION VIGILANCE ACCRUE La gestion forestière courante est adaptée à la situation. | - idem ci-dessus. - mise en place d'un suivi d'indicateurs pertinents liés au phénomène émergent. (ex. : suivi des volumes sanitaires récoltés) |
| Gestion de crise | Phénomène installé → impacts importants | SITUATION DE CRISE SANITAIRE Une gestion de crise est nécessaire. | - mise en place d'une cellule de crise (voir chapitre 3 « quels partenaires établir ? ») - mise en œuvre d'actions adaptées à la crise : voir chapitre 6 « Actions opérationnelles ». |

Tableau 2 : seuils de l'indicateur « Taux de produits accidentels récoltés »

| | | Situation de crise ? |
|--------------------|---|---|
| Plaine Montagne | volume cumulé produits accidentels < 10 % récolte normale volume cumulé produits accidentels < 25 % récolte normale | NON situation de vigilance courante |
| Plaine Montagne | 10 % récolte normale < volume cumulé PA < 20% récolte normale 25 % récolte normale < volume cumulé PA < 50 % récolte normale | NON situation de vigilance accrue (gestion courante) |
| Plaine Montagne | volume cumulé produits accidentels > 20 % récolte normale volume cumulé produits accidentels > 50 % récolte normale | OUI |

PA : produits accidentels.

→ Comme celui d'entrée en crise, le diagnostic de fin de crise doit être clairement posé et les acteurs doivent en être informés. La fin de crise correspond soit à un retour à l'équilibre initial des peuplements forestiers, soit à un nouvel équilibre jugé suffisamment stable pour qu'une gestion courante adaptée au nouveau contexte puisse y être mise en œuvre (graphique 1).

La mémoire du déroulement d'une crise et des actions menées est importante à conserver, que leurs résultats aient été jugés positifs ou non. La survenue de crises ultérieures pourra valoriser cette expérience acquise.

Une diffusion réalisée fin 2010

Après deux années de réflexions croisées entre organismes participant à ce projet, le document est diffusé au

Graphique 1 : déroulement théorique d'une crise sanitaire forestière



cours du dernier trimestre 2010, sous la forme d'une brochure et sous un format électronique disponible sur le site Internet du Réseau mixte technologique AFORCE. ■

* Xavier Gauquelin, Office national des forêts
Direction technique et commerciale bois.

Ces travaux ont été menés dans le cadre du Réseau mixte technologique AFORCE, sous la forme d'un groupe de travail inter organismes, associant des personnes issues de la recherche forestière, du développement technique et de la formation, du diagnostic et du suivi des phénomènes de crises sanitaires et de la gestion forestière.

Conception et rédaction principale :

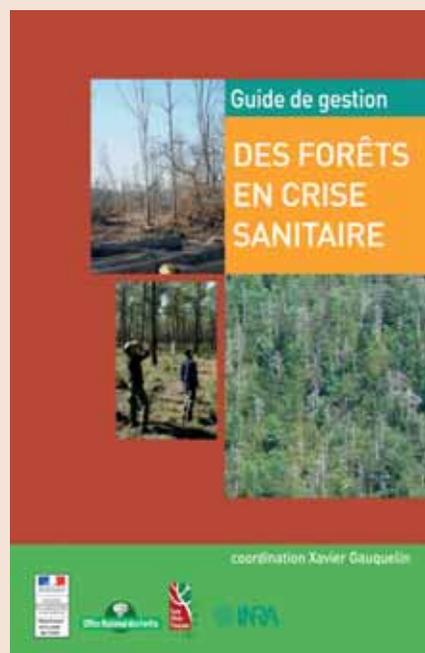
- Nathalie Bréda (Institut national de la recherche agronomique)
- Xavier Gauquelin (Office national des forêts)
- Myriam Legay (Office national des forêts)
- Louis-Michel Nageleisen (ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche ; Département de la santé des forêts)
- Olivier Picard (Institut pour le développement forestier)

Ont également participé à la rédaction du guide :

- Olivier Baubet (Pôle Interrégional Massif central de la santé des forêts),
- Hugues Claessens (Université de Liège ; Gembloux Agro Bio Tech),
- Anne Jolly (Office national des forêts),
- Olivier Huart (Département de la Nature et des Forêts ; Région Wallonie),
- Patrick Léchine (Centre régional de la propriété forestière Franche-Comté),
- Jean-Pierre Ortisset (Centre régional de la propriété forestière Midi-Pyrénées),
- Éric Paillassa (Institut pour le développement forestier).

Ce projet a été conduit grâce au soutien financier de :

- Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche,
 - Département de la santé des forêts,
 - Sous-direction de la forêt et du bois,
- Agence nationale de la recherche (programme DRYADE, ANR-06-VULN-004),
- Institut national de la recherche agronomique,
- Institut pour le développement forestier,
- Office national des forêts,
- Réseau mixte technologique AFORCE.



Résumé

Un guide de gestion des forêts en crise sanitaire rassemble les recommandations et conseils acquis après les expériences récentes, particulièrement les crises sanitaires biotiques (attaques de parasites) ou abiotiques (sécheresse, excès d'eau). La surveillance sanitaire nécessaire, quelques indicateurs d'entrée, de sortie de crise, les actions opérationnelles possibles, les éléments à conserver, ce guide répond à la demande concrète d'un gestionnaire forestier.

Mots-clés : gestion des forêts, crise sanitaire, guide.

De nouveaux projets soutenus par le réseau AFORCE

Céline Perrier, CNPF-IDF

Le RMT AFORCE a sélectionné en 2010, à l'issue de son deuxième appel, une nouvelle vague de projets. La sélection est établie en fonction des objectifs prioritaires du réseau. Associés aux projets sélectionnés en 2009, ils contribuent à répondre à une plus large gamme de besoins.

Pour chacun de ses appels à projets, le RMT AFORCE définit des **priorités d'action** choisies parmi les orientations de travail du réseau ⁽¹⁾. Ces priorités permettent de cibler les **besoins prioritaires** en fonction de l'avancement de la recherche et des connaissances dans le domaine de l'adaptation des forêts au changement climatique, et qui nécessitent un **effort de transfert** particulier. Le réseau a lancé en 2010 un nouvel appel à projet qui a permis d'identifier 4 nouveaux projets (voir p. 34) répondant aux priorités définies dans l'appel. En complément de ces projets, le réseau a également choisi de soutenir une **initiative plus transversale**, couvrant tous les thèmes de travail du réseau et favorisant la mise à disposition de la connaissance ainsi que les démarches partenariales : la mise en route d'un **réseau interrégional collaboratif méditerranéen** consacré à l'observation des impacts du changement climatique et à l'adaptation des forêts méditerranéennes aux modifications qu'ils induisent (voir p. 33).

Le RMT AFORCE oriente le choix des projets qu'il soutient en fonctions de ses orientations. Les projets sélectionnés permettent ainsi de répondre à un certain nombre de besoins identifiés au préalable par le réseau. Cet article a pour vocation de faire le **bilan des objectifs atteints** à ce jour par le réseau pour chacun de ses thèmes de

travail et d'évaluer les **besoins qu'il reste encore à couvrir**.

Stations forestières

Rappel des objectifs

Il existe à ce jour un grand nombre de typologies régionales qui ont pour la plupart été réalisées au cours des années 1980 et 1990. Les paramètres qui caractérisent à ce jour les stations forestières ne tiennent pas compte des évolutions du climat : ils sont définis sous l'hypothèse de conditions climatiques stables. Ces dernières caractérisent non seulement la station mais elles influent aussi sur les autres facteurs qui la déterminent. Il est aujourd'hui nécessaire, compte tenu du changement climatique, de considérer la station comme une entité dynamique et évolutive.

Cette démarche doit s'accompagner d'une révision des outils qui permettent de la déterminer. Ils doivent rester accessibles aux gestionnaires et les guider dans leur choix, dans la limite des connaissances actuelles de l'évolution du climat. L'enjeu est majeur, compte tenu de la répercussion des contraintes affectant la station sur le devenir et la production des essences en place et sur le choix des essences à introduire.



Ficaire (*Ranunculus ficaria* L.).

État d'avancement du thème

Ce thème de travail est l'un des mieux avancés par rapport au programme initial du réseau. C'est aussi celui pour lequel la demande des gestionnaires est parmi les plus fortes. La priorité a été donnée dans les derniers appels à projets, à la caractérisation de la réserve utile en eau du sol qui constitue un élément majeur à prendre en compte dans un contexte de changement climatique, pour prévoir l'évolution la plus probable de la contrainte hydrique et définir ainsi les essences à préconiser. Le projet sélectionné en 2010 constitue, notamment, un essai innovant de regroupement de ces préconisations pour le choix des essences, par habitats et à l'échelle d'une région administrative.

Les deux ateliers organisés en 2009 et 2010 (« Acquisition et utilisation des données météorologiques par les forestiers », données descriptives de la station et « Amélioration des méthodes de description des stations dans le but de mieux comprendre et anticiper le changement climatique ») en lien avec ce thème de travail, devraient permettre aux participants de proposer dans les appels à projets futurs du réseau, des projets collaboratifs répondant davantage aux besoins prioritaires des gestionnaires.

Vulnérabilité des peuplements

Rappel des objectifs

La vulnérabilité d'un individu, d'une population ou d'un peuplement résulte de son incapacité à faire face aux effets défavorables des changements climatiques. Elle est fonction, d'une part, de leur sensibilité et de leur capacité d'adaptation ou de résilience et, d'autre part, de l'importance de ces changements (fréquence, ampleur...). L'appréciation de la vulnérabilité potentielle des peuplements peut per-



Plant de douglas sec.

mettre d'anticiper les évolutions les plus probables des écosystèmes forestiers sous un climat changeant et de prévoir, en conséquence, les actions d'adaptation prioritaires à mettre en œuvre.

Les gestionnaires forestiers ont à ce jour beaucoup d'incertitudes et relativement peu d'outils pour les aider à appréhender la vulnérabilité des peuplements et des principales essences. Le devenir des peuplements en place (potentialité de croissance, risque de dépérissement, mortalité, capacité d'adaptation...) et les types de peuplements et d'essences à privilégier sont pourtant des informations déterminantes pour influencer les stratégies d'aménagement futures.

L'appréciation de la vulnérabilité des peuplements et des essences doit être réalisée à des échelles différentes et en tenant compte des limites des connaissances, des performances des modèles climatiques mis en œuvre et des scénarios climatiques disponibles.

État d'avancement du thème

Un travail conséquent a été réalisé en 2009 ⁽²⁾ sur le **bilan hydrique**, en étroite collaboration avec les projets portant sur la réserve utile. L'outil proposé est une avancée importante pour les gestionnaires et le résultat d'un travail de transfert progressif et adapté aux besoins de connaissance des praticiens sur les flux hydriques dans les peuplements. Le projet sélectionné en 2010 devrait permettre une nouvelle avancée sur ce thème.

En 2010, l'amélioration des connaissances sur l'**autécologie des essences** (synthèse de l'existant, analyse rétrospective, modification des aires de répartition...) a été définie comme une des priorités principales pour ce thème de travail. L'atelier consacré aux méthodes de description des stations forestières a conforté cette nécessité de concentrer les efforts sur ce thème.



Plant de cèdre en godet.

Ressources génétiques

Rappel des objectifs

Les dépérissements constatés après la sécheresse de 2003 dans les peuplements actuels ont renforcé les interrogations des chercheurs et gestionnaires sur la capacité de résistance et de reproduction des essences en place. Il est apparu prioritaire d'améliorer les connaissances sur leur autécologie, leur plasticité phénotypique et leur potentiel d'adaptation, voire de migration et de préserver certaines ressources génétiques fragilisées par le changement climatique dans leur aire actuelle mais potentiellement intéressantes pour l'avenir dans d'autres régions. Les sylviculteurs ont en effet rapidement besoin de conseils pour la régénération des peuplements en place, qu'elle soit naturelle ou artificielle.

État d'avancement du thème

Le premier projet sélectionné a permis de faire avancer la part du programme de travail consacrée à l'optimisation des travaux de plantations comparatives. Il est réalisé en

étroite collaboration avec l'action PLANTACOMP menée par l'Inra, qui vise à mutualiser les données issues des sites expérimentaux qui comparent les provenances génétiques et le projet REINFFORCE qui est un programme d'implantation d'arborea sur la façade atlantique européenne. Le second projet sélectionné par le réseau s'intègre dans le recensement et l'organisation de l'information relative aux dispositifs comparatifs (tests génétiques, de variétés, familles, provenances, clones) déjà installés par les différents organismes de recherche et de développement forestiers français pour aboutir à des préconisations et des recommandations pour les essences, à destination des gestionnaires.



Croissance et sylviculture

Rappel des objectifs

Compte tenu de l'évolution annoncée des contraintes climatiques, la plupart des peuplements en place aujourd'hui devront affronter des modifications plus ou moins fortes de leurs condi-

tions de croissance, avant la fin de leur cycle de production. Il est donc nécessaire de prendre en compte dès maintenant les risques potentiels pour les essences en place et de revoir en conséquence la conduite des peuplements. Une sylviculture préventive devra ainsi être privilégiée pour réduire la vulnérabilité potentielle des peuplements : amélioration de l'économie en eau des peuplements, adéquation de l'essence avec la station... Les peuplements jugés trop vulnérables devront, quant à eux, faire l'objet de mesures d'adaptation pour anticiper d'éventuelles crises brutales ou des dépérissements. Les techniques de renouvellement des peuplements devront également être reconsidérées, en tenant particulièrement compte des contraintes hydriques pouvant survenir plus fréquemment à l'avenir lors de l'installation.

État d'avancement du thème

Le programme de travail établi pour cette thématique est particulièrement conséquent. Le projet sélectionné au cours de la première année d'activité du réseau répond à une attente forte

des gestionnaires. Pour la deuxième année, l'accent a été mis sur :

- la simulation et la comparaison de différents itinéraires sylvicoles prenant en compte les variables climatiques,
- les techniques de plantation et de régénération, tenant compte des différences de résistance au stress hydrique selon l'espèce,
- l'influence de différentes méthodes de conduite de peuplements (gestion du sous-étage ligneux, réduction de la densité, augmentation de la diversité d'espèces...) sur la compétition pour l'alimentation en eau dans les peuplements.

Ces trois priorités ont fait l'objet de propositions à l'appel à projets 2010. Seul un projet a finalement pu être sélectionné. Il traite des 2 premières priorités. Un effort particulier sur ce thème de travail est attendu en 2011 pour tenter de proposer davantage d'options sylvicoles concrètes aux gestionnaires.



Économie

Rappel des objectifs

Les scientifiques confirment que le changement climatique pourra se traduire au cours des prochaines décennies à la fois par des changements dans les moyennes climatiques et par une modification de la fréquence et de l'ampleur des événements extrêmes. C'est dans ce contexte incertain que les gestionnaires doivent parvenir à prendre des décisions pour partie irréversibles, telles que le choix d'espèces ou de variétés, qui auront des implications à long terme, compte tenu de la durée du cycle de production de la plupart des essences. Dans ce contexte, les méthodes classiques de gestion actuarielle du risque ne sont pas suffisantes. Des outils nouveaux qui valorisent explicitement la



P. Beaudesson, CNPF

Débardage.

flexibilité des différentes options, fondés par exemple sur les conceptions de valeur d'option, doivent être introduits et utilisés.

État d'avancement du thème

Le RMT a suivi de près en 2008 et 2009 l'étude sur l'évaluation des impacts du changement climatique, l'adaptation et les coûts associés aux horizons 2030, 2050 et 2100 confiée à l'ONERC (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique). L'implication de certains de ses membres dans le groupe thématique « Forêt » a permis la restitution au reste des membres des résultats de cette étude.

Il n'y a pas eu pour le moment de propositions de projets portant exclusivement sur ce thème de travail. Il est important de noter, en revanche, que certains des projets qui ont été sélectionnés par le RMT intègrent des évaluations économiques des décisions de gestion. L'année 2011 sera consacrée à tenter de faire avancer la réflexion sur ce thème de travail et à identifier les éventuels freins à l'élaboration de projets.

Pour préparer au mieux les forêts au changement climatique, des outils d'aide à la décision sont nécessaires. Ils doivent être révisés régulièrement en fonction de l'évolution des connaissances. Les projets soutenus par le RMT AFORCE vont permettre de répondre à certains des besoins des ges-

Constitution d'un réseau collaboratif interrégional pour observer et anticiper le changement climatique en forêt méditerranéenne

La région méditerranéenne est, sans doute plus qu'ailleurs, affectée par le réchauffement climatique. Elle peut, à ce titre, mais aussi dans le cadre des changements globaux, être considérée comme annonciatrice de l'évolution de l'ensemble des forêts françaises.

Les propriétaires et gestionnaires d'espaces forestiers se posent de nombreuses questions et sont dans l'attente de conseils validés pour adapter leurs peuplements à l'évolution du climat. Dans ce contexte, il est primordial d'assurer une diffusion efficace des connaissances sur le sujet, entre monde de la recherche et monde de la gestion. Forte de son expérience d'échanges et de mise en relation des différentes catégories d'acteurs, et du succès d'une première série de journées organisées en 2007 sur le sujet, l'association Forêt Méditerranéenne, propose (à la demande de ses partenaires) de mettre en place un réseau collaboratif sur ce thème, spécifique à la région méditerranéenne. Une pré-étude menée en 2009 a précisé la demande des partenaires : « le réseau devra être avant tout une base de connaissances reconnues et validées, puis un outil de communication entre, notamment, chercheurs et gestionnaires ». Le thème prioritaire en sera l'anticipation et l'adaptation des peuplements au changement climatique. Pour 2010, le projet comprend l'organisation d'un colloque, pour porter à la connaissance du public les nouveaux acquis (depuis 2007) de la recherche en la matière et pour formaliser la mise en place du réseau méditerranéen. Le projet s'insère également dans le programme européen Med FOR CLIMADAPT et bénéficie ainsi des apports d'autres pays méditerranéens sur l'adaptation des forêts au changement climatique.

Mots-clés : réseau méditerranéen, transfert des connaissances, coopération

Coordinateur : Denise AFXANTIDIS, Forêt Méditerranéenne

tionnaires. Pour continuer à répondre aux attentes et interrogations du terrain, le RMT a proposé en 2010 un nouvel appel à projets dont les résultats sont attendus pour 2012. ■

(1) Les orientations du réseau sont consultables sur le site internet du RMT AFORCE ainsi que dans le n° 186 (mai 2009) de Forêt-entreprise.

(2) Voir les résumés des projets de l'appel à projets 2009 dans le n° 186 de Forêt-entreprise p. 59-63.

Résumé

Le réseau AFORCE sélectionne chaque année de nouveaux projets en lien avec ses orientations de travail. Les projets soutenus en 2010 ont permis de répondre à de nouveaux besoins des gestionnaires :

- choix des essences à privilégier en région Centre, pour faire face au changement climatique,
- cartographie de la contrainte hydrique des écosystèmes forestiers,
- choix du matériel génétique à privilégier au sein du genre *Abies* pour faire face aux changements climatiques,
- recommandations pour la conduite des peuplements de cèdre.

En complément, le réseau soutient des actions transversales : mise en place d'un réseau collaboratif interrégional pour observer et anticiper le changement climatique en région méditerranéenne.

Mots-clés : RMT Aforce, projets 2010, changement climatique, outils d'aide à la décision.



Tas de billes.

Stations forestières

Un guide pour le choix des essences basé sur les habitats et couvrant toute la région Centre

La région Centre dispose de nombreux catalogues de station de qualité, mais les conseils sylvicoles et de choix des essences y sont limités. Par ailleurs, ils n'intègrent pas la notion d'évolution du climat. Il a été décidé de faire une synthèse de ces catalogues de station et sur l'adéquation essence-station, en y intégrant l'aspect changement climatique.

Les habitats forestiers ont été choisis comme langage commun pour faire le premier lien entre les différentes stations de la région. Ils ont l'avantage de prendre en compte les grandes influences climatiques, les différences de régime hydrique, la dynamique de la végétation et incitent à réfléchir à la capacité de résilience des milieux forestiers. Ils peuvent avoir une large amplitude écologique et sont divisés en variantes, chacune correspondant à une contrainte sylvicole. Ces dernières formeront les futures unités stationnelles du guide simplifié.

Une synthèse sur les contraintes stationnelles et sur la gestion de la végétation concurrente sera faite. Elle intégrera des conseils sur le renouvellement des peuplements et sur la gestion du mélange d'essences. Elle va chercher à intégrer l'impact de ce changement, tout en s'adaptant à la réalité des peuplements auxquels on est confronté et des moyens économiques disponibles. Ce travail débouchera sur un guide simplifié qui donnera des directives de gestion à court terme en lien avec le changement climatique répondant en cela aux attentes des propriétaires et des gestionnaires et en minimisant la prise de risque.

Mots-clés : habitats, adaptation, gestion durable

Coordinateur : *Éric Sevrin, CRPF Centre*

Organismes partenaires

Recherche et enseignement : *AgroParisTech/Engref, Cemagref*

Développement : *ONF et CNPF/IDF*

Gestion : *Expert forestier*

Croissance et sylviculture

Installation et conduite des peuplements de Cèdre pour faire face au changement climatique

Résistant à la sécheresse, doté d'une bonne croissance et d'une bonne valeur économique, le cèdre apparaît comme un recours intéressant face au réchauffement climatique. De récents dépérissements ont pourtant été constatés dans des arboretums au nord de la Loire.

Ce projet vise à profiter de l'expérience acquise en région méditerranéenne et tirer les enseignements des essais d'installation dans le nord de la France pour synthétiser ces connaissances et les mettre à disposition des gestionnaires forestiers sous forme d'une plaquette d'information et de recommandations.

En région méditerranéenne, les peuplements actuels risquent d'être très exposés. Il convient aussi de définir une sylviculture adaptée permettant d'assurer aux peuplements existants et à venir une meilleure résistance au stress hydrique.

On analysera des données annuelles de croissance et de symptômes (mortalité, écoulements de résine) liés à la sécheresse issues de deux dispositifs sylvicoles expérimentaux de la région méditerranéenne mesurés depuis 20 ans. On précisera l'influence d'itinéraires sylvicoles (éclaircies et élagages) très contrastés et parfaitement contrôlés, sur la capacité des peuplements de surmonter des stress hydriques importants. Ces résultats permettront de proposer une sylviculture adaptée au risque de sécheresse. Simulée à l'aide du modèle Cèdre sous Capsis*, cette sylviculture sera présentée dans la plaquette sous ses aspects techniques et économiques.

Mots-clés : cèdre, sylviculture, climat

Coordinateur : *François Courbet, Inra d'Avignon*

Organismes partenaires

Recherche et *Inra d'Avignon (URFM et Biosp)*

Enseignement : *Cemagref*

Développement : *CRPF PACA*

CRPF Languedoc-Roussillon
ONF et CNPF/IDF

Vulnérabilité des peuplements

Cartographie de l'évolution de la contrainte hydrique en contexte de réchauffement climatique

Les outils permettant le choix des essences, comme les catalogues de stations forestières, ne prennent traditionnellement pas en compte les effets potentiels du changement climatique. Or, une forte demande se fait sentir lors de la création de guides ou de nouveaux catalogues, ou lors de la mise à jour des documents existants.

La contrainte hydrique, analysée à travers le calcul d'un bilan hydrique, est reconnue à la fois comme étant **un des facteurs les plus importants** vis-à-vis de la ressource forestière, et probablement **l'un des plus affectés** par le changement climatique. Cependant, son estimation, qui se fait traditionnellement à l'échelle de la placette, est très coûteuse, rendant cette approche impossible sur de vastes échelles.

Aussi nous proposons d'**estimer les bilans hydriques à l'échelle régionale selon une approche cartographique**, qui permet également de quantifier les évolutions futures selon les hypothèses de réchauffement climatique du GIEC (IPCC, 2007). Nous proposons de sélectionner un **indice synthétique** issu de ce calcul, permettant de cartographier l'eau disponible pour les plantes pour la période 1961-1990 et l'évolution de la contrainte hydrique entre 1961-1990 et 2041-2070. Nous évaluerons la **pertinence de cet indice**, ainsi que l'intérêt et les limites de son utilisation afin d'intégrer l'impact potentiel du réchauffement climatique pour le choix des essences.

Mots-clés : bilan hydrique, carte numérique, choix des essences

Coordinateur : *Christian Piedallu, AgroParisTech/Engref*

Organismes partenaires

Recherche et Enseignement : *AgroParisTech/Engref*

Développement : *CRPF Lorraine-Alsace*

CRPF Champagne-Ardenne
ONF

Ressources génétiques

Quelles ressources génétiques au sein du genre *Abies* pour faire face aux changements climatiques

Les changements globaux vont fortement impacter le fonctionnement des écosystèmes forestiers. Des études ont montré que la production forestière pouvait être stimulée par l'augmentation du CO₂ ou celle de la durée de végétation. Mais scientifiques et gestionnaires craignent aussi que **l'augmentation du stress hydrique** comme des **perturbations biotiques** aient des conséquences néfastes sur la santé des forêts. Des baisses de production comme une augmentation des dépérissements sont d'ailleurs déjà signalées dans la zone méditerranéenne.

L'équipe travaille déjà depuis 4 ans sur le **dépérissement de la sapinière** dans l'arrière pays méditerranéen dans le cadre du projet Dryade.

L'objectif de ce projet est de compléter nos résultats actuels qui concernent les causes biotiques et abiotiques de la mortalité par une **analyse de la variabilité de vulnérabilité au sein du genre *Abies*** (entre espèces et entre provenances au sein d'*Abies alba*) face au stress hydrique. Pour cela, nous voulons ré-analyser et synthétiser les résultats issus des tests de provenances en France. Des mesures complémentaires (carottes, hauteur) seront effectuées pour compléter notre connaissance.

Deux objectifs sont ciblés : le premier est de déterminer **quelles mesures et quel échantillonnage seraient à faire dans le futur** sur les plantations comparatives pour analyser les différences de vulnérabilité aux aléas climatiques. Le second est la rédaction d'une synthèse des résultats actuels pour déterminer des **recommandations pour les gestionnaires en ce qui concerne le choix de matériel**.

Mots-clés : sapin, sapin méditerranéen, vulnérabilité, provenance

Coordinateur : *Hendrik Davi, Inra d'Avignon*

Organismes partenaires

Recherche et Enseignement : *Inra Avignon (URFM)*

Inra Nancy (EEF et UEFL)

Inra Orléans
ONF et CNPF/IDF

*Capsis est un simulateur de croissance d'arbres en peuplements (Inra) avec élaboration d'itinéraires sylvicoles. Il permet de simuler et comparer des scénarios sylvicoles (étapes de croissance ou éclaircie) définis par l'utilisateur: densité initiale, fertilité stationnelle, type et nature des interventions, etc.

Bilan à mi-parcours des actions du RMT AFORCE

Céline Perrier, Olivier Picard, CNPF-IDF

Le RMT AFORCE réalise un premier bilan à mi-parcours de sa labellisation et s'interroge sur la pertinence de ses actions. Évalué au printemps 2010, plusieurs voies d'améliorations ont ainsi été identifiées. Elles ont permis de fixer des objectifs pour 2011, en adéquation avec les attentes prioritaires des praticiens.

Les actions engagées

Pour initier le transfert et la production d'outils d'aide à la décision pour les gestionnaires, le RMT AFORCE a lancé deux appels à projets et a soutenu le montage de 11 projets, dont deux par le biais d'une labellisation (1). Pour inciter aux échanges entre professionnels travaillant sur la thématique de l'adaptation des forêts au changement climatique, un séminaire de lancement et deux ateliers ont été organisés. Ces réunions ont informé sur les innovations, fait progresser la réflexion sur les axes de travail du réseau et ont encouragé l'incubation de nouveaux projets. Elles ont porté sur :

→ atelier 1 : acquisition et utilisation des données météorologiques intéressantes pour les forestiers. Mise en garde sur les précautions à prendre lors de leur utilisation et de leur interprétation.

→ atelier 2 : évolutions récentes en matière de caractérisation des stations : évaluation des besoins des gestionnaires et de leur évolution dans la perspective du changement climatique. Les objectifs du RMT AFORCE évoluant en fonction des besoins des praticiens, un appel à idées a été lancé afin de **faire remonter toute les attentes des gestionnaires** concernant cette thématique de travail et d'adapter les actions du réseau en conséquence. Dans le même esprit, une enquête a été mise en œuvre, en amont de l'atelier 1, pour mieux connaître l'utilisation des données météo par les

partenaires du réseau.

Enfin, pour **mettre à disposition l'information** relative à l'adaptation des forêts au changement climatique, un site internet a été créé (2). Il hébergera à terme les différents outils réalisés dans le cadre du réseau.

L'évaluation du RMT

Lors de sa création en 2008, le RMT AFORCE a été labellisé pour 3 ans par le Comité scientifique (CS) de l'APCA(3). L'ensemble des réseaux mixtes technologiques sont ainsi labellisés et amenés à être **évalués à mi-parcours** de leur durée de labellisation. Cette évaluation, commanditée par la DGER (4), s'est déroulée pour le RMT AFORCE au printemps 2010. Elle permet de bénéficier d'un regard extérieur et d'une **analyse pertinente** sur les actions du réseau et sur les orientations qui ont été choisies. Le RMT AFORCE, qui bénéficie d'une grande **souplesse d'action**, peut alors ajuster ses programmes et objectifs en conséquence pour améliorer ses performances. Certains des points soulevés ont concerné des demandes de clarification notamment sur le fonctionnement spécifique des appels à projets, particularité du RMT AFORCE. Les autres remarques ont porté sur les **évolutions possibles et nécessaires** du champ d'action du réseau : ouverture à l'international, développement d'actions prospectives en marge du RMT, renforcement de la place de l'enseignement et des chambres



Séminaire de mi-parcours du RMT AFORCE.

d'Agriculture au sein du réseau, incitation à la mise en œuvre de projets dans le domaine socio-économique. L'ensemble de ces remarques a contribué à la définition des **priorités d'action** pour l'année 2011.

Les objectifs 2011

Plusieurs objectifs de travail sont fixés pour 2011, suite aux propositions d'améliorations faites lors de l'évaluation du réseau et du bilan de mi-parcours. Le réseau souhaite mettre une priorité d'action :

- sur le thème de l'**autécologie des essences** pour parvenir à identifier les essences d'avenir en fonction de l'évolution la plus probable des milieux,
- sur l'**évaluation économique des décisions de gestion**, réflexion nécessaire au maintien de la fonction de production des forêts.

Les productions dans ces deux domaines pourront prendre soit la forme d'un atelier soit celui d'un projet. L'appel à projet du réseau est maintenu mais

portera sur moins de thèmes que par le passé. Malgré toutes les critiques suscitées par les faibles moyens financiers consacrés à la mise en œuvre de projets de valorisation de résultats scientifiques, le RMT AFORCE propose un des rares appels à projets, voire le seul, consacré à la R & D et à la valorisation qui associe étroitement la recherche et la gestion.

L'accent sera mis ensuite sur une amélioration des collaborations entre le RMT et l'enseignement technique forestier permettant de réduire leur isolement du reste de la communauté scientifique et technique, dû en partie à la faiblesse des moyens mis à leur disposition, et de faciliter leur accès à la formation et l'information sur la thématique du changement climatique. Une volonté réciproque de mettre en œuvre des actions conjointes s'est exprimée dans les différents rencontres ayant eu lieu au cours de l'année 2010. Les enseignants ont souligné la difficulté d'enseigner l'incertitude à des élèves qui recherchent des vérités et quelquefois des recettes toutes faites. Plusieurs axes de collaboration sont déjà identifiés :

- participation des membres du RMT à la révision des programmes de Bac Pro et BTS Gestion forestière en cours,
- identification des moyens d'accès pour les enseignants à la littérature scientifique et de vulgarisation,
- constitution d'un portefeuille de stages à destination des élèves,
- organisation des visites de sites expérimentaux et de sessions de formation pour les enseignants...

Le lien avec les chambres d'Agriculture pourra quant à lui être renforcé par le biais du montage d'un projet commun dont le thème est encore à définir (agroforesterie, gestion des arbres de bocage...).

Enfin, pour étendre son champ d'action et bénéficier de l'expérience d'autres pays dans le domaine de

l'adaptation des forêts au changement climatique, le réseau tentera de s'ouvrir à l'international et d'identifier les actions similaires au RMT AFORCE mises en œuvre à l'étranger.

Premier retour sur les actions du réseau

Après deux années de fonctionnement, le RMT AFORCE a organisé son séminaire de mi-parcours le 29 septembre 2010, à l'Engref (Paris) rassemblant une centaine de professionnels : décideurs, gestionnaires, chercheurs, développeurs, enseignants, etc... L'objectif de cette journée était de dresser un bilan à mi-parcours des actions du réseau. Une partie de la journée a donc été consacrée à la présentation des projets soutenus par le RMT AFORCE dans le cadre de ses appels à projets 2009 et 2010, permettant de porter à connaissance les premiers outils produits ⁽⁵⁾ et qui seront très prochainement disponibles. La présentation de l'évaluation des actions du réseau, le bilan de ses activités mettant en évidence les bénéfices, les limites et les voies d'améliorations possibles, et l'exposé des orientations pour 2011 ont suscité de fructueuses discussions avec les participants. Ce séminaire a été pour le réseau une occasion de faire connaître ses actions et de susciter les échanges entre les personnes concernées par la thématique de travail du réseau. Il a surtout été l'occasion d'avoir un premier retour de ce public concernant ce qu'il a entrepris depuis son lancement et les nouvelles directions qu'il s'appête à prendre.

Conclusion

Après deux ans d'existence, le réseau soulève toujours autant d'enthousiasme qu'à son lancement. Les réunions et séminaires organisés rassemblent un nombre et une diversité de personnes quasi constants. Malgré le

peu de moyens alloués, l'efficacité et la qualité des actions entreprises sont reconnues. Le challenge de faire beaucoup et bien avec peu de moyens semble avoir été relevé.

L'investissement et la volonté de l'ensemble des partenaires et des professionnels investis dans les projets est le principal facteur de cette réussite.

En seulement 2 ans, le réseau a grandement contribué à faire avancer les réflexions sur la manière de préparer les forêts au changement climatique. Il a joué d'une part le rôle de déclencheur, permettant de transférer des résultats de la recherche ou de faire connaître et valider des projets émanant du terrain qui n'auraient pas, sans un petit coup de pouce, été valorisés. Il a joué d'autre part un rôle fédérateur, engendrant une cohésion entre les partenaires, les incitant à travailler ensemble pour créer une véritable dynamique de groupe.

La souplesse d'organisation du réseau, son approche pluridisciplinaire et la complémentarité recherche et développement de ses partenaires constituent sa plus grande force. Cette nouvelle façon de travailler permet une évolution progressive des actions pour être en meilleure adéquation possible avec les attentes du terrain encore nombreuses. ■

(1) Voir le détail des projets dans les articles p. 34

(2) <http://www.foretriveefrancaise.com/aforce>

(3) Assemblée permanente des chambres d'Agriculture.

(4) Direction générale de l'enseignement et de la recherche.

(5) Voir les articles de ce dossier.



Climator, simulations d'impacts du changement climatique

Nathalie Bréda*, Vincent Badeau* et Alexandre Bosc**, Inra

La floraison précoce des arbres fruitiers et des vignes est un des effets déjà perceptible de l'impact du changement climatique sur l'agriculture et la forêt en France. Quelles sont les risques et les opportunités pour les systèmes de culture et la forêt face aux modifications climatiques régionales ? Quelle est la vulnérabilité à prévoir d'un système pérenne comme la forêt ? Quelles sont les incertitudes autour des scénarios actuels ?

Avec l'objectif de répondre à la question de l'impact des changements climatiques à venir sur les différents systèmes de cultures et sur les forêts, le projet Climator a permis d'élaborer des méthodes d'analyse, basées sur des simulations climatiques couplées, à partir de 15 modèles agronomiques et forestiers. Sans conclure à un impact uniforme sur les cultures, les chercheurs montrent que l'augmentation de la température et de la concentration en CO₂, et la diminution des précipitations auront une influence sur plusieurs facteurs déterminants pour les cultures, les forêts et l'environnement (alimentation des nappes phréatiques en particulier).

Les résultats publiés sont le fruit du croisement de modèles climatiques et de modèles agronomiques et forestiers déclinés pour trois scénarios différents d'émission anthropique de gaz à effets de serre, sur deux périodes : le futur proche (2020-2049) et le futur lointain (2070-2099) en référence au passé récent (1970-1999). **Les modélisations réalisées sont à vocation prospective et non prévisionnelle.** Des variables climatiques entrent dans la modélisation simulant le fonctionnement des cultures. Les variables des modèles agronomiques concernent la production (rendement, date de récolte, besoins d'intrants,...) et d'environnement (restitution d'eau, stockage de matières organiques).

Les simulations de l'évolution du climat de 2000 à 2100 sont réalisées en combinant 3 scénarios d'émission (A1B, A2 et B1), 5 modèles climatiques dont le modèle régional français Arpège, 3 méthodes de descente d'échelles, 2 ou 3 modèles culturels et en faisant varier les espèces, types de sols et modes de conduites.

L'ensemble de ces projections climatiques convergent vers :

- un réchauffement moyen de l'ordre de 1,6 °C (puis 3 °C) pour l'ensemble des stations, pour la période 2020-2050 (2070-2100),
- une forte diminution des précipitations au printemps et en été en particulier sur le sud-ouest,
- une augmentation du rayonnement, un bilan hydrique de plus en plus déficitaire,
- des différences régionales et locales importantes.

Présentation du projet

Climator est un projet de recherche financé par l'Agence nationale de la Recherche dans le cadre de son programme « Vulnérabilité, Milieux et Climats ». Il a mobilisé, pendant 3 ans (2007-2010), 17 équipes de 7 instituts associant de nombreuses disciplines : climatologie, agronomie, écophysiologie, bioclimatologie, science du sol. Le projet Climator produit des méthodes et des résultats sur les incertitudes autour des impacts régionalisés du changement climatique pour des systèmes cultivés variés (blé, tournesol, maïs, colza) et des systèmes pérennes (prairie, forêt, banane, canne à sucre et vigne). Treize sites représentatifs des climats des grandes régions agricoles françaises (Avignon, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Colmar, Dijon, Mirecourt, Mons, Lusignan, Rennes, St Etienne, Toulouse, Versailles, la Guadeloupe) ont été étudiés à partir des séries climatiques trentennaires (1970-2000). Nadine Brisson, directrice de recherche à l'unité Agroclim de l'Inra à Avignon, est coordonnatrice du projet. Les résultats du projet de recherche Climator sont publiés dans un Livre Vert, destiné aux responsables agricoles et forestiers. Le Livre Vert est disponible auprès de l'Ademe, les centres Inra, des chambres régionales d'Agriculture et des centres régionaux ARVALIS, ainsi qu'en s'adressant directement aux partenaires du projet (cf. liste sur http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/changement_climatique/climator_questions_a_nadine_brisson).

Un cours en ligne est destiné à l'enseignement sur le site : http://www.avignon.inra.fr/cours_en_ligne_climator/

Sources d'incertitudes et de variabilité

La quantification des effets du changement climatique sur des systèmes agricoles ou forestiers est contrainte par les nombreuses sources d'incertitudes et de variabilité, liées au climat futur, aux systèmes agronomiques, à leur représentation par un modèle, à la localisation géographique des sites étudiés, aux propriétés des sols, aux itinéraires techniques. Les incertitudes renvoient à un blocage des connaissances actuelles, soit de façon irréductible (cas des scénarios d'émission de gaz à effet de serre), soit de façon réductible car liées à des connaissances actuelles insuffisantes (cas des modèles climatiques, des méthodes de régionalisation, des modèles d'impacts). Les sources de variabilité sont soit subies (variabilité des sols et des sites géographiques étudiés), soit des choix possibles pour la conduite des cultures (choix des variétés, des provenances, des itinéraires techniques).

Les évolutions climatiques peuvent modifier : les stades phénologiques ; les conditions hydriques des plantes ; la santé des espèces ; le stockage de carbone dans les sols ; le développement et la gravité des maladies ; la localisation géographique des cultures ; etc.

Les particularités de la forêt par rapport aux autres cultures

Actuellement, la forêt française est localisée sur les sols les plus contraignants, en termes de fertilité minérale ou de contraintes physiques (Badeau *et al.*, 1999). Les déterminants climatiques de la croissance des arbres sont étudiés depuis longtemps, par l'analyse rétrospective des relations cerne-climat (dendroclimatologie). Pour la forêt et la filière bois, les enjeux face à un climat en évolution concernent la vulnérabilité des essences et leur capacité d'adaptation, le maintien de leur productivité et de leur contribution au cycle de l'eau et du carbone.

Les essences forestières métropolitaines réagissent favorablement pour le moment à l'augmentation en CO₂ atmosphérique constaté depuis 1950. Cela a pour effet de stimuler leur photosynthèse et par voie de conséquence, leur croissance. De par leur pérennité, les arbres stockent de manière plus durable le CO₂ atmosphérique que les espèces herbacées ou cultures annuelles. Le CO₂ atmosphérique provoque une régulation de

transpiration chez certaines essences comme le chêne (effet anti-transpirant) qui leur confère un avantage en situation d'interaction fort CO₂ x sécheresse par rapport aux espèces chez qui cet effet n'existe pas, comme le pin maritime ou le hêtre.

Le protocole de simulations Climator pour les forêts

Les impacts du changement climatique sur la forêt française ont été appréhendés à travers un ensemble de simulations reposant sur :

- le scénario A1B, le modèle climatique Arpège et la mise en comparaison de 3 méthodes de régionalisation,
- trois modèles de culture préexistants et déjà éprouvés, ayant des approches spécifiques et complémentaires :
 - BILJOU, modèle fonctionnel de bilan hydrique par peuplement (Granier *et al.*, 1999),
 - GRAECO, modèle fonctionnel qui couple eau, carbone, croissance et gestion sylvicole (Loustau et Bosc, 2005),
 - EVOLFOR, modèle statistique d'évolution de présence d'essences (Badeau *et al.*, 2010),
- trois types de couverts :
 - feuillus,
 - conifères à fort indice foliaire (sapin, épicéa, douglas),
 - plantation de pin maritime avec un sous-étage herbacé,
- 12 sites et cinq types de sols fores-

tiers avec des réserves utiles comprises entre 100 et 230 mm,
- le climat, analysé sur trois fenêtres temporelles (passé récent PR, futur proche FP, futur lointain FL).

Ce mode opératoire a été conçu pour analyser les incertitudes liées aux divers scénarios d'émission, aux différentes méthodes de régionalisation des modèles climatiques, au site géographique, au type de couvert, aux modèles d'impacts, aux types de sol.

Les simulations réalisées en croisant ces différentes composantes ont ainsi permis de **quantifier et hiérarchiser les sources d'incertitudes sur :**

- les bilans hydriques (intensité du déficit hydrique, restitution d'eau au milieu et consommation en eau), de l'impact sur :
- les rendements,
- la distribution de quelques essences ou groupes d'essences.

Bilan hydrique

L'une des principales caractéristiques des changements climatiques serait la diminution des précipitations et l'augmentation des épisodes de sécheresse. La contrainte hydrique a été caractérisée par le déficit hydrique du sol cumulé sur la saison de végétation chez les feuillus ou sur l'année pour les conifères. Ce déficit est calculé comme la somme des écarts entre le contenu en eau relatif de chaque jour et 40 % de la RU (Granier *et al.*, 1999). Les simulations réalisées dans le cadre de Climator laissent apparaître que l'intensité du déficit hydrique augmente au cours du temps, quels que soient le sol, la projection climatique et le site (*figure 1*). Cette dégradation du bilan hydrique des forêts est particulièrement marquée pour les forêts de conifères à forts indices foliaires (*figure 1 à droite*) et ceci dès le futur proche. À noter que la recharge en eau des sols est meilleure dans les forêts de feuill-

lus décidus qui bénéficient d'une restitution plus importante au milieu en dehors de la période de végétation, quand il n'y a plus de feuillage. Les analyses ont également mis en évidence une tendance à la réduction progressive jusqu'en 2100, de la consommation en eau des peuplements étudiés, liée aux régulations induites par les sécheresses qui affecteront en retour la fixation du carbone.

Rendement

Les impacts du changement climatique sur le rendement ont été étudiés pour le pin maritime. Les résultats montrent des pertes significatives de rendement pour tous les sites (sauf Mirecourt au futur proche). Ces pertes relativement faibles au futur proche (- 4,6 % en moyenne) s'aggravent au futur lointain (-11 % en moyenne). Ces résultats sont en premier ordre conditionnés par l'augmentation des températures annuelles moyennes puis par la baisse de la pluviométrie (figure 2). Ces deux facteurs climatiques concourent, en effet, à un stress hydrique des arbres en augmentant la demande évaporative de l'air et en baissant la disponibilité en eau du sol. Pour maintenir un état hydrique correct, les arbres limitent alors leur transpiration (fermeture des stomates et réduction de la surface foliaire) ce qui a pour conséquence négative de limiter leur photosynthèse et au bilan le rendement. L'augmentation de la concentration en CO₂ peut finalement être considérée comme la seule modification du climat se traduisant par un effet positif sur le rendement des peuplements. Pour le pin maritime, bien que les valeurs de perte de rendement apparaissent dépendantes de la méthode de descente d'échelles du climat, les trois méthodes convergent pour indiquer une évolution négative de la productivité de cette essence.

Figure 1 : évolution de l'intensité du déficit hydrique pour une forêt de feuillus (à gauche) et une forêt de conifères (à droite), pour le passé récent (A), le futur proche (B)

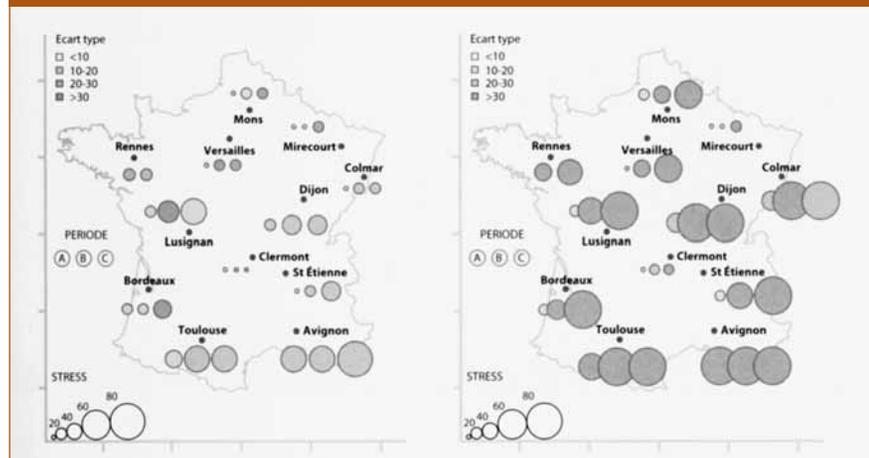
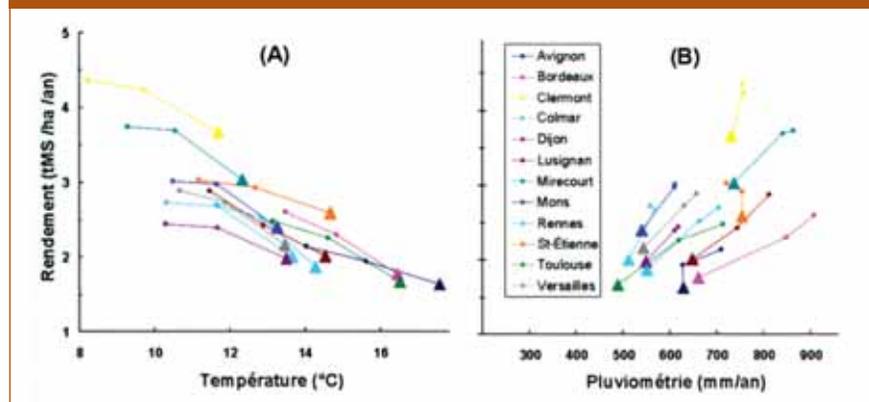


Figure 2 : évolution, sur les 12 sites (scénario A1B, méthode de régionalisation QQ, Sol 3) du rendement du pin maritime (FCM) en fonction de la température moyenne (A) et de la pluviométrie annuelle moyenne (B). Pour chaque station, les trois points reliés représentent les 3 périodes Passé récent (PR*), Futur proche (FP*) et Futur lointain (FL*), où FL est représenté par le triangle



Distribution des essences

Trois des modèles statistiques, développés dans le cadre du projet Carbofor pour caractériser les niches climatiques des essences forestières et leurs évolutions potentielles (Badeau *et al.*, 2010), ont été utilisés dans le projet Climator : le chêne vert, le hêtre et les zones biogéographiques (groupes d'espèces). Les différents scénarios climatiques appliqués à ces modèles conduisent à des résultats cohérents avec ceux du projet Carbofor : diminution des probabilités de présence du hêtre sur tout le territoire ; augmentation des probabilités de présence du chêne vert vers le nord de la France ; extension spatiale des groupes biogéographiques méditerranéen et aquitain. Cependant, l'exercice

Climator met en lumière les incertitudes sur l'évolution potentielle des niches en lien avec les séries climatiques utilisées. Dans le cas du hêtre par exemple, les plus fortes régressions potentielles ne sont pas directement liées au scénario d'émission : selon les sites étudiés, les scénarios A1B ou B1 peuvent avoir un impact plus important que le scénario A2. Ces différences de réponses ne sont pas forcément conservées dans le temps : localement, la hiérarchie des scénarios peut être modifiée entre le futur proche et le futur lointain. À scénario constant (A1B) l'influence des méthodes de régionalisations n'est pas homogène entre les sites (une méthode donnée ne conduit pas de façon univoque à des résultats plus optimistes ou plus pessimistes).

Les différentes méthodes de régionalisation peuvent avoir des impacts plus forts que ceux générés par les différents scénarios d'émission. (figure 3).

Les apports de Climator pour l'adaptation

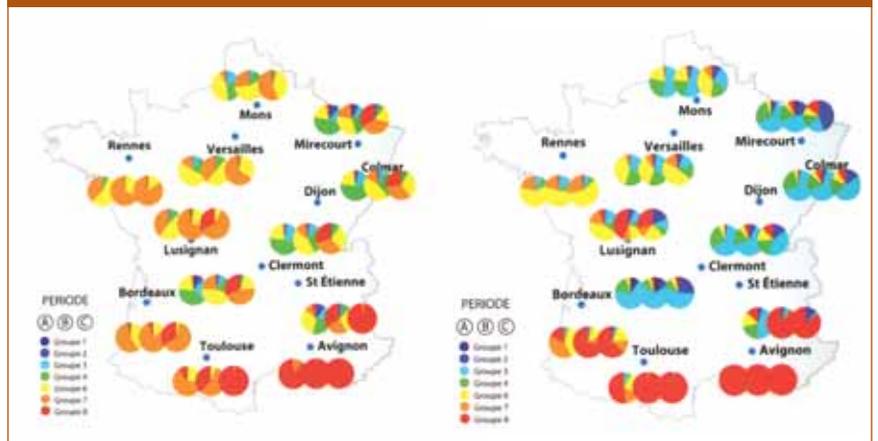
Dans un tel contexte d'augmentation généralisée des contraintes hydriques, on peut s'interroger sur les mesures d'adaptation qui pourraient être mises en œuvre. Plusieurs recommandations peuvent être faites pour l'économie de l'eau : ajuster les couverts forestiers aux réserves utiles des sols et des climats futurs, privilégier les itinéraires techniques permettant de réduire l'indice foliaire. Il est aussi possible d'accompagner voire d'anticiper les déplacements d'espèces, de choisir des provenances permettant un meilleur compromis entre performance de productivité et résistance à la sécheresse.

Conclusion

Les travaux de Climator ont permis pour la première fois de quantifier et hiérarchiser les sources **d'incertitudes et de variabilités**. Même si un croisement exhaustif de leurs modalités n'a pas été possible matériellement, il a été possible de positionner les incertitudes relatives au changement climatique par rapport aux autres sources d'incertitude et de variabilité. La variabilité interannuelle du climat et la variabilité géographique restent les sources majeures de variabilité.

Pour le futur lointain, le poids du scénario climatique domine largement les effets dus à la méthode de régionalisation, mais à l'horizon du futur proche leurs variabilités sont du même ordre de grandeur. La variabilité due aux types de sol est supérieure ou au moins égale aux incertitudes sur le changement climatique (tous scénarios et méthodes de régionalisation confondus). Il est donc nécessaire de coupler les approches pour avoir la

Figure 3 : probabilité d'occurrence de 7 groupes biogéographiques pour les trois périodes étudiées. Scénario A1B, méthode de régionalisation QQ (Quantile-Quantile) à gauche, méthode TT à droite. Groupe des essences méditerranéennes en rouge, groupe aquitain en orange, groupe Nord-ouest en vert, groupe montagnard en bleu.



meilleure estimation possible. Dans le domaine forestier, le projet a permis, grâce à un travail conjoint avec les différentes communautés de climatologues, de fournir un nouveau cadre d'analyse multi-modèles et multi-scénarios des impacts que pourraient avoir l'évolution du climat sur les peuplements.

Les forêts feuillues et conifères pourraient ainsi être impactées par le changement climatique dès le futur proche et de manière très significative quelque soit le site dans le futur lointain. Les sécheresses édaphiques et atmosphériques ont été identifiées comme étant les contraintes principales. Le seul effet bénéfique est celui de l'augmentation de la teneur en CO₂ atmosphérique qui améliore la photosynthèse, mais sans compenser les effets négatifs de l'augmentation des contraintes hydriques. Enfin, les forêts, surtout feuillues, sont apparues comme étant le type de couvert restituant le plus d'eau au milieu, même en conditions de pluviométrie réduite par le changement climatique. La restitution se produit essentiellement en période hivernale. Les trois approches de modélisation mises en œuvre (bilan hydrique, modèle de croissance

mécaniste, modèles de niche) convergent vers les mêmes conclusions. ■

D'après les actes du colloque Climator, juin 2010, Inra Versailles et le Livre vert du projet Climator, changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. 2007-2010, ANR-Inra, 2010, pages 225-236.

Pour en savoir plus : Brisson Nadine, Levraut Frédéric, 2010. Livre vert du projet Climator.

**Nathalie Bréda, Vincent Badeau, Inra 54280 Champenoux.*

*** Alexandre Bosc, Inra 33883 Villenave d'Ornon Cedex.*

Résumé

Selon les résultats du projet Climator, les forêts françaises, feuillues et conifères, pourraient être impactées par le changement climatique dès le futur proche et de manière très significative dans le futur lointain. Les différentes modélisations (bilan hydrique, modèle de croissance mécaniste, modèle de niche) mises en œuvre convergent vers les mêmes conclusions.

L'augmentation de la teneur en CO₂ atmosphérique améliore la photosynthèse, mais sans compenser les effets négatifs de l'augmentation des contraintes hydriques.

Mots-clés : projet Climator, impact du changement climatique, forêts.

Variétés forestières : disponibilités en pépinière pour la campagne 2010/2011

Sabine Girard, ingénieur au CNPF-IDF



La publication de cet article, qui diffuse pour la huitième année consécutive, la liste des pépiniéristes produisant le meilleur de la qualité génétique des plants forestiers, intervient dans un contexte des plus moroses

Depuis le début des années 90 en effet, les plantations forestières ne cessent de diminuer et les opérations de reconstitutions post-tempête ne masquent que bien temporairement une tendance des plus lourdes.

Sombre période pour les pépiniéristes forestiers

Rappelons qu'en 15 ans (chiffres de 93/94 comparés à ceux de 2008/09⁽¹⁾), la quantité de plants forestiers vendus en France hors pin maritime a diminué de 60 % : à peine 6 millions de chênes et de hêtres vendus aujourd'hui contre plus de 16 millions à l'époque et chez les résineux, pour qui la tendance est un peu moins forte, nous sommes passés de 14 millions de plants de douglas et pin laricio vendus en France à 8 millions ! Le pin maritime connaît quant à lui une évolution particulière et inverse en raison du passage du semis direct, traditionnellement utilisé pour renouveler les peuplements, à la plantation, technique désormais parfaitement maîtrisée et qui permet de valoriser au mieux les avancées scientifiques en matière d'amélioration génétique. L'espèce est ainsi devenue depuis déjà plusieurs années la première espèce de reboisement française alors que les plantations se localisent essentiellement dans le massif landais ! En 2008/09, plus de la moitié des plants forestiers vendus en France étaient des

pins maritimes (Tableau 1, p. 42).

Face à ce constat, les producteurs de plants forestiers réagissent. Ainsi, depuis le début de l'année, les actions de communication se multiplient pour alerter les responsables politiques de cette baisse alarmante des plantations en France et de l'urgence de prendre des mesures favorisant les investissements forestiers et en particulier les reboisements.

Variétés améliorées : plus de 80 % du marché des résineux...

Malgré cette conjoncture, une trentaine de pépinières, répartie sur l'ensemble du territoire, a répondu à notre enquête. Le tableau de la page suivante en dresse la liste et mentionne leurs disponibilités pour cet automne. Les zones d'utilisation associées à chacune des variétés sont précisées dans le tableau 1.

Rappelons que la quasi-totalité de ces variétés concerne des espèces résineuses pour lesquelles elles représentent 82 % des plants vendus. Ce chiffre élevé cache toutefois de fortes disparités et révèle surtout le poids que la production de pin maritime, issue exclusivement de matériel amélioré, a dans la production nationale.

Autre espèce dont les variétés améliorées représentent la quasi-totalité des ventes de plants : le **pin laricio** (cf. Tableau 2). L'enquête indique que les deux variétés disponibles se sont équitablement partagées le marché en

2008/09. Compte tenu de leurs zones respectives d'utilisation – et à la condition que ces zones aient été respectées par les planteurs – on peut supposer que des surfaces comparables de pins laricio de Corse ont été installées au Nord de la Loire et au Sud du Massif central. Quoiqu'il en soit, cette année encore, la variété Sologne Vayrières, conseillée dans la moitié nord du pays, est plus largement distribuée que Corse-Haute Serre (13 pépiniéristes contre 6).

Pour le **douglas**, la part des ventes de matériel amélioré a progressé et représentait en 2008/09, 68 % des 6,5 millions de plants vendus. Parmi ces variétés, le verger de La Luzette dominait largement puisqu'il représentait de l'ordre de la moitié des douglas vendus. Ce succès explique que, dans notre enquête, cette variété soit la plus largement distribuée (80 % des pépiniéristes ayant répondu). Cette progression des variétés améliorées s'explique en grande partie par la rarefaction (avant disparition totale) des plants issus de graines importées d'Amérique du nord. Ces importations ont en effet pris fin en 2009 mais les stocks présents sur le territoire alimenteront encore quelques années une partie du marché (un quart des ventes lors de la dernière enquête, plus de la moitié, cinq ans auparavant). Les variétés récemment homologuées devraient progressivement et avantageusement remplacer ces origines.

Tableau 1 : variétés forestières commercialisables

| Espèces | Variétés | Zone d'utilisation (étant entendu que les stations doivent convenir à l'espèce) ⁽²⁾ | Etiquette ⁽³⁾ |
|-----------------|---|--|---|
| Douglas | Verger "La Luzette" | Sur l'ensemble du territoire, sauf région méditerranéenne, avec prudence à + 800 m | |
| | Verger "Darrington" | | |
| | Verger "Washington" | | |
| | Verger "Washington2" | | |
| | Verger "France1" | | |
| | Verger "France2" | | |
| Epicéa commun | Verger "Rachovo" | En plaine ou à - de 800 m en dehors du massif vosgien, du Jura et des Alpes | |
| | Verger "Chapois" | Jura (1 ^{er} plateau et collines préjurassiennes), Alpes (entre Jura et Savoie, Chablais). Hors aire naturelle au dessous de 1 200 m dans le Massif central et de 800 m dans les Pyrénées. Hors massifs montagneux. | |
| Mélèze d'Europe | Verger "Sudètes-Le Theil" | En plaine et jusqu'à 1200 m en dehors du massif alpin | |
| Mélèze hybride | Verger "Lavercaitière" | En plaine et jusqu'à 1200 m en dehors du massif alpin | |
| Pin laricio | de Corse | Verger "Sologne-Vayrières" | Bretagne, Centre, Île-de-France, Haute et Basse-Normandie, Pays de la Loire, Picardie, Poitou Charentes et Limousin |
| | | Verger "Corse-Haute Serre" | Bassin aquitain, piémont pyrénéen et sur les reliefs Sud et Sud-Est du Massif central |
| | de Calabre | Verger "Les Barres-Sivens" | Partout en France |
| Pin maritime | Verger 2 ^e génération ou VF2 | Partout sauf dans la zone dunaire du littoral aquitain, en Corse et en région méditerranéenne | |
| | Verger Landes x Corse ou LC2 | Partout sauf dans la zone dunaire du littoral aquitain, en Corse et en région méditerranéenne | |
| | Verger Tamjout | Région méditerranéenne sauf la Corse | |
| Pin sylvestre | Verger "Taborz" | Partout sauf Alpes, plaine de Haguenau, région de St Dié, Velay, plateaux foréziens, Livradois et Margeride | |
| | Verger "Haguenau" | Plaine d'Alsace. Hors aire naturelle si l'objectif principal est la production en volume (Ardenne, plateaux du Nord-Est et grand Nord-Ouest) | |
| Cormier | Verger "Bellegarde" | Partout en France | |
| Frêne commun | Verger "Les Ecoulouettes" | Normandie, Nord-Pas de Calais, Picardie, Île-de-France et dans certaines zones des régions : Bretagne, Pays de la Loire, Centre, Champagne-Ardenne et Bourgogne. | |
| Merisier | Cultivars "Ameline", "Gardeline" ou "Monteil" | Partout en France | |
| Noyer hybride | MJ209 x RA | Partout en France | |
| | NG23 x RA | | |
| | NG38 x RA | | |

(2) : Source : <http://agriculture.gouv.fr/sections/thematiques/foret-bois/graines-et-plants-forestiers>
 (3) : L'étiquette bleue accompagne les variétés dont la supériorité a été mesurée (catégorie réglementaire "testée"). L'étiquette rose s'applique aux variétés issues de vergers à graines produisant depuis peu et dont la supériorité supposée, n'a pas encore été démontrée en tests. Dans

le cas des noyers, l'étiquette jaune accompagne les plants issus de noix récoltées dans des parcelles identifiées auprès de l'Administration mais qui n'ont pas fait l'objet de tests d'évaluation, au sens défini par la réglementation.

d'après Note DGFAR/SDFB/N2010-3024 du 18 mai 2010

| Tableau 2 | Espèce | Pin maritime | Douglas | Epicéa commun | Pin laricio | Pin sylvestre | Mélèze d'Europe | Peuplier | Merisier | Frêne | Mélèze hybride | Noyers hybrides | Total toutes espèces |
|-----------|---|--------------|---------|---------------|-------------|---------------|-----------------|----------|----------|-------|----------------|-----------------|----------------------|
| | Total des ventes (en millions de plants) | 29 | 6,5 | 1,9 | 1,7 | 0,9 | 0,89 | 0,78 | 0,41 | 0,29 | 0,19 | 0,01 | 57,1 |
| | Rang parmi les espèces les plus vendues | 1 | 2 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 17 | 20 | 25 | 51 | |
| | % des variétés améliorées dans les ventes | 100 | 68 | 5 | 90 | 32 | 65 | 100 | 3 | 12 | 100 | 100 | 62 |

Nous reviendrons plus en détail dans un prochain numéro sur les caractéristiques de ces nouvelles variétés.

... et moins de 1 % de celui des feuillus

Pour les feuillus, la proposition de variétés améliorées est très restreinte, elle concerne le peuplier, le merisier, le frêne et le noyer. Les ventes de cultivars de peuplier ont atteint en

2008/09 leur plus bas niveau historique avec moins 800 000 plançons vendus.

Pour les autres espèces, les quantités de plants issus de variétés améliorées sont très faibles pour ne pas dire anecdotiques puisqu'elles correspondent à un marché d'environ 65 000 plants. Les variétés en question sont distribuées par un nombre relativement restreint de pépiniéristes auprès desquels

il est préférable de commander relativement tôt voire même de contractualiser pour être sûr de disposer de la quantité voulue au moment voulu. Bonnes plantations à tous ■

(1) Tous les chiffres cités dans cet article sont issus des enquêtes sur les ventes de plants forestiers publiées par le ministère en charge de la Forêt et en particulier la dernière, concernant la campagne 2008/09, analysée par I. Bilger du Cemagref (Note DGPAAT/SDFB/N2010-3024 du 18 mai 2010).

Une équipe R&D pour la gestion de la végétation en forêt

Marine Dodet, MGVF*

Les herbicides homologués seront de moins en moins disponibles, alors qu'ils constituent une aide indispensable dans certaines situations de renouvellement de peuplement. Des méthodes alternatives acceptables au plan économique et environnemental sont étudiées par l'équipe MGVF de Nancy.

L'équipe Mission Gestion de la Végétation en Forêt (MGVF) résulte d'une demande initiale conjointe de l'ONF et du ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Au sein de l'Inra de Nancy, elle s'emploie à étudier, observer, gérer la végétation puis à diffuser ses résultats à l'ensemble des professionnels concernés par cette thématique. En effet...

...La végétation accompagnatrice forestière représente un enjeu important pour la pérennisation des peuplements et des écosystèmes forestiers. Elle peut être considérée comme une gêne ou une alliée aux régénérations forestières, ou comme une composante de la dynamique de l'écosystème. **L'équipe MGVF** est créée pour apporter des réponses claires, et développer ses activités à la croisée des chemins entre **gestion, recherche et développement (R & D)**...

L'objectif général de la mission est donc d'apporter des connaissances et des outils aux gestionnaires forestiers pour gérer la végétation accompagnatrice lors de l'installation et de la croissance des jeunes peuplements forestiers. Tous les outils, actuels et à venir, sont envisagés (herbicides, travail du sol et méthodes alternatives). Un des enjeux de la mission est le développement de méthodes de gestion acceptables aux plans environnemental et socio-économique.



Fougère très développée, risque d'échec de la régénération naturelle de chêne.

Les grands axes de la mission sont :

- la gestion de l'information technique et scientifique sur le thème de la gestion de la végétation en forêt,
- la diffusion auprès des gestionnaires de l'information technique,
- la formation des personnels forestiers,
- l'établissement de réseaux de recherche et développement technique,
- la mise en place d'une expertise sur le thème de la gestion de la végétation accompagnatrice en forêt,
- l'élargissement du partenariat à des entreprises,
- l'expérimentation sur les méthodes de gestion de la végétation.

Travaux en cours

Dès 2009, plusieurs expérimentations ont été mises en place en forêt afin d'étudier l'efficacité et les effets des méthodes alternatives aux herbicides envisagées pour la gestion de la végétation en régénération (naturelle et artificielle).

Suivi des différents types d'intervention sur la végétation

L'objectif de cette étude est d'analyser la dynamique d'une végétation présente sous un peuplement forestier en phase de régénération, avant coupe définitive, **la vitesse et les modalités de la recolonisation** en réponse à différentes méthodes de contrôle de la végétation.

Les végétations étudiées sont à base de fétuque géante (*Festuca gigantea* L.) et de myrtille (*Vaccinium myrtillus* L.). Les sites choisis sont des parcelles où la situation de blocage de la régénération est déjà effective. Les deux espèces étudiées se développent sous couvert modéré et donc forment généralement un tapis végétal dense dès la phase d'amélioration ou à l'entrée de la phase de régénération lors des premières ouvertures. Obstacle physique ou fonctionnel, ces strates végétales empêchent le renouvellement du peuplement forestier par voie de régénération naturelle.

Différents grands types d'interventions pour contrôler le développement de la végétation sont testées : le maintien d'un couvert modéré, des interventions mécaniques, l'installation d'une couverture végétale de remplacement. La dynamique de l'ensemble du cortège floristique en réponse à ces différentes interventions est suivie.

Installation des peuplements sur station acide dominée par la molinie, la fougère ou la callune

La phase d'installation des peuplements est une étape critique dans la gestion des forêts. Une des questions majeures que se pose le gestionnaire lors du renouvellement du peuplement est le choix des essences à installer. Actuellement, dans le contexte des changements climatiques, il est de plus en plus souvent recommandé d'élargir la gamme d'essences installées qui seraient mieux adaptées aux conditions climatiques futures attendues, supposées plus chaudes et plus sèches. Cette substitution d'essences ne peut se faire que par plantation.

Une part importante des travaux réalisés dans les plantations concerne la gestion de la végétation accompagnatrice. En effet, cette végétation entre en compétition avec les plants en cours d'installation induisant une ré-

duction de leur taux de survie et de leur croissance. Dans certaines situations, la végétation peut provoquer un blocage complet de la plantation (alant parfois jusqu'à 100 % de mortalité, ou une croissance quasi nulle pendant plusieurs années). Ces situations qui peuvent paraître extrêmes, sont en réalité fréquentes (dans les stations avec une végétation à base de fougère, molinie, calamagrostis, grande fétuque, ou myrtille...). Il existe différentes méthodes de gestion de la végétation. Parmi ces techniques, les herbicides et les interventions mécaniques sont les plus efficaces et les moins coûteuses. L'utilisation des herbicides en forêt est en recul depuis quelques années. Néanmoins, sur un plan technico-économique, le recours aux herbicides reste souvent la seule option efficace, notamment dans les situations de blocage par une végétation trop concurrente.

Des interventions mécaniques lourdes dans le but de contrôler la végétation provoquent des dégâts bien connus par les gestionnaires forestiers, notamment le tassement des sols. Des techniques récentes plus légères existent, mais leur utilisation n'est pas encore généralisée.

Des méthodes alternatives sont actuellement connues en théorie, leur mise en œuvre pratique, leur efficacité économique et leurs conséquences environnementales restent encore incertaines. Elles demandent donc à être mises au point, évaluées puis transférées vers les gestionnaires.

Nous sommes focalisés sur des contextes stationnels particuliers reconnus comme les plus bloquants pour la régénération naturelle et les plantations : les stations acides dominées par des végétations à base de molinie, de fougère et d'éricacées. Nous testons deux types de méthodes alternatives : des méthodes basées

sur des interventions mécaniques légères et des méthodes basées sur l'installation de plantes de couverture. Ces contextes se retrouvent sur tout le territoire français (Aquitaine, grand Ouest, Centre, Nord-est, Normandie...) et couvrent des surfaces importantes. Les difficultés rencontrées sont souvent similaires (végétation compétitrice abondante, contraintes hydriques fortes – sécheresse estivale et/ou hydromorphie–, compaction des sols, nutrition minérale souvent déficiente) et nécessitent des réponses techniques adaptées.

Les objectifs spécifiques du projet sont de tester les méthodes alternatives proposées dans une large gamme de situations qui varient selon :

- la région : Aquitaine, Centre, Normandie, Alsace,
- le contexte du renouvellement : renouvellement dans le cadre de gestion courante, après tempête, peuplement dépérissant,
- la végétation dominante : molinie, fougère ou callune,
- les essences installées : chênes ou pins.

L'ensemble de ces facteurs seront croisés (partiellement) dans le plan expérimental du projet. Des protocoles d'installation et de mesures communs seront appliqués à l'ensemble des dispositifs expérimentaux installés, pour permettre les comparaisons entre sites et estimer la généralisation possible des résultats obtenus. L'objectif est d'estimer les effets des différentes méthodes sur la dynamique de la végétation, sur la survie et la croissance des plants, et d'effectuer une première estimation de la faisabilité économique de ces méthodes. ■

**Marine Dodet, ingénieur responsable de la Mission – Léon Wehrle – Florian Vast
MGVF, Inra Nancy 54280 Champenoux –
mgvf@nancy.inra.fr*

Ce tableau renseigne sur les autorisations de mise sur le marché : il ne doit pas être considéré comme un outil de prescription. Les usages pépinières ou sapin de Noël sont exclus de ce tableau (catégorie d'usage différentes). L'homologation est indiquée par la dose ou la concentration maximale autorisée.

Attention : ce tableau ne présente pas l'ensemble des herbicides homologués en forêt ! Il reprend uniquement les spécialités les plus souvent utilisées et disponibles chez les distributeurs traditionnels pour la forêt. La liste complète est disponible sur le site du MAAP ainsi que sur le site de la FPE.

| MATIERE ACTIVE | SPECIALITE COMMERCIALE | DETECTEUR HOMOLOGATION | DISTRIBUTEUR PRINCIPAL POUR LA FORET (autres distributeurs) | Teneur : solide en %, liquide en g/L | Classements toxicologique et écotoxicologique | NOUVEAU CATALOGUE FORÊT | | | Usage principal |
|-------------------------------------|---|---|---|--|---|---|---|--|--|
| | | | | | | Forêt Désherbage Débroussaillage Avant mise en culture | Forêt Dégagement | Forêt Dévitalisation, arbres sur pied et souches | |
| | | | | | | 004 01 013 | 004 01 001 | 004 01 014 | |
| Asulame | FOUGEROX | BAYER ENVIRONMENTAL SCIENCE SAS | AROLE | 400 g/L | SC | 10 L/ha | 10 L/ha | | foliaire ; contrôle des fougères |
| Clopyralid | LONTREL 100 (= LONTREL F) | DOW AGROSCIENCES S.A.S | AROLE | 100 g/L | SC | | 1,25 L/ha | | foliaire ; contrôle des chardons |
| Fluazifop-p-butyl | FUSILADE X 2 | SYNGENTA AGRO SAS | SYNGENTA AGRO SAS | 250 g/L | Xn | | annuelles : 1,25 L/ha ; bi-annuelles et pérennes : 2,5 L/ha | | foliaire, sélectif de toutes les essences forestières ; contrôle des graminées |
| Glyphosate (sel monosodium) | SHINAI FORET | K+S France SAS | AROLE | 360 g/L | SC | graminées annuelles : 3 L/ha ; dicot annuelles et bisannuelles et adventices vivaces : 6 L/ha | graminées annuelles : 3 L/ha ; dicot annuelles et bisannuelles et adventices vivaces : 6 L/ha | | foliaire, non sélectif, à large spectre d'efficacité ; traitement dirigé en dégagement |
| | TOUCHDOWN FORET | SYNGENTA AGRO SAS | | | | annuelles : 3 L/ha ; bisannuelles et pérennes : 6 L/ha | annuelles : 3 L/ha ; bisannuelles et pérennes : 6 L/ha | | |
| Oxyfluorène + Propyzamide | GRANUSOL ARBUSTES G | NUFARM SA | AROLE | 0,5% + 1,4% | Xn, AQUA | | 100 kg/ha | | racinaire et de contact ; contrôle des graminées et dicotylédones ; appliquer tôt dans l'hiver (peu soluble) |
| Propyzamide | KERB FORESTIER LIQUIDE | DOW AGROSCIENCES S.A.S | AROLE ; BHS | 400 g/L | Xn | | 3,75 L/ha (en traitement par pulvérisateur à rampe uniquement, lance non autorisée) | | racinaire + contact ; à appliquer tôt en hiver (peu soluble) |
| Quizalofop ethyl -d (isomère droit) | FOREXONE | BAYER SAS | AROLE | 120 g/L | Xi | | 2,5 L/ha | | foliaire, sélectif de toutes les essences forestières ; contrôle des graminées (dont molinie) |
| | PACK-DUO (FOREXONE+ adjuvant HERBIDOWN) | BAYER ENVIRONMENTAL SCIENCE SAS + TOTAL | AROLE | 120 g/L + 725g/L complexe paraffinique | | | 2,5 L/ha + 2,5 L/ha | | |
| | LEOPARD 120 | MAKHTESHIM AGAN France | BHS | 120 g/L | | annuelles : 1,25 L/ha ; pérennes : 2,5 L/ha | annuelles : 1,25 L/ha ; pérennes : 2,5 L/ha | | |
| Quizalofop ethyl P | TARGA D+ | BAYER SAS | BAYER CROPS SCIENCE FRANCE SAS | 120 g/L | Xi, N | 2,5 L/ha | 2,5 L/ha | | |
| Triclopyr (amine de butyl glycol) | GARLON INOV | DOW AGROSCIENCES S.A.S | DOW AGROSCIENCES S.A.S (Euralis Sud-Ouest France) | 120 g/L | Xi, AQUA | | | 20 L/HL | débroussaillant foliaire ; traitement dirigé en dégagement |
| Triclopyr (ester de butyl glycol) | TIMBREL F | DOW AGROSCIENCES S.A.S | AROLE ; BHS | 480 g/L | Xn | 2 L/ha | 2 L/ha | 5 L/HL | |

Classement toxicologique : SC : sans classement
Xi : irritant

Xn : nocif
AQUA : dangereux pour les organismes aquatiques

Le sylvopastoralisme, un atout pour les surfaces boisées

G. Guérin*, G. Sajdak** (1)

Pastoralistes, forestiers, aménageurs, collectivités, étudiants et de nombreux autres partenaires du grand Sud ont mis au point de nouveaux outils, de nouvelles références et une méthode pour aider à la construction d'un projet sylvopastoral. Un entretien avec les rapporteurs du « programme CASDAR ⁽²⁾ Sylvopastoralisme ».

Forêt-entreprise : *Aujourd'hui encore, beaucoup de forestiers redoutent de laisser un troupeau pâturer leur bois, comment pouvez-vous expliquer cela et que pouvez-vous leur apporter?*

Oui, en effet les forestiers subissent des dégâts de gibier de plus en plus importants, alors qu'ils peuvent faire pâturer leurs troupeaux en forêt. D'éventuels incidents sont dus à des dérives, par exemple, un troupeau trop conséquent, resté trop longtemps dans une même zone provoque un surpâturage qui se révèle néfaste pour la production sylvicole (abroustissement de tout le sous bois, troncs abîmés par les animaux...).



Pâturage d'une brebis dans une pinède.

© G. Guérin, Institut de l'élevage

Le sylvopastoralisme est un compromis entre deux productions ce qui augmente la technicité de la gestion. Aujourd'hui il paraît indispensable de créer des parcs, car on ne peut pas surveiller un troupeau en forêt. Il faut veiller à respecter un « état de sortie », préalablement défini avec le propriétaire ou le gestionnaire de l'espace boisé.

Les sylviculteurs appréhendent d'autant plus que leurs parcelles sont parfois en régénération ou récemment plantées. Il s'agit de les convaincre du fait que le sylvopastoralisme est à

même de les aider dans la sylviculture. Un article, paru en 1980 dans la revue « Bulletin de vulgarisation forestière », faisait état d'un essai de nettoyage de plantation résineuse grâce à un troupeau de mouton. Cet essai montre qu'il est possible de nettoyer une plantation sans que les plants soient mangés, preuve que les animaux ne s'attaquent pas systématiquement aux arbres. Cela dépend de la saison, de la densité d'animaux à l'hectare, et du type de strate arbustive. Mais ces rares dégâts seront rapidement effacés lors de la première éclaircie ou dépressage.

FE: Pour bien comprendre vos travaux, pouvez-vous définir le sylvopastoralisme :

Un bilan, effectué dans le cadre du programme CASDAR, a permis de distinguer trois visions ou problématiques différentes :

- **La forêt pâturée :** une possibilité de ressource pastorale apparaît dans le cycle sylvicole, la forêt est alors pâturable (on peut y trouver de 200 à 400 journées de pâturage/ha ⁽³⁾ en été pour des brebis), mais dès que cette ressource disparaît (fermeture des houppiers) il n'y a pas d'adaptation de

l'itinéraire sylvicole pour maintenir la présence du troupeau. Par exemple, après un reboisement (et affranchissement des plants) ou encore entre deux éclaircies encore loin de la régénération, il y a possibilité de pâturer pendant plusieurs années, les deux pratiques sylvicole et pastorale sont conduites indépendamment.

- **Le parcours boisé** (cas des accrus et fronts de colonisation) : le pâturage s'effectue sur une zone en voie de boisement, les interventions sur les arbres, s'il y en a, sont dirigées essentiellement pour favoriser et stabiliser le pâturage. Sinon, l'espace boisé se ferme, et progresse s'il n'y a pas assez d'impact du troupeau sur les ligneux. Par exemple, laisser s'installer et se développer quelques bosquets pour protéger l'herbe et disposer de feuillages ligneux qui permettent un pâturage hors saison.

- **Le sylvopastoralisme stricto sensu** est bien plus intéressant car il permet une gestion à long terme d'un espace et non plus d'une seule parcelle. Les interventions sur les arbres s'adaptent aux besoins en ressource pastorale, et inversement, l'utilisation de l'impact des animaux facilite la mise en valeur sylvicole, l'un aidant l'autre.

EE: Quelles sont les différentes conditions d'une gestion sylvopastorale ?

Nous avons testé et vérifié les techniques de gestion du couvert, rotation des éclaircies et des troupeaux, etc. lors d'un précédent projet ACTA ⁽⁴⁾ à l'échelle de la parcelle.

Nous avons voulu élargir la vision de la gestion sylvopastorale grâce à ce projet CASDAR qui s'est positionné **sur des surfaces plus grandes** : celle de la forêt, de l'exploitation agricole, du massif forestier et même du territoire.

Dans tous les projets sylvopastoraux, la cohérence repose sur un espace donné ainsi qu'un **moyen terme commun entre forestiers et éleveurs d'une dizaine d'années**.

Il faut tout d'abord réfléchir à un projet, comparable à un plan simple de gestion, qui reprend les principales caractéristiques mais qui est réfléchi en terme d'intervention sur les arbres et en terme de pâturage : la localisation des parcs, leur spécialisation (été, automne...), le potentiel de ressource... (voir schéma ci-dessous).

Le plus important est de concilier la gestion de la lumière arrivant au sol afin d'entretenir et de développer la ressource pastorale et l'amélioration des arbres : les éclaircies seront plus fréquentes mais les prélèvements seront moindres comparé à un schéma sylvicole classique.

Devant la très grande diversité de milieux, de climats, d'essences, d'antécédents sylvicoles, de conduites pastorales, il est difficile de présenter des itinéraires types. Pour concevoir un projet commun, il convient en pratique, d'associer forestiers et pastoralistes sur le terrain afin de favoriser les échanges et le partage des connaissances.

EE: Quelles sont les idées toutes faites que vous souhaiteriez voir évoluer ?

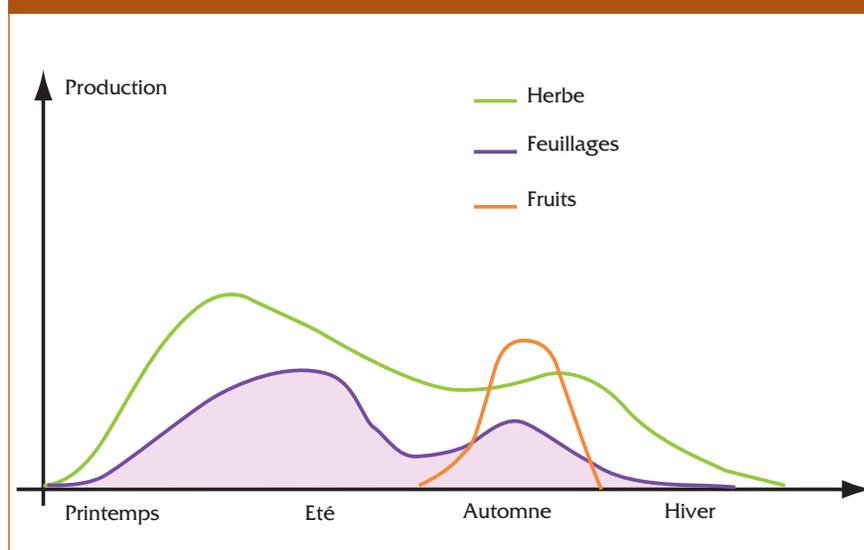
Plusieurs schémas peuvent évoluer :

- la mise en défense systématique des parcelles en régénération : la pression animale peut être pilotée (en jouant sur la saison et l'intensité du pâturage) pour ne pas toucher aux jeunes semis ou au contraire pour contribuer à leur « dépressage précoce » et limiter l'éventuel envahissement de broussailles après une éclaircie.

- L'image du sylvopastoralisme comme une forêt « propre », avec seulement une strate arborée et une strate herbacée est elle aussi à modifier. Les ligneux bas et les broussailles ont un rôle aussi important que l'herbe dans l'alimentation des troupeaux.

Il ne faut pas assimiler le sylvopastoralisme à un paysage de type dehesa espagnole ⁽⁵⁾. Il est important de garder un couvert suffisant pour conserver un des principaux atouts du sylvopastoralisme : le couvert permet un report de l'herbe sur pied (l'herbe reste verte sous les arbres alors qu'elle est déjà sèche en prairie ouverte).

Cycle annuel des productions pastorales





© J. Paulus, Institut de l'élevage

Deux ans après une éclaircie sylvopastorale suivie d'un pâturage : la qualité du peuplement et le potentiel pastoral sont améliorés (Lot).

Les éleveurs nous disent souvent « mais il n'y a rien à manger dans ces bois ». Mais en fait, les animaux sont capables de consommer la plupart des espèces herbacées et arbustives excepté quelques plantes comme le buis lignifié, le genévrier, la fougère. Ils seront des alliés pour limiter l'installation de nouveaux buis (jeunes semis) et des ronces (pousses de l'année).

À noter que le prélèvement au pâturage peut être constitué de broussailles de 70 à 100 % pour une chèvre, de 20 à 60 % pour des brebis à viande et de 10 à 30 % pour une génisse future laitière.

FE: Quels sont les avantages du sylvopastoralisme d'un point de vue sylvicole ? D'un point de vue pastoral ?

Tout d'abord, le forestier trouvera dans le sylvopastoralisme un atout dans la présence humaine en forêt (surveillance, maintien d'un tissu socio-économique...) ensuite, bien évidemment, la prévention des feux de forêt par la diminution de la combustibilité. Ce même effet de « débroussaillage na-

turel » lui permettra de s'économiser lors de ces visites de terrain, les marquages seront plus efficaces et donc moins coûteux.

C'est aussi un moyen de diversifier ses revenus, surtout en zone méditerranéenne où les bois ont une valeur marchande assez faible. Il peut, par exemple, louer son terrain à un éleveur. Et si l'éleveur est aussi le propriétaire des bois, celui-ci trouvera de la surface pâturable au moment où ses prairies seront sèches et il sera d'autant plus intéressé de valoriser ses bois pour augmenter ses ressources pastorales.

La dent du bétail peut être orientée afin de favoriser certaines essences.

Le sylvopastoralisme permet à l'éleveur d'économiser ses intrants (achat de foin), de sécuriser son système d'exploitation et ses animaux trouveront dans les bois un abri contre la chaleur mais aussi le froid et les précipitations.

L'éleveur sera reconnu pour sa fonction environnementale : diminution des risques d'incendies, amélioration sylvicole...

FE: Quels sont les inconvénients du sylvopastoralisme d'un point de vue sylvicole ? D'un point de vue pastoral ?

Une contrainte au sylvopastoralisme est la création de parcs, coûteuse en temps et en moyens (création de layons, pose de clôture, entretien...). Mais cet investissement peut être tout ou partie compensé par la vente des bois présents sur le layon, qui peut s'apparenter à une coupe rase linéaire, donc moins coûteuse, mais limitée par rapport à la surface totale.

Il est certain que le piétinement répété d'un troupeau sur une zone restreinte engendre un tassement du sol. Mais, en gérant convenablement le troupeau (rotation dans les parcs, changement de position de l'abreuvoir, de la pierre de sel...) on peut s'affranchir de ce problème qui n'est pas comparable à des tassements provoqués par les engins mécanisés d'abattage.

Pour l'élevage, il est très important de veiller à la qualité et la quantité de la ressource pastorale tout en étant vigilant sur la durée de pâturage des animaux.

FE: Un cas concret ou des itinéraires mieux pensés ont permis une bonne gestion sylvopastorale ?

En général, dès qu'une personne s'approprie l'espace et prévoit des travaux d'aménagement ou d'amélioration dans une forêt où il n'y avait pas de gestion, on peut dire que c'est gagné. La forêt se structure, redevient productrice de bois et de viande ou de lait dans le cas d'une gestion sylvopastorale.

Un bel exemple de gestion sylvopastorale : une société coopérative de production (SCOP), installée dans le Minervois, a réussi à allier vente de bois de chauffage, vente du fromage

issu de l'élevage laitier et accueil du public. Il est important, dans le sylovopastoralisme, de décloisonner le bilan financier des différents ateliers, de **raisonner globalement et sur le moyen terme**.

FE: Quels sont les enjeux économiques ?

Les enjeux économiques sont très importants, surtout en région méditerranéenne où les forestiers ou pastoralistes ont souvent du mal à reconnaître la présence de produits sylvicoles. En effet, ceux-ci ne sont pas facilement valorisables dans les filières traditionnelles et les surfaces concernées sont considérables.

Un ensemble de fiches technico-économiques est rédigé dans le but d'aider les acteurs à mieux apprécier la présence de produits ainsi que des astuces pour les commercialiser.

Ce sont souvent des circuits « alternatifs » (sciage mobile, autoconstruction, circuits courts, vente de bois de chauffage et bois énergie...). Car l'on doit s'affranchir des circuits dits traditionnels pour ne pas se retrouver dans des marchés où ces types de produits n'y seraient pas concurrentiels.

D'autre part, même si une éclaircie est réalisée et ne rapporte que très peu d'argent (ce qui bloque beaucoup de propriétaires pour vendre du bois), cette éclaircie met en valeur le reste de la forêt et le bilan financier de la deuxième éclaircie aura plus de chances d'être positif (meilleure qualité des bois, massif structuré suite à la première exploitation).

Si l'on change d'échelle, nous pouvons imaginer que ces grands « déserts » boisés se repeupleront petit à petit grâce à l'installation de « sylvipasteurs » et maintiendront une certaine activité économique.

FE: Quelles sont les avancées du programme de travail et quels sont les perspectives dans le grand Sud ?

Les partenaires de ce programme ont travaillé à l'élaboration de différents outils : références techniques et économiques, typologie sylovopastorale de peuplements, méthodologie du sylovopastoralisme, présentation des débouchés de l'activité sylovopastorale, outil informatique d'aide à l'élaboration de projets...

Ces outils sont destinés à être utilisés par un binôme technicien/porteur de projet (éleveur ou propriétaire) pour formuler et évaluer des scénarii de projets sylovopastoraux.

La mise au point de la méthodologie est basée sur cinq étapes :

- identification des acteurs et de leurs motivations,
- état des lieux,
- diagnostic, proposition de scénarii et validation de l'orientation avec les acteurs,
- réalisation du projet sylovopastoral
- suivi et évaluation du projet, en particulier de la végétation boisée et du pâturage.

Pour chacune de ces étapes, la méthode propose des fiches de prise d'informations permettant de cerner les éléments essentiels pour la construction du projet.

Nous avons développé une « calculette » informatique, qui permet d'associer les parcs avec les peuplements, la gestion du pâturage, les types de produits, les volumes de bois sortis, afin d'élaborer mais surtout d'évaluer économiquement des scénarii de gestion.

Ainsi, l'utilisateur de cette calculette peut faire varier tous les facteurs (intensité et moment de l'éclaircie, prix de vente, type de produits générés, travaux effectués par le porteur de projet ou sous-traité...) et choisir le scénario qui lui convient le mieux.

C'est une première version qui a été testée par exemple en forêt domaniale, qui a donné suite à des propositions d'amélioration et l'on pourrait la compléter en couplant cette calculette à un module cartographique. ■

(1)* Institut de l'élevage, Montpellier,
** CNPF-Institut pour le développement forestier, Toulouse.

(2) Projet CASDAR 2007-2009 (Compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural) : « Recherche d'un développement local équilibré, fondé sur le sylovopastoralisme : valoriser des massifs forestiers » et installer des systèmes d'élevage innovants.

(3) 100 journées de pâturage/ha correspondent à :
- 100 bêtes qui pâturent un jour sur un hectare,
- 50 bêtes qui pâturent deux jours sur un hectare,
- 25 bêtes qui pâturent 4 jours sur un hectare.
Les journées de pâturage/ha varient selon les espèces, par exemple, une journée « vache » équivaut à environ 7 journées « brebis ». Ces valeurs varient selon la saison et le stade physiologique de l'animal.

(4) Programme ACTA (Association de coordination de techniques agricoles) 2002-2004 : « Sylovopastoralisme du pin sylvestre et du chêne pubescent » co-piloté par l'Institut de l'élevage et l'Institut pour le développement forestier.

(5) La dehesa est un type de milieu que l'on trouve en Espagne, les prairies et cultures pâturées sont boisées à très faible densité (en général ce sont des vergers avec des chênes, oliviers et châtaigniers dont la densité est comprise entre 15 et 100 arbres/ha et dont le recouvrement n'excède pas 50 %).

Résumé

Le sylovopastoralisme est un mode de gestion durable qui concilie objectifs forestiers et pastoraux. Cette double pratique, essentiellement présente dans le grand Sud pastoral pourrait se développer davantage dans les autres régions boisées. Un programme de recherche pour l'innovation sylovopastorale 2007-2009 a permis une meilleure connaissance des avantages et réserves. Le sylovopastoralisme présente aussi un intérêt social et environnemental, en limitant la fermeture du milieu, et fait profiter des ressources fourragères situées sous les arbres. Des difficultés demeurent pour mettre en place des opérations sylovopastorales notamment à cause de la méconnaissance ou le manque de compétences, mais aussi en raison de la complexité de la mise en marché des débouchés sylvicoles.

Mots-clés : sylovopastoralisme, région méditerranéenne.

3 sites écoles pour suivre les dégâts de neige en montagne ardéchoise

Frédérique Chambonnet, CRPF Rhône-Alpes, Frédéric Pernon, ingénieur forestier

La neige occasionne des bris de cimes conséquents pour les peuplements résineux de la montagne ardéchoise, essentiellement d'épicéas. Trois sites écoles servent de tests pour des itinéraires sylvicoles alternatifs à la coupe rase.

Suite aux importantes chutes de neige des deux hivers derniers, d'importants dégâts ont été inventoriés dans les forêts de la montagne ardéchoise, principalement dans des jeunes peuplements résineux issus de plantations d'épicéas. Les bris des cimes observés compromettent la récolte future de grumes de qualité et peuvent conduire, dans certains cas, à la mortalité des arbres. Certaines zones apparaissent plus sensibles à ce phénomène : plateaux et crêtes à proximité de la limite de partage des eaux, versants sud, là où les neiges gorgées d'eau sont les plus lourdes.

Premiers constats

Toutes les essences résineuses présentes sur le plateau ardéchois ont subi à des degrés divers les bris de neige (sapin pectiné, douglas, pin sylvestre...) mais l'épicéa est particulièrement touché car majoritairement introduit en boisement depuis 30 à 50 ans. D'où le choix d'échantillon portant exclusivement sur cette es-

sence. Quelques dégâts sur le douglas sont perceptibles mais ne compromettent pas l'avenir du peuplement.

Les jeunes plantations (« futaies régulières ») dont l'âge fluctue entre 25 et 40 ans (pour un diamètre moyen compris entre 15 et 20 centimètres à 1,30 m), ont subi les plus forts dégâts, aggravés par l'absence de sylviculture dynamique. La neige lourde accumulée sur les cimes s'est transformée en glace sous l'effet du froid : elle a enserré les houppiers, jusqu'au bris des moins résistants sous l'effet conjugué du poids et du vent.

Les forêts irrégulières et mélangées (« futaies jardinées ») sont moins touchées.

Installation de 3 sites-écoles

Dans le cadre de l'action « Plan de Massif », 3 sites écoles ont été installés à Saint Cirgues en Montagne, Rieutord et Lavilatte, par Frédérique Chambonnet (CRPF), en collaboration avec Frédéric Pernon (ingénieur forestier indépendant), avec l'aide finan-



© F. Pernon

Placette « témoin » sur site de Lavilatte.

cière de la Région Rhône-Alpes. Ces placettes, situées à plus de 1000 mètres d'altitude, ont pour objectif de mesurer et de suivre des tiges de peuplements sinistrés présentant un taux de bris compris entre 50 à 95 % des tiges. Elles visent également à tester des itinéraires sylvicoles simples pour le gestionnaire permettant d'éviter la coupe rase.

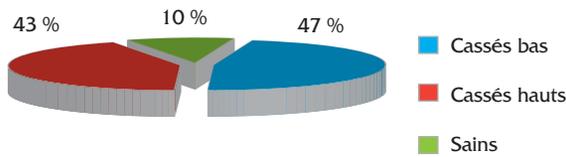
44 propriétaires (sur 195 enquêtés) ont signalé des dégâts sur **780 ha** :

- 80 % ont sollicité une visite du CRPF,
- 64 % sont adhérents à l'Association des sylviculteurs d'Aubenas et de la Montagne ardéchoise,
- 80 % ont organisé l'exploitation en 2009,
- 55 % souhaitent favoriser la régénération naturelle,
- 25 % souhaitent une commande groupée de plants ou de graines (ASAM-CRPF),
- 20 % souhaitent replanter (avec une aide).

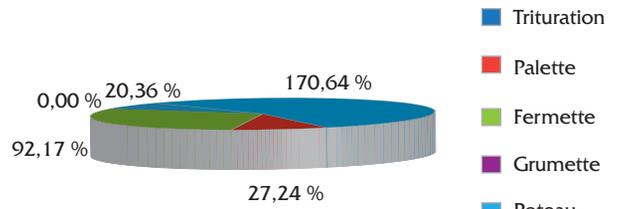
Caractéristiques des parcelles sinistrées :

- altitudes : 1040 à 1480 m (moyenne : 1150 m),
- expositions : sud ou plateau,
- proportion d'arbres sinistrés : 15 à 95 % (moyenne : 50 %),
- âges : 22 à 55 ans (moyenne : 34 ans),
- essences : épicéa en majorité (car essence principale de boisement il y a 20 à 60 ans). Les dégâts sur les autres essences sont négligeables (pin sylvestre, sapin, douglas et hêtre).

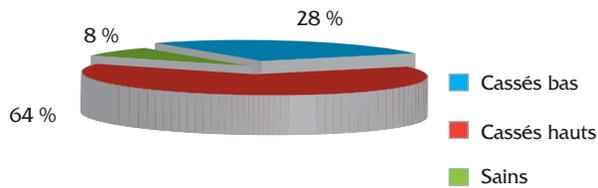
Graphique 1 : répartition nombre de tiges / hauteur de bris



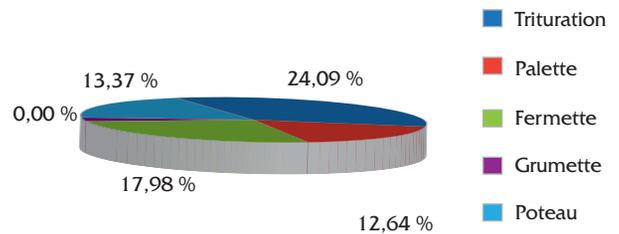
Graphique 2 : répartition / qualités de l'ensemble du peuplement



Graphique 3 : répartition volume des tiges / hauteur de bris



Graphique 4 : répartition / qualités des arbres cassés bas < 10 m



Pour chaque placette étudiée, la nature des bris, la corrélation entre taille et forme des tiges et l'importance des dégâts sont analysées. La comparaison des données collectées sur les différents sites permet d'analyser l'influence du passé cultural et des conditions de station. Les suivis dendrométriques individuels de plus de 400 tiges nous renseigneront sur leurs capacités de réaction, les conséquences sanitaires des bris, les processus de cicatrisation et les conséquences sur la qualité des bois.

Un « site école » comprend l'installation de deux placettes permanentes d'inventaire, traitées selon deux modalités (1 placeau témoin et 1 placeau soumis à éclaircie sanitaire) et un inventaire au relascope de l'ensemble du peuplement sinistré. Ce dernier permet de valider la représentativité des placettes permanentes (placettes de démonstration).

Dans chaque placette de démonstration, les réactions individuelles des tiges sur 400 m² sont suivies et analysées. Les informations collectées sont de deux types : des informations générales sur le site (station, historique du peuplement, présence de régénération naturelle et nature), et des

informations individuelles sur chaque tige de la placette (essence, diamètre, hauteur totale, hauteur de bris, utilisation possible de la bille de pied, nombre de verticilles verts restant, diamètre des branches, forme de la tige, état sanitaire, statut social...).

L'inventaire au relascope consiste en un parcours systématique du peuplement avec arrêt et prise d'information tous les 50 m sur des placettes non matérialisées.

Les données, collectées en surface terrière, portent sur la répartition des tiges par essence, nature de bris et qualité de la bille.

Sur les placettes permanentes, l'état initial des peuplements (après les chutes de neige) est résumé par des graphiques qui présentent la répartition des tiges par nature de bris et par qualité des billes. Cette dernière information permet de proposer des simulations économiques corrélées à différents itinéraires techniques sylvicoles.

L'état initial des peuplements (après les chutes de neige) sur les placettes permanentes est résumé par des graphiques qui présentent la répartition des tiges par nature de bris et par qualité des billes. Cette dernière informa-

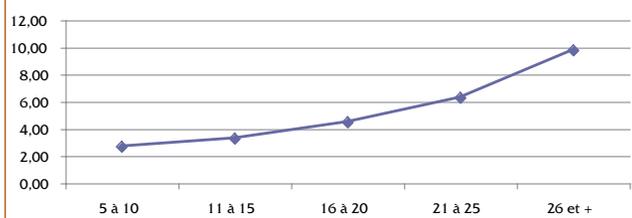
tion permet de proposer des simulations économiques corrélées à différents itinéraires techniques sylvicoles.

Analyse des facteurs générant les bris

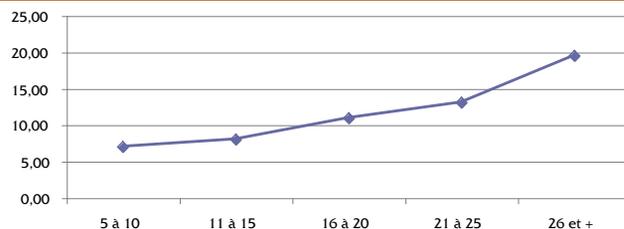
Relation entre les diamètres à 1,50 m et le nombre de verticilles verts restants (graphique 5, p. 53)

Il existe une corrélation nette entre le diamètre des tiges et le nombre de verticilles verts restant après bris de neige. Ainsi 80 % des arbres de moins de 10 centimètres de diamètre à 1,50 m de hauteur, et 2/3 des arbres de moins de 15 cm de diamètre, possèdent moins de 5 couronnes de branches, et sont donc brisés en partie basse de la tige. Les capacités de reconstitution d'un houppier et par conséquent de survie sont réduites. Seuls 7 % des tiges de diamètre 26 et + sont dans ce cas. Les verticilles verts subsistants sont capitaux pour permettre aux tiges brisées de reformer une nouvelle cime. Les épisodes de neiges lourdes antérieurs ont démontré que 4 à 5 verticilles suffisaient pour reconstituer un houppier et garantissaient à terme une reprise de la croissance des tiges (dans des conditions climatiques « normales »).

Graphique 5 : nombre des verticilles verts restants



Graphique 6 : hauteur du bris en fonction des classes de diamètres



Relation entre la décroissance métrique (dmm) et le nombre de verticilles verts restants

Le nombre de verticilles verts restant après bris de neige est également corrélé avec la décroissance métrique moyenne. Ainsi 65 % des arbres dont la dmm est voisine de 1 cm/m, possèdent moins de 5 couronnes de branches, et sont donc brisés en partie basse de la tige. Les capacités de reconstitution d'un houppier et par conséquent de survie sont réduites. Seuls 15 % des tiges de dmm supérieures ou égales à 2cm/m sont dans ce cas.

Relation entre les diamètres et la hauteur du bris (graphique 6)

La tendance constatée sur les verticilles verts restant se confirme avec la hauteur de bris : il y a corrélation entre le diamètre des tiges et la hauteur de bris. Ainsi 95 % des arbres de moins de 15 centimètres de diamètre à 1,50 m de hauteur sont brisés à moins de 10 mètres de hauteur. Les capacités de production d'une grume de qualité à terme sont réduites. Seuls 6 % des tiges de diamètre 21 et + sont dans ce cas.

Relation entre la décroissance métrique et la hauteur du bris

La hauteur de bris est également corrélée avec la décroissance métrique moyenne. Mais à partir d'une décroissance de 1,5 cm/m, les tiges semblent mieux résister. Ainsi 70 % des arbres dont la dmm est voisine de 1 cm/m sont brisés à moins de 10 mètres de

hauteur. Les capacités de production d'une grume de qualité à terme sont réduites. Seuls 20 % des tiges de dmm supérieure ou égale à 1,5 cm/m sont dans ce cas.

L'étude démontre que les arbres de moins de 18 cm de diamètre et dont la décroissance métrique moyenne est inférieure à 1,5 cm, génèrent le plus souvent une belle qualité de grume, mais présentent une fragilité importante.

La hauteur du bris, le houppier vert restant et les conditions stationnelles et climatiques déterminent les capacités de redémarrage des arbres. On peut retenir schématiquement :

- moins de 4 à 5 verticilles verts : l'arbre est sans doute condamné ;
- plus de 4 à 5 verticilles verts : l'arbre devrait reformer une cime en baïonnette, mais sera récolté en priorité, l'eau pouvant s'infiltrer et provoquer un pourrissement. Si le bris est assez haut, la bille de pied poursuivra son développement et pourra être récoltée à terme.

Plus la décroissance est faible, donc le facteur d'élancement fort et le peuplement dense, plus la proportion de tiges cassées bas est importante. Mais inversement, cette cylindricité est un critère de qualité des tiges recherché, généralement corrélé avec la finesse des branches. Il s'agit donc de trouver un équilibre et, selon la situation des parcelles et les risques de bris, de « jouer » de façon plus ou moins intense sur la densité des peuplements par des coupes d'éclaircie relativement précoces permettant de fortifier

les tiges au détriment de leur cylindricité et finesse de branchaïson.

Itinéraires techniques et pertinence économique

De ces constatations, il se dégage un scénario sylvicole permettant de concilier la diminution des risques de bris et la production de bois de qualité. Il s'agit d'éviter de prendre du retard dans les premières coupes d'éclaircie (sinon, une sylviculture de « rattrapage » devra être engagée). La réalisation des premières coupes d'éclaircies doit avoir lieu dès qu'une bille de pied de 6 mètres au moins est formée et exempte de branches vertes. Cette intervention précoce augmente la croissance en diamètre des tiges réservées et leur permet de dépasser rapidement la taille critique. Nous avons effectué l'analyse économique de différents scénarios sylvicoles possibles. Nous avons ainsi simulé les recettes attendues sur 10 et 20 ans, selon deux hypothèses, coupe rase immédiate ou éclaircies sanitaires prélevant les tiges brisées à faible hauteur, en intégrant la qualité (donc la valeur) des produits récoltables et la production supposée des peuplements sinistrés sur les prochaines années.

L'analyse économique atteste que **dans aucun des cas rencontrés la coupe rase ne présente un intérêt économique** (même si des aides au reboisement sont obtenues).

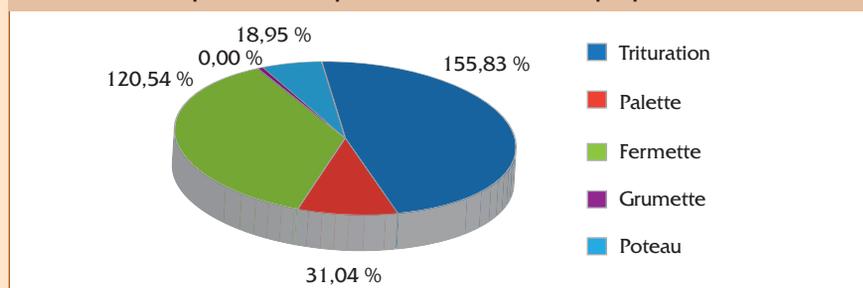
Deux solutions plus satisfaisantes du point de vue économique et patrimonial s'offrent donc au propriétaire :

Exemple d'étude économique sur placette de Lavilatte

SIMULATION à 10 ans

volume total = 326,36 m³/ha Placeau témoin
densité : 925 tiges/ha

Répartition des qualités sur l'ensemble du peuplement



Valeur du peuplement en 2019 : 3 476 €

**recette possible si éclaircie : 850 €
puis 1000 € tous les 8 ans**

Pour résumer : coupe rase immédiate - coût reboisement : 2973 € - 1 200 € : 1 773 €
et plus de recette pendant 30 ans
éclaircie sanitaire + éclaircie dans 10 ans : 817 € + 850 € : 1 667 €
et environ 1 000 € tous les 8 ans

Conclusion : aucun intérêt économique de tout couper

Nota : le coût de reboisement donné ici correspond à la partie restant à la charge du propriétaire après déduction des aides de l'État et du département, aides dont la pérennité est incertaine.

- réaliser une éclaircie d'ici 10 à 15 ans : laisser le peuplement se refermer, puis enlever les tiges cassées en vue d'obtenir des billes de qualité charpente ;
- intervenir immédiatement en éclaircie sanitaire, tant que les arbres « cassés bas » sont encore commercialisables, et pour prévenir une éventuelle attaque d'insectes. Elle comprend :
 - un cloisonnement (1 ligne sur 5 ou 6) si la coupe est mécanisée, et une éclaircie sélective en inter-bandes ;
 - l'exploitation des arbres cassés ayant moins de 4 à 5 verticilles verts ;
 - l'exploitation des cimes tombées au sol et commercialisables ;
 - la préservation des arbres ayant plus de 4 à 5 verticilles verts. Ils fourniront l'ambiance forestière pour l'installation d'une régénération naturelle ou d'une plantation, et participeront à l'élagage des tiges préservées. Ils seront prélevés plus tard en éclaircie classique pour améliorer la qualité du peuplement et favoriser les tiges les mieux conformées, tous les 5 à 8 ans

selon la fertilité de la station ;
- éventuellement une coupe d'amélioration dans le reste du peuplement, où les bris ne sont pas trop importants, en prélevant au maximum 30 % du volume.
Une procédure fiscale permet une réduction d'impôts fonciers (perte de récolte, reclassement des parcelles). Dans le cas où le reboisement est indispensable sur plus de 4 hectares (par tènement de 1 ha au moins), des aides de l'État à la reconstitution peuvent être obtenues.

Quelques conseils en prévention

Dès que la phase de compression, inévitable pour constituer une bille de pied « propre » (nette de branches vertes) sur au moins 6 m de hauteur est achevée, il faudrait éclaircir régulièrement les peuplements pour favoriser un développement en diamètre et limiter la durée de la période « critique » : tiges dont le diamètre < 20 cm sur les 6 premiers mètres, les plus sujettes à des bris bas. Une mise en crois-

sance libre des tiges d'avenir sélectionnées (200 à 300) serait une solution intéressante qui limiterait ces risques de bris et permettrait de raccourcir les révolutions chez l'épicéa dans un contexte climatique qui paraît de plus en plus contraignant.

Perspectives d'avenir

Un suivi tous les 5 ans des sites écologiques permettra d'observer régulièrement la réaction des tiges et de confirmer leur capacité de réaction selon la hauteur du bris et le nombre de verticilles verts restant.

Par ailleurs, selon l'importance des dégâts et l'intervention réalisée, on peut espérer un développement plus ou moins rapide de semis naturels en sous étage, car dans ce secteur géographique, sapin et hêtre très présents trouvent des conditions favorables pour s'implanter... L'observation des peuplements d'épicéa sinistrés dans des proportions comparables par des bris de neige lourde durant l'hiver 1999 révèlent ce type de colonisation naturelle.

À moins que la main d'un propriétaire n'apporte dans quelques trouées des jeunes plants d'essences nouvelles, favorisant la diversité et le jardinage des forêts. ■

**Frédérique Chambonnet (CRPF Rhône-Alpes) : frederique.chambonnet@crpf.fr*

***Frédéric Pernon (Ingénieur forestier indépendant) : uef.pernon@orange.fr*

Résumé

L'étude des dégâts de neige dans les jeunes peuplements résineux de la Montagne ardéchoise a montré l'influence de la décroissance métrique sur la hauteur du bris. Les arbres trapus résistent mieux que les arbres élancés. La densité du peuplement, l'importance du houppier vert restant sont mis en évidence pour l'établissement d'itinéraires sylvicoles alternatifs à la coupe rase.

Mots-clés : dégâts de neige, épicéas, Montagne ardéchoise.

La forêt au rendez-vous du paysage ?

Inventer ensemble un projet partagé sur les territoires forestiers

Michel Linot, ingénieur agronome et forestier paysager*

« Pourquoi et comment prendre en compte la qualité du paysage en forêt ? Une démarche de projet adaptée peut permettre au sylviculteur de répondre aux attentes de paysage en forêt et de respecter l'identité des territoires, tout en lui laissant sa liberté de prise de décision. »

« L

e paysage, y a pire chez les autres : regardez les agriculteurs, les industriels ! ». « De toutes fa-

çons, on ne peut rien faire puisque le paysage c'est subjectif ! ». Deux objections courantes concernant le paysage, lues encore récemment dans une revue forestière. Bien plus que de répondre à ces réserves, le Manuel paysager pour la forêt comtoise, céderom édité sur le sujet en 2009 par les forestiers franc-comtois est un outil de sensibilisation et d'analyse pour une meilleure prise en compte du paysage.

Certes, de graves atteintes au paysage touchent d'autres parties du territoire ; mais cela ne dispense pas le monde forestier de réfléchir sur ses pratiques



Une coupe forestière en sylviculture classique.

© M. Linot

La mobilisation autour du Manuel paysager

Le CRPF et l'ONF de Franche-Comté ont élaboré entre 2006 et 2009 un document pédagogique innovant : Manuel paysager pour la forêt comtoise, guide pour une gestion respectueuse des paysages.

Cet outil est le fruit d'un très large partenariat : monde forestier (CRPF, ONF, COFOR, syndicats), monde agricole, organismes du développement (PNR, CAUE...), administrations (DIREN, DRAF...) et collectivités (Région et départements, pays...).

Le travail a bénéficié d'un financement de la Région Franche-Comté et d'une aide de l'ONF.



© M. Linot



© M. Linot

Différents modes de travaux en forêt.

et sur la spécificité absolue de la forêt dans le paysage. Certes, la perception du paysage comporte une part de subjectivité ; mais cela ne supprime pas la rigueur des méthodes de projet et l'objectivité des critères d'analyse que l'approche paysagère offre au forestier.

Au-delà d'une présentation du Manuel paysager - contexte du travail, constats et objectifs, méthodes et outils professionnels proposés - cet article voudrait éclairer les raisons de la prise en compte du paysage dans la gestion forestière, les enjeux qui y sont liés, et esquisser quelques grands principes du travail paysager sur la forêt.

Constat et objectifs

Un triple constat est à l'origine du projet :
- des élus et des usagers, ainsi que certains propriétaires sensibilisés, attendent une gestion attentive au paysage en forêt,

- il n'existe pas d'outils pour une approche paysagère globale des situations forestières (les quelques documents existant conduisent à la reproduction docile de « solutions-types » face aux principaux problèmes),
- les paysagistes, aménagistes du territoire et les forestiers n'ont pas totalement conscience de la globalité du territoire, et il n'y a guère de dialogue entre eux.

En ont découlé plusieurs objectifs complémentaires :

- sensibiliser les forestiers au fait que la forêt participe à l'identité du territoire : lieu d'attachement, elle fait l'objet d'attentes paysagères,

- leur permettre de prendre en compte le paysage dans la gestion forestière, grâce à des méthodes de conduite de projet paysager et des outils d'analyse objectifs,

- sensibiliser les acteurs non-forestiers à la forêt et aux contraintes du travail sylvicole,

- contribuer à une meilleure prise en compte de la forêt dans les études paysagères.

Méthodes de travail, outils d'analyse et de décision

Ces apports techniques innovants seront illustrés par un cas concret dans le prochain numéro de Forêt-entreprise.

Le cœur technique du Manuel explore :

→ des méthodes de travail inspirées de la conduite de projets des paysagistes (cf *tableau (1)*) : clarification du projet, analyse-diagnostic de la situation, élaboration de solutions et comparaison critique, choix stratégique, mise en œuvre et évaluation. Cette approche globale est déclinée pour des opérations sylvicoles courantes et pour l'élaboration de PSG/Aménagement.

→ des outils d'analyse des situations forestières, pour fonder l'analyse paysagère de l'espace forestier (cf *tab. (2)*):

- la sensibilité paysagère des lieux (visibilité + fréquentation + degré de protection réglementaire) ; estimer le niveau de sensibilité est une étape centrale de l'analyse : une sensibilité faible autorise l'arrêt de la démarche paysagère et légitime les méthodes sylvicoles classiques, une sensibilité forte conduit à poursuivre la réflexion paysagère ;

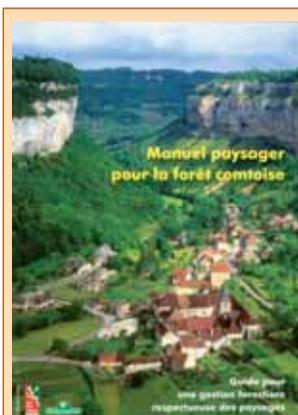
- des critères d'analyse visuelle des situations forestières, faisant référence au fonctionnement de la nature : lignes, formes, forces visuelles, transitions, échelle relative de l'opération par rapport à l'échelle du lieu, cohérence d'homogénéité ou de diversité. Ces critères visuels objectivants sont utilisés en vue externe (grand paysage) et en vue interne (ambiances forestières) ;

- le critère du temps, c'est-à-dire l'échelonnement de l'opération ;

→ des outils de comparaison critique des solutions envisagées (où se retrouvent les critères visuels), permettant une prise de décision argumentée, conciliant sylviculture, économie et paysage. (cf *tab. (3)*)

Ces méthodes de travail et ces outils sont scrupuleusement mis en œuvre et détaillés sur sept situations sylvicoles réelles.

Une telle proposition technique ne constitue qu'une manière parmi d'autres de gérer le paysage en forêt. Elle est exigeante et nécessite un appren-



Le Manuel paysager pour la forêt

Cédérom convivial, très documenté et abondamment illustré, le « Manuel paysager » propose successivement :

- une réflexion sur le paysage, sur la forêt et le territoire, et sur leurs dimensions sociale et culturelle (nombreuses références artistiques : peinture, littérature) ;
- une redécouverte de la Franche-Comté sous la double entrée Paysage-Forêt ;
- des apports opérationnels nouveaux :
 - une analyse des principales situations à enjeux concernant la forêt et le paysage,
 - des méthodes de travail sylvicole et paysager,
 - des outils d'analyse paysagère des situations forestières,
 - une série d'applications détaillées sur des cas concrets.

Tableau : (1) méthode d'approche globale d'une situation forestière
 (2) phases et outils d'analyse paysagère
 (3) approche comparative des solutions envisagées

OPÉRATION FORESTIÈRE ET PAYSAGE

Phases de travail

A. Enoncé du projet
 1 - rappeler les besoins et le contexte

B. Analyse du site - Diagnostic
 1 - analyse paysagère
 a - étude de la sensibilité paysagère
 b - lecture globale du territoire
 c - analyse du site en vision externe
 d - analyse de la forêt en vision interne
 e - synthèse : enjeux paysagers
 2 - analyse forestière
 a - caractéristiques de la forêt ou des parcelles
 b - gestion, historique, desserte et équipements
 c - fonctions écologiques et économiques
 d - synthèse : enjeux sylvicoles, écologiques et économiques
 3 - diagnostic : objectifs et critères de réussite de l'opération

C. Choix technique et modalités
 1 - étudier les solutions possibles puis retenir un projet cohérent
 2 - élaborer les règles de gestion de la solution retenue

Préparation de plans pour propriétaires et autorités compétentes
 + modalités réglementaires (en cas de protection)

Préparer l'opération sur le terrain
 avec acteurs ou partenaires extérieurs

D. Mise en œuvre et évaluation
 1 - suivi de l'opération dans le temps
 2 - évaluation

(1)

A Sensibilité paysagère

B Lecture du paysage

lecture statique + lisibilité
 lecture dynamique + temps

C Critères visuels

formes
 forces visuelles
 échelle
 transitions
 diversité

D Éléments d'ambiance

(2)

b - étude comparative des scénarios

| Composantes | Scénario 1 : régénération naturelle en place sur 30 ans | | Scénario 2 : régénération artificielle en 3 tranches sur 30 ans | |
|-----------------|---|---------------------|---|---------------------|
| | ambiances | inconvénients | ambiances | inconvénients |
| Infrastructures | ambiances positives | ambiances négatives | ambiances positives | ambiances négatives |
| Paysage | ambiances positives | ambiances négatives | ambiances positives | ambiances négatives |
| Forêt | ambiances positives | ambiances négatives | ambiances positives | ambiances négatives |
| Économie | ambiances positives | ambiances négatives | ambiances positives | ambiances négatives |
| Société | ambiances positives | ambiances négatives | ambiances positives | ambiances négatives |
| Environnement | ambiances positives | ambiances négatives | ambiances positives | ambiances négatives |
| Évaluation | ambiances positives | ambiances négatives | ambiances positives | ambiances négatives |

© extrait du Manuel paysager pour la forêt comtoise

tissage ; mais elle est aussi gage d'intelligence et de sécurité. Car, à la différence de bien d'autres, elle offre toutes garanties au propriétaire-gestionnaire : ces méthodes et outils, concrets et rigoureux, indépendants des contextes géographiques, permettent de gérer toutes les situations de manière autonome, ils ouvrent à des solutions sylvicoles sans risque majeur pour le paysage, et préservent la liberté de décision du forestier.

Le paysage, un bien commun

Le paysage apparaît comme un espace composé d'éléments naturels (relief, rivières, rocher, forêt...) et d'éléments liés à l'activité humaine (agriculture, habitat, infrastructures...); comme un décor statique posé là, une photographie instantanée.

Mais plus que cela, le paysage est la pièce qui se joue dans le décor, le film qui s'y déroule au cours du temps. « Résultat de la rencontre entre un territoire et une société », le paysage n'a pas d'existence en soi : il est la résultante de l'action des hommes qui habitent le territoire.

Bien au-delà d'un simple espace donné à voir, le paysage est un lieu

porteur de sens, d'identité et d'attachement, ce qu'énonce clairement la Convention européenne du paysage, ratifiée par la France en 2006 : « Le paysage est essentiel à la qualité de vie des populations : milieux urbains et campagnes, territoires dégradés comme ceux de grande qualité, espaces remarquables comme ceux du quotidien. Il concourt à l'élaboration des cultures locales et représente une composante fondamentale du patrimoine culturel et naturel de l'Europe,

contribuant à l'épanouissement des êtres humains... Sa protection, sa gestion et son aménagement impliquent des droits et des responsabilités pour chacun. »

Le paysage est donc reconnu comme un bien commun par les élus et les professionnels : il appartient à tout le monde et tous ceux qui s'y attachent y ont droit de parole.

En terme de démarche paysagère, le paysage est un puissant support de projet pour le territoire.



La forêt, évocatrice des mythes et légende
 Cahiers de l'environnement, Inra.

Pourquoi s'occuper du paysage en forêt ?

Les raisons sont multiples : techniques, psychiques, historiques et sociales.

« Tous les espaces... » ; la forêt représentant 28 % du territoire national, et jusqu'à 50 % dans certaines régions, comment serait-il possible de ne pas la voir, la percevoir, et de ne pas porter une appréciation sur elle puisqu'elle participe au paysage et marque l'identité locale ?

Raison plus profonde, enfouie dans le psychisme humain, la forêt est la matrice de l'humanité ; de tous temps espace nourricier pour l'homme et son bétail, pourvoyeur de bois pour se



La forêt, pensée comme un droit pour tout le monde

loger et se chauffer; espace porteur d'un imaginaire sans fin : peurs ancestrales et forces initiatrices transcrites dans les contes et légendes... Chacun de nous, et en premier le citoyen coupé de ses racines rurales, vit confusément la forêt comme le lieu de ses origines, c'est-à-dire comme un milieu naturel (le dernier à portée de tous) et appartenant à tout le monde.

Aujourd'hui, de plus en plus de propriétaires sont demandeurs de savoir-faire sur le paysage dans les lieux sensibles, par intérêt personnel, ou, chez nombre d'élus, pour répondre aux attentes sociales sur la forêt.

Soit ; mais alors, pourquoi le monde forestier aurait-il à initier lui-même cette réflexion? Par simple intérêt stratégique. Si, pour certains lieux sensibles, le paysage devient un volet de l'acte sylvicole, impliquer le forestier dès l'amont de la réflexion est la meilleure garantie pour y intégrer les spécificités et les contraintes de la sylviculture ; de loin préférable à des préconisations, pas forcément réalisables, venant de non-forestiers.

Les enjeux du paysage en forêt

Les grands enjeux sont soulignés par la Convention européenne du paysage : identité locale et patrimoine culturel, cohérence et fonctionnalité du



La forêt, pensée comme un milieu naturel

territoire, bien-être des populations, participation et lien social, développement économique et touristique.

Décliné pour la forêt, cela peut se traduire par : identité locale de l'espace forestier (physionomie, « naturalité ») et ambiances intra-forestières, dialogue de l'espace ouvert et de l'espace boisé, usages citoyens respectueux de la forêt, épaisseur culturelle, historique et patrimoniale, tourisme vert et blanc. Et, pour le forestier : compétence sylvicole et paysagère, reconnaissance sociale.

Attitudes du forestier soucieux du paysage

Paysage bien commun, espace forestier composante du paysage, forêt objet d'attachement et d'attentes des populations, approche globale du territoire, évaluation critique avant décision... Tous ces attendus dessinent quelques grands principes de la démarche paysagère appliquée à la forêt :

- mener une réflexion préalable, dégageant les besoins, les problèmes et questionnant les habitudes ;
- valoriser les approches écologiques et environnementales, souvent convergentes avec le paysage ;
- assurer une concertation avec d'autres pour garantir une diversité des regards : travailler à plusieurs ou, en tout

cas, soumettre la réflexion et les solutions envisagées à des tiers (acteurs locaux, si possible non forestiers) ;

- intégrer les deux perceptions de la forêt : vues externes (comprendre le territoire global et ses dynamiques, étudier les relations visuelles) et vues internes (valoriser, si besoin, les ambiances forestières) ;

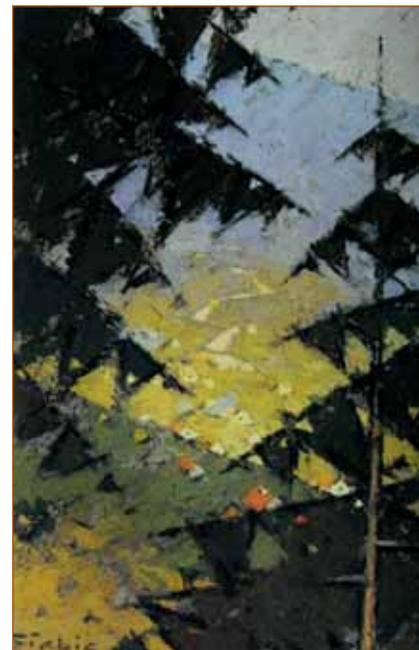
- rechercher des démarches partagées, car le paysage ne connaît pas les limites de propriété,

- réfléchir aux conséquences paysagères dans le temps des solutions avancées.

Comme le symbolise la peinture de Fiebig, la démarche paysagère est fondée sur le principe du dialogue : dialogue des espaces entre eux (forêt et espace ouvert) et dialogue des acteurs du territoire entre eux.

Elle appelle le forestier à élargir son regard, de sa forêt à tout le territoire, et à ouvrir sa réflexion à des tiers non forestiers. ■

Le prochain Forêt-entreprise développera un cas concret d'aménagement dans le détail.



F. Fiebig - Thannenkirch vu du Taennchel (1935).

Prestations Forêt-Paysage

Michel Linot est le seul répondant du Manuel paysager pour la forêt privée. Après 15 ans de travail sur ces questions, des formations spécifiques au paysage et à la gestion paysagère, il propose ses compétences et son expertise - à titre libéral - pour toute question liée au paysage en forêt : opération sylvicole sensible, PSG, parc boisé, conseil, formation... (cf. coordonnées ci-dessous)

Résumé

Pour tenir compte du paysage dans la gestion forestière, il convient d'élargir son regard au territoire global et aux ambiances forestières des lieux fréquentés. Cette approche nouvelle est l'objet du Manuel paysager pour la forêt. Le sylviculteur y trouvera des méthodes éprouvées de conduite de projets et des outils concrets d'analyse de situations forestières, utilisables dans toutes les régions et permettant des prises de décision conciliant sylviculture et paysage.

Mots-clés : paysage, gestion forestière, identité locale.

*michel.linot@free.fr; tél. : 03 84 33 66 01 - <http://paysage-foret-ingenierie.fr>

Bibliographie

- **Collectif, 2001.** *La gestion paysagère en forêt.* Forêt-entreprise 140, pp 15-47.
- **Corajoud Michel, 2000.** *Le jardinier, l'artiste et l'ingénieur.* Éditions de l'imprimeur ; ou : les attitudes de base pour un projet de paysage
<http://corajoudmichel.nerim.net>
- **Gernigon Christèle, 2002.** *Un guide paysager pour la forêt limousine.* ONE.
- **Harrison Robert, 1992.** *Forêts, essai sur l'imaginaire occidental.* Flammarion.
- **Linot Michel, 1999.** *La forêt à l'heure du paysage.* Forêt-entreprise 125, pp 48-53.
- **Schama Simon, 1999.** *Le paysage et la mémoire.* Seuil.

LEUGLAY (21)
TEL : 03.80.81.81.76
FAX : 03.80.81.80.30
e-mail :
leuglay@pepinieres-naudet.com

AUTUN (71)
TEL : 03.85.86.27.58
FAX : 03.85.52.31.17

LORDONNOIS (89)
TEL : 03.86.43.89.30
FAX : 03.86.43.46.62
e-mail :
lordonnois@pepinieres-naudet.com

PRECHAC (33)
TEL : 05.56.65.27.06
FAX : 05.56.65.27.87
e-mail :
prechac@pepinieres-naudet.com

LAMBESC (13)
TEL : 04.42.92.95.94
FAX : 04.42.92.70.22
e-mail :
luberon@pepinieres-naudet.com

naudet
PÉPINIÈRES FORESTIÈRES

Entreprise de reboisement - Travaux préparatoires - Plantations
Traitements - Dégagements

SA PEPINIERES NAUDET • 21 290 • LEUGLAY
Déplacement et livraison en France et à l'étranger

Plants forestiers
Plants forestiers en godets
Plants truffiers
Peupliers
Protections contre le gibier

Articles publiés dans Forêt-entreprise du n°184 à 195 (2009-2010)

Les numéros complets peuvent être commandés à l'IDF-diffusion, 23 avenue Bosquet,
75007 Paris - Tél. : 01 40 62 22 81 - fax : 01 40 62 22 87 – courriel : idf-librairie@cnpf.fr



Liste des rubriques

- Biodiversité • Bois-énergie • CeteF • Changement climatique • Économie**
• Équilibre sylvo-cynégétique • Essences forestières • Euformag • Gestion • Informatique
• Groupes de travail • Incendies de forêt • Libre-propos, point de vue • Matériel, mécanisation
• Matériel végétal • Phytosanitaire • Populiculture • Reconstitution de peuplement • Sol / eaux
• Sylviculture • Traitement irrégulier

Biodiversité

On connaît mieux maintenant le chêne-liège et son voisin le chêne vert...; Gauberville C., Lumaret R. ; 2009, n° 187, p. 60-63.

Le programme « Biodiversité et gestion forestière »; Bonhême I., Gauberville C. ; 2009, n° 188, p. 8-10.

L'indice de biodiversité potentielle ou IBP: un outil pratique au service de la biodiversité ordinaire des forêts; Larrieu L., Gonin P. ; 2010, n° 190, p. 52-57.

Agricultures d'hier et forêts d'aujourd'hui, programme BGF; Gauberville C. et al. ; 2010, n° 191, p. 58-60.

La vie agitée de l'écureuil roux; Riou-Nivert Ph. ; 2009, n° 188, p. 38-40.

Dossier Natura 2000 sans langue de bois !; Beaudesson P. ; 2010, n° 192, p. 9-45.

- *Natura 2000 : implication des forestiers, leurs craintes et leurs motivations*; Beaudesson P. ; 2010, n° 192, p. 10.

- *Natura 2000 : quelques rappels, son impact pour les forestiers*; Beaudesson P. ; 2010, n° 192, p. 11-13.

- *État d'avancement de Natura 2000*; Beaudesson P. ; 2010, n° 192, p. 14-18.

- *Le Groupe de 9, 15 ans après*;

Beaudesson P. ; 2010, n° 192, p. 19-21.

- *Site Sologne : une spécificité consensuelle*; Laporte M. ; 2010, n° 192, p. 22-24.

- *Marais poitevin : négociations autour des contrats peupliers*; Blanchard P. ; 2010, n° 192, p. 25-29.

- *La charte Natura 2000 du Massif des Bauges simple et pédagogique*; Housset J. ; 2010, n° 192, p. 30-32.

- *Natura 2000 Sologne : les avis divergent*; Maréchal N. ; 2010, n° 192, p. 33-35.

- *Les cahiers d'habitats Oiseaux*; Gauberville C. ; 2010, n° 192, p. 36-37.

- *Évaluation des incidences, la fin du volontariat*; Beaudesson P. ; 2010, n° 192, p. 38-41.

- *Où en est la Bourgogne dans la rédaction de l'annexe Natura 2000 du Schéma régional de gestion sylvicole ?*; Servant H. ; 2010, n° 192, p. 42-45.

Bois-énergie

La disponibilité des forêts françaises en bois énergie et matériau à l'horizon 2020; Colin A. et al. ; 2010, n° 193, p. 47-51.

CeteF

Le GDF de Charentes-Maritime, un nouveau-né plein de promesses; Rousset A.,

Colinot A., 2009, n° 184, p. 5-6.

Intercetef 2008 : la région PACA, vigie du changement climatique; Maréchal N. ; 2009, n° 185, p. 7-10.

CeteF de Bourgogne : la poursuite d'une longue histoire; Commeau A. et al. ; 2009, n° 186, p. 6-7.

Le groupement de développement forestier de Loir-et-Cher; Fleury M.T. et al. ; 2009, n° 188, p. 6-7.

Prise en compte des changements globaux dans la gestion forestière : les CeteF de Nord-Pas-de-Calais-Picardie s'impliquent; Merrien T. ; 2009, n° 187, p. 6-8.

Des CeteF planchent en commun sur le douglas; Maréchal N. ; 2010, n° 190, p. 58-59.

Intercetef 2009 en Auvergne : diagnostiquer les risques, pour mieux les prévenir; Colinot A. et al. ; 2010, n° 191, p. 54-57.

Regards croisés des CeteF Hauts-Normands sur les peuplements mélangés; Loutrel J. et al. ; 2010, n° 193, p. 6-8.

Dossier CETEF - GDF, des actions, des projets; Colinot A. ; 2010, n° 194, p. 9-49.

- *Les organismes de développement, leurs actions, leurs besoins*; Colinot A. ;

2010, n° 194, p. 10.

- *Les CETEF et groupes de développement forestier: portrait de famille*; Colinot A.; 2010, n° 194, p. 11-15.

- *CETEF et GDF: un capital de savoir-faire et d'expériences à partager*; Colinot A.; 2010, n° 194, p. 16-31.

- *Sortir l'expérimentation CETEF de sa boîte*; Colinot A., Paillassa E.; 2010, n° 194, p. 32-34.

- *Le douglas en France: l'empreinte du CETEF Limousin*; Ferron J.-L., Gaillard J.-P.; 2010, n° 194, p. 35-38.

- *Feuillus précieux: de l'ombre à la lumière grâce aux CETEF*; Allegrini C.; 2010, n° 194, p. 39-43.

- *Du grain à moudre pour l'avenir*; Colinot A.; 2010, n° 194, pp. 44-46.

- *Revitaliser les CETEF*; Le Nail B.; 2010, n° 194, p. 47-49.

Une expérience intéressante d'autovalorisation de ses bois; Sicot N. et al.; 2010, n° 195, p. 5-8.

Changement climatique

Les oiseaux face au changement climatique; Archaux F.; 2009, n° 186, p. 8-10.
AFORCE, un réseau mixte technologique sur l'adaptation des forêts face au changement climatique; Perrier C.; 2009, n° 186, pp. 59-62.

Les chênaies atlantiques face aux changements climatiques globaux: comprendre et agir; Lemaire J. et al.; 2010, n° 191, p. 50-53.

Économie

Dossier Calculs économiques et gestion forestière; Gauthier A.; 2009, n° 187, p. 10-45.

- *Calculs économiques et gestion forestière*; Gauthier A.; 2009, n° 187, p. 10.
- *Quelques outils pour le calcul économique en forêt*; Gauthier A.; 2009, n° 187, p. 11-21.

- *L'évaluation des forêts, un outil de gestion*; Gauthier A., Fiat J.-B.; 2009, n° 187, p. 22-26.

- *Le point de vue de propriétaires*

forestiers...; Chatelperron A. de, Corcelles L. de; 2009, n° 187, p. 27-28.

- *La rentabilité en futaie irrégulière*; Bruciamacchie M., Turckheim B. de; 2009, n° 187, p. 29-34.

- *Calculer les coûts ou bénéfices de pratiques sylvicoles favorables à la biodiversité: comment procéder?*;

Bruciamacchie M., et al.; 2009, n° 187, p. 35-39.

- *Une demande croissante d'évaluation économique des services rendus par la forêt: exemple de l'eau potable*; Fiquepron J.; 2009, n° 187, p. 40-45.

Estimation du préjudice monétaire dû à la tempête Klaus pour les propriétaires forestiers; Lecocq M. et al.; 2009, n° 189, p. 48-52.

La forêt, un placement alternatif?; Maréchal N.; 2009, n° 189, p. 59.

Bel exemple de coopération forestière; Maréchal N.; 2010, n° 192, p. 57-60.

Le marché des forêts rattrapé par la crise; Marechal N.; 2010, n° 194, p. 61-63.

Équilibre sylvo-cynégétique

Forêt et cervidés: pour une gestion durable des territoires; Loudes J.-P.; 2009, n° 185, p. 51-54.

Essences forestières

Chêne

La plantation par points d'appui: une solution pour reconstituer ou enrichir les chênaies dépérissantes; Nebout J.-P.; 2009, n° 184, p. 58-62.

Conduite des opérations de régénération dans les chênaies-charmaies du Centre de la France; Nebout J.-P.; 2009, n° 187, p. 54-59.

Produire du chêne de qualité en futaie claire en moins de cent ans; Maréchal N.; 2010, n° 190, p. 6-8.

Le chêne autrement, extraits du guide technique; Lemaire J.; 2010, n° 191, p. 44-48.

Régénération naturelle des chênaies: l'expérience du Groupement forestier familial des Bois de Jaligny; Nebout J.-P.;

2010, n° 192, p. 54-56.

Gérer un peuplement de chênes sessiles en retard d'éclaircies; Gomez M. et al.; 2010, n° 193, p. 52-56.

Les amours secrètes du chêne et du vin... suite; Nebout J.-P.; 2010, n° 194, p. 58-60.

Fruitiers forestiers

Fruitiers forestiers: revenus et diversité; Girard S., Becquey J.; 2009, n° 184, p. 11-53.

- *Ces chers fruitiers: une diversité à favoriser*; Girard S.; 2009, n° 184, p. 12-13.

- *Autécologie des fruitiers forestiers: merisier, alisier torminal, cormier, poirier commun et pommier sauvage*; Larrieu L., Gonin P.; 2009, n° 184, p. 14-21.

- *Les pathogènes des fruitiers forestiers*. Favre C.-M., 2009, n° 184, p. 22-24.

- *Petit rappel sur l'évolution des peuplements de futaie régulière*; Moyses F.; 2009, n° 184, p. 25.

- *Maintenir et éduquer à moindre coût des fruitiers forestiers dans les jeunes peuplements mélangés*; Moyses F.; 2009, n° 184, p. 26-30.

- *Gérer l'alisier torminal dans les peuplements mélangés*; Wilhelm G.-J.; 2009, n° 184, p. 31-35.

- *Des questions à se poser avant de planter*; Becquey J.; 2009, n° 184, p. 36.

- *Plantation d'alisiers en Nord-Pas de Calais*; Poulain G.; 2009, n° 184, p. 37-38.

- *Parmi les fruitiers forestiers, n'oubliez pas les noyers!* Becquey J.; 2009, n° 184, p. 39.

- *Fruitiers forestiers: que trouve-t-on en pépinière?*; Girard S.; 2009, n° 184, p. 39-44.

- *Renouveler ou créer des peuplements avec des fruitiers forestiers*; Becquey J.; 2009, n° 184, p. 45-50.

- *Utilisation et marchés des fruitiers forestiers*; Gauthier A.; 2009, n° 184, p. 50-53.

Un exemple de valorisation des fruitiers forestiers en Midi-Pyrénées; Mathieu P.;

2009, n° 187, p. 64.

Fruitières forestières : la cerise sur le gâteau; Becquey J. ; 2010, n° 193, p. 43-46.

Douglas

Dossier: Le douglas, planter... et après; Riou-Nivert P. ; 2009, n° 188, p. 11-40.

- *Les densités de plantation des résineux : facteurs de choix et implications*; Riou-Nivert P. ; 2009, n° 188, p. 13-17.

- *Bilan national sur le dépressement du douglas*; Riou-Nivert P., Paulus J. ; 2009, n° 188, p. 18-22.

- *Les sylviculteurs du Beaujolais et le douglas*; Carrabin G., Meneau A. ; 2009, n° 188, p. 23-26.

- *Perspectives de valorisation et de transformation du douglas en Bourgogne*; Collet R. et al.; Bleron L. ; 2009, n° 188, p. 27-31.

- *Des résineux dépérissent en Midi-Pyrénées!*; Ortisset J.-P. et al. ; 2009, n° 188, p. 32-36.

- *Renouveau naturel des peuplements de douglas*; Joannin H., Farinotti S. ; 2009, n° 188, p. 37.

La régénération naturelle du douglas : une expérience à acquérir en Normandie; Paploray C. ; 2010, n° 191, p. 7-12.

De nouvelles orientations sylvicoles pour le douglas en forêt privée de Bourgogne; Deconninck M.-C. ; 2010, n° 191, p. 48-49.

Noyer

Plantation de noyers : fixer et suivre un parcours cohérent; Becquey J. ; 2010, n° 192, p. 5-6.

Euformag

Bienvenue à Euformag, réseau européen de magazines forestiers; Giry C., Mori P. ; 2010, n° 192, p. 61-63.

Les plantations polycycliques permanentes. *L'arboriculture se rapproche de la forêt*; Buresti Lattes E. et al. ; 2010, n° 195, p. 61-64.

Gestion

Évaluation des dégâts de la tempête Klaus dans les peuplements de pin maritime; Lucas S. ; 2009 n° 188, p. 41-45.

Motivations et attentes des propriétaires forestiers privés des régions Rhône-Alpes et Bourgogne; Galbert M. de ; 2009, n° 189, p. 60-64.

Nouvelles orientations de gestion de la Société forestière; Maréchal N. ; 2009, n° 189, p. 57-58.

Évaluation des dégâts dus à la tempête Klaus 24 janvier 2009; 2009, n° 185 p. 5-6.

Dépérissement et présence de gui dans les sapinières du Livradois-Forez; Morel A. ; 2010, n° 193, p. 61-64.

Groupes de travail

Le groupe « fruitiers forestiers » : lieu d'échange d'informations et de savoir-faire; Becquey J. ; 2009, n° 184, p. 7-10.

Groupe Fruitières forestières en Maine-Anjou; Guillaud H. ; 2010, n° 192, p. 7.

Incendie de forêts

Dossier Incendies de forêts : connaître pour prévenir; Picard O., Rigolot E. ; 2009, n° 185, p. 12-48.

- *Un dossier sur les incendies, pourquoi?*; Picard O. ; 2009, n° 185 p. 12.

- *Les incendies en région méditerranéenne*; Rigolot E., Roche P. ; 2009, n° 185, p. 13-14.

- *De la connaissance des causes de départ de feu à la prévention*; Ganteaume A. ; 2009, n° 185, p. 15.

- *Les facteurs naturels du comportement des feux de forêt*; Jappiot M. et al. ; 2009, n° 185, p. 16-18.

- *La modélisation du feu : une technologie puissante pour la simulation et la prédiction de la propagation*; Pimont F. et al. ; 2009, n° 185, p. 18-19.

- *Modélisation et cartographie du combustible*; Borgniet L. et al. ; 2009, n° 185, p. 19-20.

- *Définition du risque d'incendie*; Jappiot M. ; 2009, n° 185, p. 21.

- *Le risque conjoncturel*; Borgniet L. ; 2009, n° 185, p. 22.

- *Cartographier les interfaces habitat-forêt : un enjeu pour la prévention*; Lampin-Maillet C. ; 2009, n° 185, p. 23-25.

- *Du régime de feu aux différents impacts*; Curt T. et al. ; 2009, n° 185, p. 26-28.

- *Adaptation de la végétation méditerranéenne aux incendies*; Schaffhauser A. et al. ; 2009, n° 185, p. 29.

- *Impact sur l'environnement*; Venetier M. ; 2009, n° 185, p. 30-31.

- *L'aménagement et la compartimentation des massifs*; Rigolot E. ; 2009, n° 185, p. 32-34.

- *Sylviculture et prévention des incendies en région PACA*; Amandier L. ; 2009, n° 185, p. 35-37.

- *Après l'incendie : la suberaie?*; Amandier L. ; 2009, n° 185, p. 38-40.

- *Aspects légaux et réglementaires : un corpus assez complet existe, encore faut-il l'appliquer!*; Duché Y. ; 2009, n° 185, p. 41-42.

- *La protection de la forêt contre les incendies en Aquitaine*; Mace P. et al. ; 2009, n° 185, p. 43-45.

- *La renaissance du feu tactique*; Coste N. ; 2009, n° 185, p. 46.

- *Perspectives : incendies et changement climatique*; Rigolot E. ; 2009, n° 185, p. 47-48.

Informatique

Dossier: Informatique et gestion forestière; Chartier M. ; 2009, n° 186, p. 11-51.



- *Un dossier sur les applications* ; Chartier M. ; 2009, n° 186, p. 11.

- *Gérer sa forêt par informatique* ; Chartier M. ; 2009, n° 186, p. 13-17.

- *Les logiciels forestiers* : pour qui, pour quoi ? ; Chartier M. ; 2009, n° 186, p. 18-22.

- *Cartographie environnementale et forestière : quels enjeux ?* ; Barbe C. et al. ; 2009, n° 186, p. 23-26.

- *GeoSylva Lorraine : un outil pour la prise en compte des mesures environnementales* ; Barnerias C. ; 2009, n° 186, p. 27-31.

- *Utilisation du logiciel Capsis pour la gestion forestière* ; Meredieu C. et al. ; 2009, n° 186, p. 32-36.

- *Sylvie : l'outil de diagnostic des peuplements de l'ONF* ; Lombart T. ; 2009, n° 186, p. 37-38.

- *De la forêt au site internet : la chaîne de l'information de l'IFN* ; Cousin J.-L. ; 2009, n° 186, p. 39-41.

- *Cartographie du bois énergie en Bourgogne* ; Vanstaevel B. ; 2009, n° 186, p. 46-51.

- *Cegeb.com : 10 ans d'informatique forestière* ; Couvelard H., Peneau J.M. ; 2010, n° 191, p. 61-63.

- *Coforet lance Boursefoncière, son nouvel outil de WebMapping* ; Martin N. ; 2010, n° 193, p. 57-60.

- *Foretpriveefrancaise.com, le portail des forestiers privés* ; Tourret V. ; 2010, n° 194, p. 4-8.

Libre-propos, point de vue, témoignage

- *Un constat de désastres* ; Martin R. et al. ; 2009, n° 189, p. 53-56.

- *Quelles réponses de l'industrie en Aquitaine ?* ; Martin R. et al. ; 2010 n° 190, p. 60-64.

- *Bois-énergie : une fausse bonne solution pour atténuer l'effet de serre* ; Leturcq P. ; 2010, n° 192, p. 46-50.

Matériel, mécanisation, travaux forestiers

Dossier Mécanisation forestière ;

Picard O., Cacot E. ; 2010, n° 190, p. 10-44.

- *Les machines mobilisent les forestiers* ; Picard O. ; 2010, n° 190, p. 10-11.

- *Mécanisation du bûcheronnage en France : l'état des lieux en 2009* ; Laurier J.-P. ; 2010, n° 190, p. 12-17.

- *La mécanisation de l'exploitation des peuplements feuillus* ; Cacot E. ; 2010, n° 190, p. 18-22.

- *Protéger les sols, source de vie* ; Picard O. ; 2010, n° 190, p. 23-26.

- *Enjeux futurs de la mécanisation : petit exercice de prospective* ; Cacot E. ; 2010, n° 190, p. 30-33.

- *Récolte de bois et ergonomie* ; Bigot M. ; 2010, n° 190, p. 27-29.

- *La mécanisation légère au service de la sylviculture* ; Maréchal N. ; 2010, n° 190, p. 34-37.

- *Mécafor, à l'avant-garde de la mécanisation forestière* ; Maréchal N. ; 2010, n° 190, p. 38-41.

- *Plantation mécanisée de douglas* ; Maréchal N. ; 2010, n° 190, p. 42-44.

- *Des travaux de dégagement plus facile avec le Sylva-cass* ; Maréchal N. ; 2010, n° 195, p. 50-51.

Matériel végétal

- *Variétés améliorées : nouveautés 2008 et disponibilités en pépinière* ; Girard S. ; 2009, n° 184, p. 54-57.

- *Variétés forestières : disponibilités en pépinière pour la campagne 2009-2010* ; Girard S. ; 2010, n° 190, p. 45-47.

Milieus, sols, eaux

- *La phytoremédiation, ou la bonne santé des sols par les plantes* ; Charnet F. ; 2009, n° 188, p. 60-64.

- **Dossier Forêt et eau potable, des services à mettre en valeur** ; Fiquepron J. ; 2010, n° 193, p. 11-42.

- *Forêt et eau potable, des services à mettre en valeur* ; Fiquepron J. ; 2010, n° 193, p. 12-13.

- *Impacts des espaces boisés sur la qualité de l'eau* ; Charnet F. ; 2010, n° 193, p. 14-19.

- *Captages d'eau et gestion forestière en*

Midi-Pyrénées : les acteurs s'associent ; Marty P. ; 2010, n° 193, p. 20-23.

- *Animation du territoire pour la protection de captages en forêt de montagne* ; Fiquepron J. ; 2010, n° 193, p. 24-28.

- *La forêt, un bien pour la qualité et le prix de l'eau* ; Fiquepron J. ; 2010, n° 193, p. 25-32.

- *Boiser les zones de captage d'eau potable : un défi prometteur* ; Formery M., Persuy A. ; 2010, n° 193, p. 33-35.

- *L'aspect naturel de l'eau potable d'origine forestière a une valeur pour les ménages* ; Fiquepron J. ; 2010, n° 193, p. 36-38.

- *Vivre de... forêt et d'eau fraîche et pourquoi pas de poisson ?* ; Vermont S. ; 2010, n° 193, p. 39-42.

Pathologie

- *Situation sanitaire du pin maritime sur le massif aquitain* ; Flot J.-L. ; 2010, n° 193, p. 9-10.

- *La santé des forêts, un sujet d'actualité* ; Nageleisen L.M. et al. ; 2010, n° 195, p. 56-60.

Phytosanitaire

- *En 2009, révisons les techniques de lutte contre l'hylobe* ; Saintonge F.X. ; 2009, n° 186, p. 52-54.

- *L'utilisation des herbicides en forêt : vers une disparition programmée* ; Dodet M. et al. ; 2009, n° 188, p. 56-59.

- *Contre les principaux ennemis des forêts, une belle palette de méthodes de lutte !* ; Saintonge F.X. et al. ; 2010, n° 192, p. 51-53.

Populiculture

- *Le puceron lanigère, nouvelle « peste » des peupleraies* ; Paillassa E. ; 2009, n° 186, p. 55-58.

- *Fiches stations peuplier, la station riche humide* ; Paillassa E. ; 2009, n° 187, p. 46-53.

- *Fiches stations peuplier, la station riche fraîche* ; Paillassa E. ; 2009, n° 188, p. 51-55.

- *Le peuplier sur station limoneuse profonde* ; Paillassa E. ; 2010, n° 194, p. 54-57.



Où trouver les cultivars de peuplier pour les plantations 2009-2010 ; Paillassa E. ; 2010, n° 190, p. 48-51.

Où trouver les cultivars de peuplier pour les plantations 2010-2011 ? ; Paillassa E. ; 2010, n° 195, p. 52-55.

Peupleraie française : rouilles et puceron lanigère, l'inquiétude demeure ; Baubet O., Carouille F. ; 2009, n° 189, p. 44-47.

Situation du puceron lanigère en 2009 ; Baubet O., Goudet M. ; 2010, n° 194, p. 50-53.

Dossier Qualités du bois de peuplier ; Paillassa E. ; 2010, n° 191, p. 13-43.

- Un référentiel qualités du bois de peuplier : pourquoi ? comment ? ; Paillassa E. ; 2010, n° 191, p. 14-17.

- Quelles sont les exigences qualité du bois des industriels du peuplier pour leurs produits ? ; Paillassa E. ; 2010, n° 191, p. 18-21.

- Caractéristiques générales du bois et des fibres ; Berthelot A. et al. ; 2010, n° 191 p. 22-26.

- Effets cultivars et stations sur la déroulabilité du peuplier et la qualité des produits issus du déroulage ; El Haouzali H. et al. ; 2010, n° 191, p. 27-32.

- Comportement au séchage et rétractibilité de peuplier ; Aleon D. et al. ; 2010, n° 191, p. 33-36.

- Caractéristiques anatomiques des Populus sp. et cultivars ; Passedat N. ; 2010, n° 191, p. 37-38.

- Les cultivars de peuplier : caractéristiques mécaniques du bois ; Reuling D. et al. ; 2010, n° 191, p. 39-43.

Reconstitution de peuplement

Le reboisement après les tempêtes de 1999 : quelques enseignements dans le Puy-de-Dôme ; Vidal C., Jay D. ; 2009, n° 189, p. 6-8.

Santé des forêts : bonne réussite des plantations forestières ; Saintonge F.X., Pauly H. ; 2010, n° 195, p. 46-49.

Sylviculture

Vers une sylviculture économe ; Dupayage L. ; 2009, n° 188, p. 46-50.

Traitement irrégulier

Dossier Traitement irrégulier: pourquoi s'y intéresser? ; Becquey J. ; 2009, n° 189, p. 10-43.

- Traitement irrégulier : pourquoi s'y intéresser ? ; Becquey J. ; 2009, n° 189, p. 11.

- Pas seulement une alternative à la coupe rase ; Becquey J. ; 2009, n° 189, p. 12.

- Une solution adaptée à de nombreuses situations : la sylviculture irrégulière, continue et proche de la nature ; Givors A. ; 2009, n° 189, p. 13.

- Toutes les belles tiges peuvent être d'avenir ; Becquey J. et al. ; 2009, n° 189, p. 14-16.

- Les arbres de tous les peuplements passent par les mêmes stades ; Becquey J. ; 2009, n° 189, p. 17-18.

- Un renouvellement diffus et en douceur ; Sevrin E. ; 2009, n° 189, p. 19-22.

- Maintenir le volume sur pied à des niveaux convenables ; Ancel P. ; 2009, n° 189, p. 23-25.

- Des arbres aux rôles multiples ; Lecomte B. ; 2009, n° 189, p. 26-27.

- La coupe jardinatoire : discrète et rentable ; Turckheim B. de ; 2009, n° 189, p. 28-32.

- Les gros bois ont de l'avenir, exemples du chêne et du douglas en Bourgogne ; Vanstaevel B. ; 2009, n° 189, p. 33-36.

- Jusqu'où peut-on laisser grossir les bois ? ; Vanstaevel B. ; 2009, n° 189, p. 37.

- Les gros bois au service de la sylviculture, exemples du chêne et du douglas en Bourgogne ? ; Vanstaevel B. ; 2009, n° 189, p. 38.

- Des gros bois épars pour la biodiversité ; Simon E. ; 2009, n° 189, p. 39-41.

- Valoriser les peuplements forestiers par le traitement irrégulier ; 2009, n° 189, p. 42-43.

Dossier Traitement irrégulier: connaître, prévoir, agir ; Becquey J. ; 2010, n° 195, p. 9-45.

- Traitement irrégulier : connaître, prévoir, agir ; Becquey J. ; 2010, n° 195, p. 10.

- Plan simple de gestion « irrégulier » : en cours de régularisation ; Becquey J. et al. ; 2010, n° 195, p. 11-13.

- Éléments de base d'une gestion en sylviculture irrégulière ; Givors A. ; 2010, n° 195, p. 14-17.

- Plans simples de gestion : même traitement pour tous ; Becquey J. et al. ; 2010, n° 195, p. 18-20.

- Audit et suivi de forêts par inventaire statistique ; Mayeux B. ; 2010, n° 195, p. 21-24.

- Caractérisation des peuplements forestiers : principales méthodes utilisables pour la gestion ; Becquey J. ; 2010, n° 195, p. 25-26.

- Préparer son document de gestion avec un inventaire typologique ; Sevrin E. et al. ; 2010, n° 195, p. 27-31.

- Coupe jardinatoire : le marteleur au pied de l'arbre ; Vanstaevel B. ; 2010, n° 195, p. 32-34.

- Martelage en traitement irrégulier : une clé pour démarrer ; Vanstaevel B. et al. ; 2010, n° 195, p. 35-36.

- Un martelage en traitement irrégulier dans un fauteur ; Vanstaevel B. ; 2010, n° 195, p. 37-40.

- Améliorer la biodiversité par une gestion forestière multifonctionnelle ; Schütz J.-P. et al. ; 2010, n° 195, p. 41-45.

Sylvopastoralisme

De la forêt pâturée au sylvopastoralisme ; Guerin G., Paulus J. ; 2009, n° 185, p. 55-57.