

t

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

n° 29-30 été - automne 2010



Dossier
p.21

L'ONF sur la côte méditerranéenne

L'étude des chantiers en exploitation forestière

p. 60



patrimoine
sylviculture
progrès

connaissances

économie

forêts et société

environnement

biodiversité

gestion durable

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

Directeur de la publication

Bernard Gamblin

Rédactrice en chef

Christine Micheneau

Comité éditorial

Jean-Marc Brézard, Léo Castex, Benoît Cuillier,
Jean-François Dhôte, Philippe Durand, Didier
François, Pierre-Edouard Guillain, Véronique Vinot

Maquette, impression et routage

Imprimerie ONF - Fontainebleau

Conception graphique

NAP (Nature Art Planète)

Crédit photographique

Page de couverture

En haut : E. Valles, ONF

En bas : C. Perinot, FCBA Sud-Est

Page d'ouverture du dossier

J. Favennec, ONF

Périodicité

4 numéros ordinaires par an

(possibilité d'éditions resserrées en numéros doubles)

Accès en ligne

[http://www.onf.fr/\(rubrique Lire, voir, écouter/Publications ONF/ Périodiques\)](http://www.onf.fr/(rubrique Lire, voir, écouter/Publications ONF/ Périodiques))

Disponibilité au numéro, abonnement

Renseignements : ONF - cellule de documentation technique, boulevard de Constance, 77300 Fontainebleau

Contact : dtcb-documentation@onf.fr

ou par fax : 01 64 22 49 73

Dépôt légal : novembre 2010

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

s o m m a i r e

n° 29-30 été - automne 2010

- 3 pratiques
Gestion durable des forêts publiques : vers une meilleure prise en compte de la demande en résineux
par Laurence Lefèbvre
- 8 méthodes
Observatoire des dynamiques naturelles de végétation après tempête : premiers constats et conséquences sylvicoles
par Eric Lacombe et Rosalinde Van Couwenberghe
- 17 pratiques
Grumes de hêtre stockées en « silo étanche » en forêt de Chizé : bilan qualitatif 10 ans après
par Jérôme Moreau et Daniel Barré
- 21 **dossier thématique**
L'ONF sur la côte méditerranéenne
- 53 connaissances
Valorisation de la biodiversité par plantations d'espèces locales en Guyane française - Bagassa guianensis : une essence d'avenir ?
par Vincent Bézard, Stéphane Guitet et Emmanuel Boucher
- 60 méthodes
L'étude des chantiers en exploitation forestière - Méthodes et protocoles
par Didier Pischedda
- 71 fiche technique
Fiche n° 3 – Reconnaissance des arbres à conserver pour la biodiversité du plan d'action environnemental

éditorial

Ce numéro des Rendez-vous techniques s'ouvre sur un article qui fait le point sur les plantations et sur la place des résineux dans les forêts publiques, en écho à une inquiétude des professionnels de la filière forêt – bois. Celle-ci est fondée et mérite qu'on s'y arrête.

Les professionnels amont (graines et plants, travaux forestiers) et aval ont témoigné ensemble « de l'urgence de réinvestir la forêt », dénonçant la faiblesse de l'effort de reboisement en France et ses conséquences à court et moyen terme sur la filière bois et proposant à l'État les mesures qu'ils jugent appropriées. De leur côté, la forêt privée (UCFF) et les industriels du bois (FNB) ont organisé à la foire forestière internationale Euroforest un colloque très suivi par les acteurs de la filière forêt-bois sur « les besoins de l'industrie du sciage résineux et la nécessité de relancer le reboisement ».

Le secteur des sciages résineux est un secteur majeur de l'économie du bois ; la demande est en forte croissance, notamment grâce aux objectifs du Grenelle quant à l'augmentation de la proportion de bois dans la construction. Or la ressource résineuse française vient pour une part importante des reboisements FFN des années 50 à 90, plantations qui n'ont cessé de régresser ensuite, surtout après la suppression du FFN en 2000. Si la tendance perdure, deux conséquences : 1) la filière graines et plants sera gravement compromise et 2) le succès de la construction bois (cf. Grenelle de l'environnement) provoquera un mouvement massif d'importation. La France y perdra des emplois et le bilan CO₂ général final ne sera pas optimum.

L'ONF, responsable de plus du quart de la forêt française métropolitaine, est partie prenante du problème et se doit d'écouter les demandes de la société. Il faut inclure cette question dans nos réflexions techniques et stratégiques notamment dans le cadre du prochain contrat État-ONF.

De même, les premiers résultats concrets découlant de l'analyse de l'observatoire des dynamiques naturelles de végétation après tempête montrent qu'il y a des situations où il faut agir par reboisement, tout de suite pour certaines ou à 3 ans pour d'autres.

Le Directeur technique et commercial bois
Bernard GAMBLIN

Gestion durable des forêts publiques : vers une meilleure prise en compte de la demande en résineux

Du 17 au 19 juin 2010, la 5^e édition de la foire forestière internationale Euroforest a réuni à Saint Bonnet de Joux (71) tous les acteurs de la forêt et du bois, avec de nombreux exposants, des démonstrations et un colloque apparemment très attendu intitulé « Besoins en bois de l'industrie du sciage résineux et reboisement ».

Placé sous le double patronage de l'Union de la Coopération Forestière Française (UCFF) et de la Fédération Nationale du Bois (FNB), ce colloque entendait répondre à une préoccupation forte de l'industrie du sciage résineux et des producteurs forestiers : l'industrie du sciage s'est considérablement développée ces 10 dernières années à partir des plantations résineuses du Fonds Forestier National (FFN), une ressource appréciée ; or on assiste à une chute des reboisements qui met en péril l'ensemble de la filière bois.

Plus généralement, les professionnels de la filière bois (Pépinieristes, UNEP, FNB et EDT) s'inquiètent d'une production globalement « insuffisante » de ressources forestières en France pour répondre à la demande croissante de bois, en réponse notamment aux objectifs du Grenelle de l'environnement consistant à augmenter, d'ici 2020, l'utilisation du bois en tant que matériau et énergie renouvelables. Et ils pointent plus particulièrement du doigt un déficit de plantations résineuses (sapin, épicéa, douglas), indispensables à la production de bois d'œuvre pour la construction bois. À



Peuplement de douglas

A. Angelier / ONF

l'heure actuelle la France produit en moyenne 7 millions de m³ de sciages de résineux par an et en importe pour 3 millions de m³. Si l'utilisation du bois dans les constructions neuves doit être multipliée par dix d'ici à 2020, l'offre ne suivra donc pas la hausse de la demande menant ainsi des importations massives de résineux et à leurs conséquences : dégradation de la balance commerciale française et émissions supplémentaires de CO₂ liées au transport sur de plus grandes distances.

Le directeur général de l'ONF étant invité à participer à l'atelier de discussion qui clôturait le colloque, nous avons saisi cette occasion de faire le point sur les plantations d'une part et sur la place des résineux d'autre part dans les forêts publiques.

Depuis 30 ans, diminution des plantations dans les forêts publiques...

Le nombre total de plants utilisés en forêts publiques a été divisé par 3,5 en 30 ans (1980 - 2009) et cette diminution a été encore plus sensible pour les résineux que pour les feuillus (figure 1). Plusieurs facteurs sont à l'origine de cette diminution, particulièrement prononcée depuis le début des années 90.

■ **Les densités de plantation ont baissé** de 3 000 pl/ha en moyenne en 1986 à 1 900 pl/ha au milieu des années 90 et jusqu'à moins de 1 200 pl/ha aujourd'hui. Cette diminution s'est faite sous l'impulsion des règles de subventionnement public élaborées par le ministère chargé des forêts, notamment pour les forêts des collectivités.

■ **Les directives des années 90 internes à l'ONF ont eu une double incidence. Les DNAG de 1990 privilégient expressément les essences feuillues**, pour répondre à la demande forte de la filière aval en bois feuillu et affirmer le rôle de la forêt domaniale dans le maintien la production de chêne de qualité. La première instruction sur la protection de la biodiversité paraît en 1993, **et la régénération naturelle est encouragée**, avec la mise au point de nouveaux itinéraires sylvicoles, y compris pour les peuplements résineux réguliers de plaine.

■ **Le déséquilibre forêt gibier** contribue aussi au recul des plantations, en raison du **surcoût généré par les protections contre le gibier, indispensables** dans un nombre croissant de forêts depuis la mi-90. Le surcoût est de 40 % à 100 % selon les essences.

■ **La suppression du FFN (1997)**, enfin, affecte les investissements en forêts communales.

En forêt domaniale, la surface annuelle plantée a baissé de 6 000 ha/an dans les années 80 à 4 000 ha/an au milieu des années 90 puis à 3 300 ha/an en moyenne pour la période 2005-2008. Jusqu'aux tempêtes de 1999, les surfaces plantées en résineux représentaient la moitié de la surface totale. Depuis, elles ne représentent plus que le tiers de la surface plantée. En forêts des collectivités la diminution des surfaces plantées a été encore plus forte. Notons que les reconstitutions après les tempêtes de 1999 ont concerné 99 000 ha de forêts publiques (38 400 ha en FD, 60 600 ha en FC), dont 1/3 par plantation (10 000 ha en FD et 23 000 ha en FC) et 2/3 par régénération naturelle.

...mais des perspectives nouvelles à partir de 2010

Pour la période 2010-2012, les besoins annuels en forêt domaniale sont estimés à 5 millions de plants

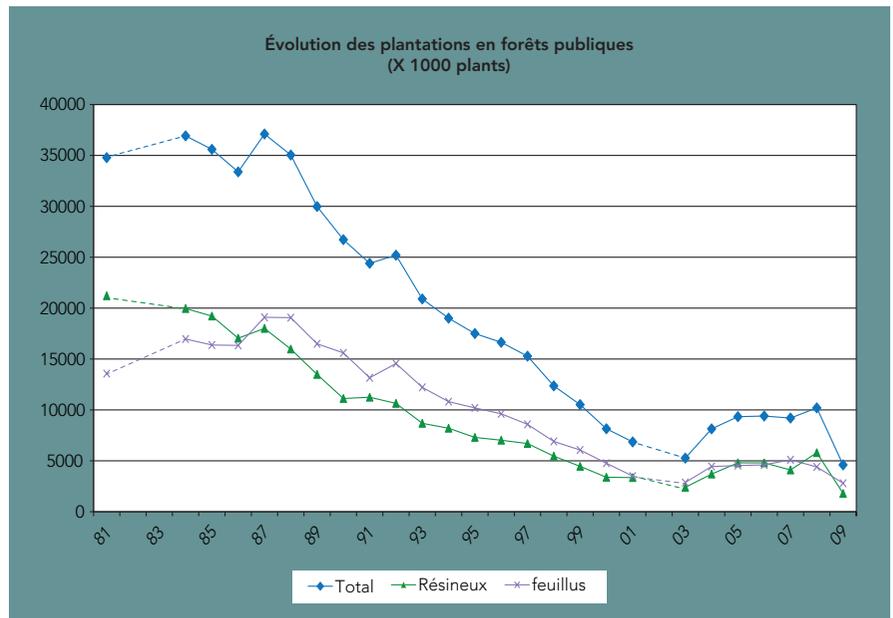


Fig. 1 : évolution des plantations en forêts publiques

dont 3 de feuillus et 2 de résineux. En forêts des collectivités, les besoins annuels sont estimés entre 4 et 6 millions de plants, le niveau de réalisation dépendant de la décision individuelle de chaque commune propriétaire. Au-delà, les plantations augmenteront progressivement puisque les nouvelles directives pour la gestion des forêts publiques (DNAG, ONAG...) mettent l'accent notamment sur :

- la nécessité de poursuivre au bon niveau les investissements de renouvellement des peuplements, par régénération naturelle ou plantation ;
- les conséquences attendues du changement climatique qui doivent conduire à remplacer sur certaines stations à risque l'essence en place par une essence objectif mieux adaptée ;
- la nécessité de remettre en production les zones appauvries lorsque l'enjeu de production le justifie, en accord avec l'objectif général rappelé en préambule. Dans ce cadre, le recours aux essences résineuses sera encouragé lorsqu'il est pertinent, parti-

culièrement dans les massifs très majoritairement feuillus où l'introduction d'une petite proportion de résineux est également un facteur de biodiversité (voir § suivant).

Diminution générale de la proportion des peuplements résineux depuis 30 ans

Depuis les 30 dernières années, la **surface totale occupée par des peuplements résineux** en France métropolitaine a baissé globalement de 4 % alors même que la surface forestière totale progressait de 12 % (tableau 1). Cette baisse des surfaces résineuses est constatée en forêt privée (7 %) et domaniale (5 %), mais pas en forêts des collectivités où on note au contraire une progression de 10 %. En conséquence, la **proportion de peuplements résineux** a diminué globalement de 5 % alors qu'elle est restée à peu près stable en forêts des collectivités. Malgré tout la **récolte annuelle de bois résineux** des 15 dernières années a été supérieure en moyenne à celle des années 1966-1980, en forêt domaniale comme en forêts des collectivités (figures 2 et 3).

	FD		FC		FP		Total	Evolution	
Surface (ha) : données cycle IFN 1975-1985									
Feuillus	843 000	61 %	1 385 000	65 %	6 315 000	65 %	8 543 000	65 %	-
Résineux	530 000	39 %	732 000	35 %	3 403 000	35 %	4 665 000	35 %	-
Total	1 373 000		2 117 000		9 718 000		13 208 000		-
Surface (ha) : données cycle IFN 2005-2008									
Feuillus	955 000	65 %	1 585 000	66 %	7 760 000	71 %	10 300 000	70 %	+ 20 %
Résineux	505 000	35 %	805 000	34 %	3 170 000	29 %	4 480 000	30 %	- 4 %
Total	1 460 000		2 390 000		10 930 000		14 780 000		+12 %

Tab. 1 : évolution des surfaces forestières feuillues et résineuses en France

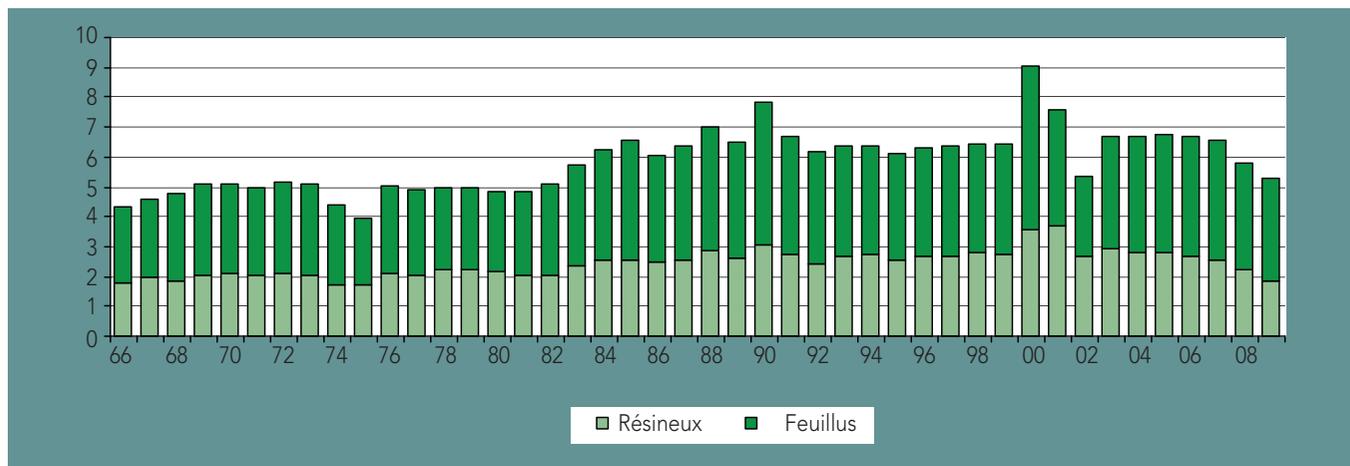


Fig. 2 : volumes mobilisés en **forêt domaniale** de 1966 à 2009 en millions m³ équivalent bois sur pied

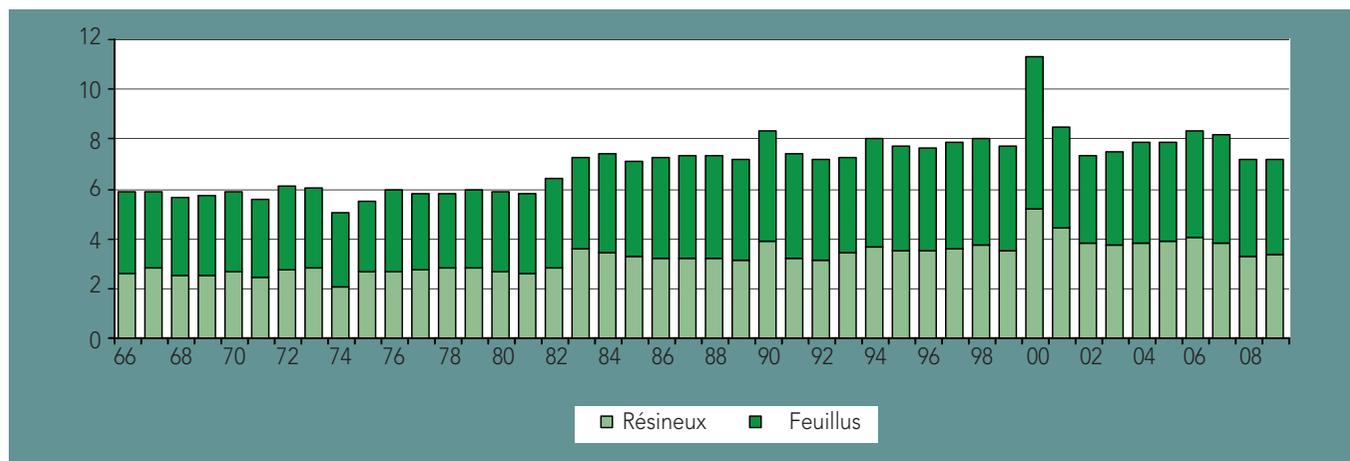


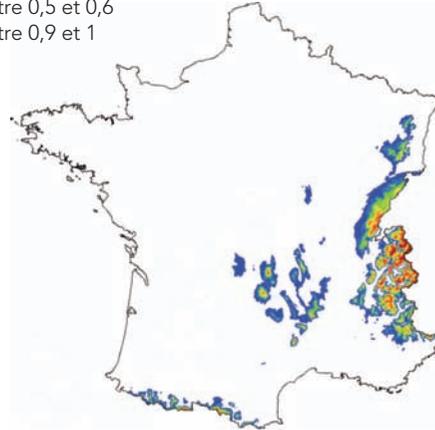
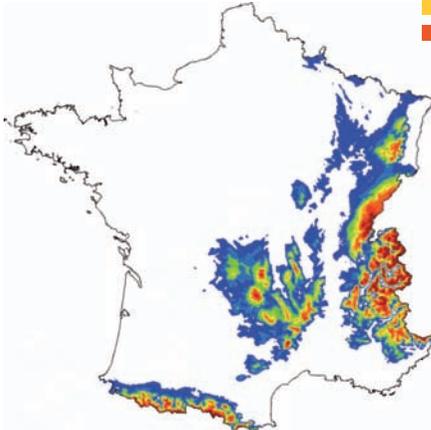
Fig. 3 : volumes mobilisés **forêts des collectivités** de 1966 à 2009 (y compris volumes délivrés) en millions m³ équivalent bois sur pied

Carte de **gauche** : situation actuelle

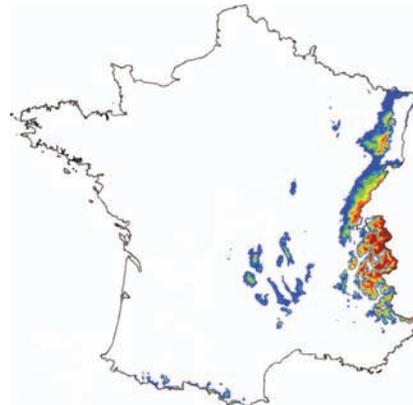
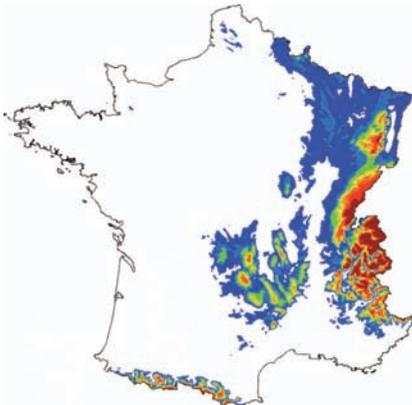
Carte de **droite** : projection 2100 (scénario B2)

1- Climat favorable au sapin

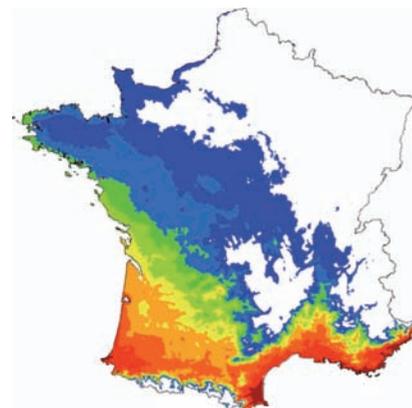
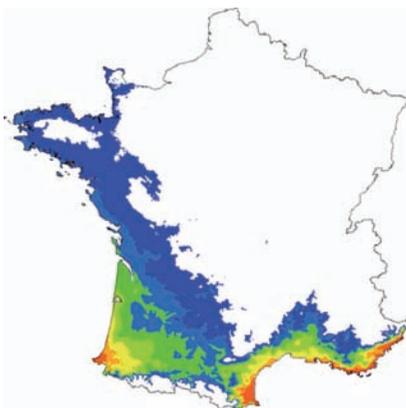
- Probabilité de présence entre 0,1 et 0,2
- Probabilité de présence entre 0,3 et 0,4
- Probabilité de présence entre 0,5 et 0,6
- Probabilité de présence entre 0,9 et 1



2- Climat favorable à l'épicéa



3- Climat favorable au pin maritime



NB : La modélisation climatique de la distribution actuelle du Pin maritime est peu satisfaisante : les seuils de probabilité sont très bas et les plus fortes valeurs ne correspondent pas aux régions de très forte présence. Mais bien que ne respectant pas l'aire de distribution observée, l'aire modélisée englobe grossièrement les régions où le pin maritime est présent, depuis le Cotentin jusqu'à la région niçoise. Application du scénario 2100 : l'aire potentielle du pin maritime s'étendrait au nord par la vallée du Rhône et par l'Ouest jusqu'au Bassin Parisien.

Fig. 4 : cartes d'évolution des aires de répartition climatique ; présence modélisée (≠ aire de distribution observée)

Source : Badeau et al., 2004. Modélisation et cartographie de l'aire climatique potentielle des grandes essences forestières françaises. In Rapport final CARBOFOR. Séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Tâche D1. Programme GICC, INRA Bordeaux.

Vers une gestion durable accordant une meilleure place aux résineux...

Cependant il faut faire face à la demande croissante de bois résineux, non seulement pour la construction mais aussi pour l'énergie — car on ne le sait pas toujours mais les granulés de bois (pellets), dont le succès est grandissant compte tenu de leurs performances énergétiques et leur simplicité d'utilisation, sont en grande majorité issus du compactage de sciures de résineux. Pour cela, il est possible de **faire une meilleure place aux résineux dans les forêts de plaine et collines**, dans un certain nombre de cas :

- sur les zones appauvries et/ou peu fertiles des massifs feuillus, et lorsque l'enjeu de production le justifie, transformation de TSF de chêne/hêtre en pin sylvestre ou laricio, voire en douglas si la station le permet ;
- en cas de chêne pédonculé hors station et sur stations à risque de déficit hydrique estival prononcé, en terrains acides hydromorphes, substitution par le pin maritime ou le pin sylvestre (avec chêne pédonculé maintenu en sous-étage) ;
- transformation de futaies régulières feuillues de mauvaise qualité.

Il ne s'agit évidemment pas de transformer massivement des chênaies en douglasaies ou en pine-raies mais de répondre à la demande accrue de bois énergie et bois matériau (dont bois d'œuvre de qualité) en augmentant significativement, sur les surfaces concernées, les fonctions de captation de carbone par m³ (dans un rapport de 3 à 5), et donc dans la même proportion les fonctions de stockage et

de substitution qui en résultent lorsque le bois produit est utilisé comme matériau.

Par ailleurs, il faut prendre en considération ses limites potentielles à l'augmentation des surfaces résineuses, en raison des effets attendus du changement climatique : pour le douglas comme pour le hêtre, la sécheresse estivale est un facteur limitant, tandis que pour le sapin et l'épicéa, les stations de basse altitude ne conviendront plus (figure 4). À noter toutefois que des peuplements de sapin ou épicéa ainsi menacés peuvent laisser place à des essences résineuses mieux adaptées, telles que les pins sylvestre ou laricio.

...et une mobilisation optimisée et accrue des bois, notamment résineux

À court et moyen terme, les perspectives de récolte s'améliorent, avec notamment :

- la mobilisation des 1^{res} éclaircies grâce à la demande accrue en bois d'industrie et bois énergie ;
- une meilleure mobilisation en montagne grâce à l'amélioration de la desserte et au développement du débardage par câble, pour éviter une surcapitalisation excessive et permettre le renouvellement des peuplements sur les fortes pentes ;
- la mise en œuvre des nouvelles directives nationales (DNAG/ONAG), concernant en particulier le niveau de renouvellement (respect des diamètres d'exploitabilité optimum en fonction de la qualité des produits), les guides de sylvicultures (respect des objectifs de surface terrière/ha) et la préférence à accorder à la futaie régulière chaque fois que possible pour produire des bois plus homo-

gènes en qualité et en quantité répondant aux besoins de la filière.

Ces actions nécessaires, accompagnées des mesures en faveur de la biodiversité que sont en particulier la mise en place de réserves et d'îlots de vieux bois, s'inscrivent bien dans le double objectif du Grenelle «Produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité»¹.

Mais il faut impérativement pour cela :

- lever, d'une part, l'obstacle du déséquilibre forêt gibier qui conduit en futaie irrégulière à ralentir les prélèvements et fait hésiter, en futaie régulière, à ouvrir les parcelles en régénération et/ou à planter ;
- disposer, d'autre part, des moyens financiers nécessaires aux actions précédentes relatives au renouvellement, à la desserte et à l'exploitation par câble.

Quant aux perspectives à long terme, elles dépendent essentiellement de l'évolution des surfaces résineuses évoquées plus haut.

Pour résumer

Malgré une baisse constatée des surfaces en résineux et du nombre de plants utilisés pour leur régénération, les forêts publiques ont maintenu, voire augmenté leur production de bois résineux. Toutefois, c'est par leur engagement dans un processus de dynamisation de la sylviculture accordant une meilleure place aux résineux, que les forêts publiques continueront d'être gérées durablement et en accord les demandes de la filière.

Laurence LEFEBVRE

ONF – DTCHB, département forêts

¹ Voir aussi, pour les personnels ONF, le document *La gestion durable des forêts publiques... « Produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité »...* en forêt domaniale téléchargeable sur *intraforêt* (sujet n° IF000001a7bd) par le lien : http://intraforet.onf.fr/dg/dtech/sommaire/presentation_general/lonf_et_la_gestion_f/IF000001a7bd/IF0000020070.pdf

Observatoire des dynamiques naturelles de végétation après tempête : premiers constats et conséquences sylvicoles

Après le choc des ouragans Lothar et Martin de décembre 1999, l'ONF éditait en 2001 son guide de « Reconstitution des forêts après tempêtes ». Dans le même temps, il s'associait aux efforts de mise en place de réseaux de placettes permanentes pour le suivi des dynamiques naturelles de la végétation, dans les situations à la fois les moins connues et les plus problématiques du point de vue de la reconstitution. Les premiers constats tirés de cet « observatoire » par le LERFoB corroborent certaines dispositions du guide, notamment la nécessité du diagnostic précoce, et permettent d'envisager sa mise à jour.

À la suite des dégâts forestiers occasionnés par les tempêtes Lothar et Martin en décembre 1999, trois réseaux de sites d'observation de la reconstitution des peuplements par dynamique naturelle ont été installés. Deux portent sur des zones dites « dévastées », de plus de deux hectares d'un seul tenant et où au moins 90 % du peuplement antécédent a été sinistré. Le troisième réseau concerne des zones dites « mitées », où les dégâts sont sous forme de trouées de 5 à 95 ares. Ces réseaux ont pour ambition de fournir des éléments de connaissance concernant les dynamiques naturelles de reconstitution, pouvant permettre *in fine* au forestier de les utiliser et de les orienter, ou si elles sont par trop écartées de ses objectifs, de recourir à des plantations.

Nous ne traiterons ici que des premiers enseignements tirés des deux réseaux de « peuplements dévastés », constitués respectivement de 116 sites situés en Lorraine et en Alsace et de 62 sites répartis dans les autres régions françaises touchées par ces tempêtes, comme l'illustrent les cartes de localisation (figure 1).

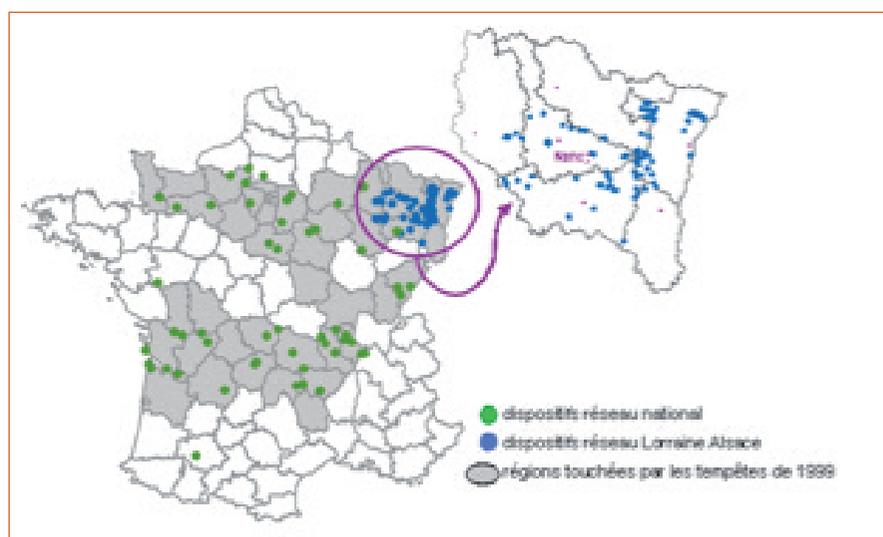


Fig. 1 : localisation des sites des deux réseaux d'observation des dynamiques naturelles post-tempête

Ces deux réseaux, complémentaires au niveau géographique, ont été installés et mesurés selon un protocole commun. Chacun a fait l'objet de deux campagnes de mesures, lors des saisons estivales 2002-2003 (1^{re} campagne) et 2005-2006 (2^e campagne) ; par convention dans la suite de cet article, nous ne citerons que les années 2002 et 2005 pour faire référence à ces deux campagnes. Les mesures portaient sur la caractérisation stationnelle de chaque site, les

densités de semis ligneux installés et l'identification exhaustive du cortège floristique. Précisons que, sauf mention contraire, les semis ligneux (ou tiges ou régénération ligneuses) considérés dans cet article ne concernent que les « essences » forestières, et pas les espèces arbustives.

Les protocoles, ainsi que les options prises pour le choix des sites, ayant été décrits dans de précédentes publications (Quinones-

Nadler *et al.*, 2005 ; Lacombe *et al.*, 2009), et présentés rapidement dans le n° 3 des Rendez-vous techniques (Legay *et al.*, 2004) ; nous développons ici les principaux constats réalisés sur la phase d'installation après tempête de la végétation et surtout des semis ligneux.

Les trois quarts des dispositifs ont une densité de semis satisfaisante en essences nobles

Dans chaque site, la densité des tiges ligneuses a été relevée lors des deux campagnes de mesures, soit 2 et 5 saisons de végétation après la tempête. Pour chaque campagne, les sites ont été classés en fonction de la densité des semis d'essences considérées habituellement comme principales et de la densité des autres essences qui les accompagnent (tableaux 1 et 2). Il est également proposé un regroupement en trois catégories, symbolisées par des couleurs :

- verte : les densités en essences principales peuvent être considérées comme satisfaisantes (> 2 000/ha, par référence aux densités citées le plus souvent dans les arrêtés de subventions octroyées pour les plantations et qui sont comprises entre 1100 et 2200 plants/ha ; toutefois, nous avons choisi pour le hêtre un seuil de 10 000/ha pour tenir compte de ses difficultés à produire des tiges de qualité en environnement peu concurrentiel), surtout si les essences d'accompagnement sont suffisamment représentées ;
- rouge et orange : à l'inverse, les densités d'essences principales sont faibles (<1 000/ha, 2 000/ha pour le hêtre) et bien souvent celles des essences d'accompagnement également ;
- bleue : catégorie intermédiaire où le rôle cultural attendu des essences d'accompagnement va être important ; l'évolution de la qualité des tiges des essences principales dans ces sites sera particulièrement intéressante à évaluer dans l'avenir.

Avertissement sur la notion de « densité de semis satisfaisante » dans les résultats de l'observatoire

par la rédaction de RDVT

Après les tempêtes de 1999, l'ampleur des surfaces à reconstituer a conduit les forestiers français à s'appuyer au maximum sur la régénération spontanée sans se précipiter dans des reconstitutions artificielles coûteuses. Dans l'esprit de cette démarche, l'ONF a élaboré le guide « Reconstitution des forêts après tempêtes ». Parallèlement, il a travaillé avec le LERFoB et l'IDF à la conception de l'observatoire national des dynamiques naturelles après tempête, destiné à combler le manque de références pour les situations mal connues ou problématiques.

Pour la régénération, il s'agissait de cerner les conditions et les seuils de densité « satisfaisante » (ou suffisante) qui offriraient à terme le choix souhaité d'essences objectif et d'individus bien conformés (tiges de qualité), tout en valorisant les essences d'accompagnement pour leur rôle cultural, pour la biodiversité et l'amélioration de la résistance future des peuplements aux tempêtes et à l'évolution du climat. Les premiers résultats de l'observatoire, présentés par Éric Lacombe, répondent à ces préoccupations... et à elles seules ; il ne pourrait d'ailleurs pas en être autrement.

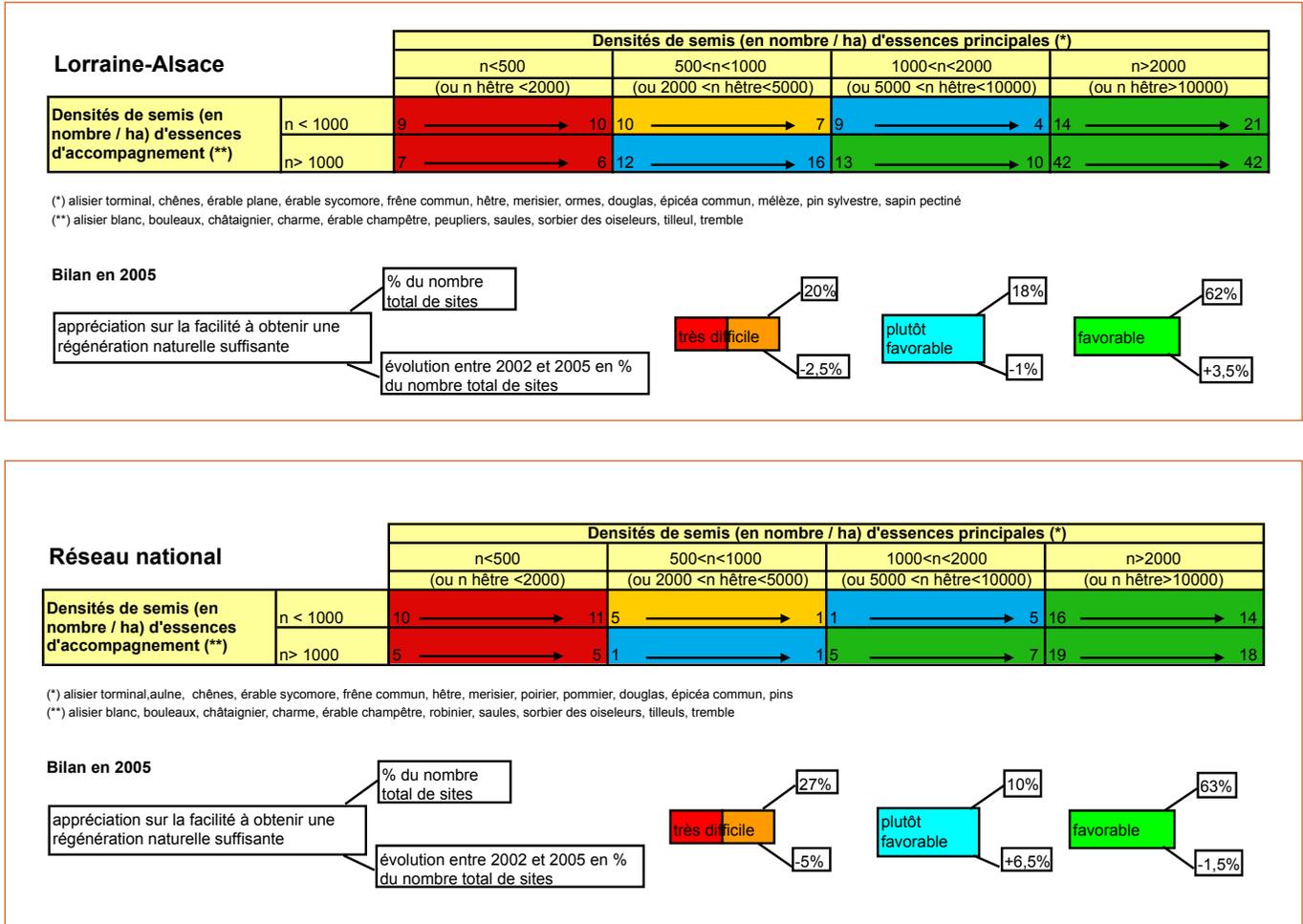
Mais ce point de vue purement cultural est sous-tendu par l'idée implicite que la régénération naturelle est le meilleur moyen de conserver le patrimoine génétique des peuplements forestiers. En 2001, la sensibilisation aux incidences génétiques de la gestion sylvicole dépassait à peine le cercle restreint des spécialistes. Des résultats de la recherche viennent aujourd'hui préciser l'impact des conditions *in situ* de production des semences sur la qualité génétique des semis naturels.

Quoi qu'il en soit, la notion de densité satisfaisante, au sens de cet article, ne rend pas compte de la qualité génétique de la régénération, qui conditionne en partie la qualité morphologique et surtout la composition du patrimoine génétique des futurs adultes de leurs descendants au fil des cycles de renouvellement futurs. Il faut donc lire ces résultats encourageants en gardant à l'esprit les risques susceptibles de se combiner dans les grandes trouées (> 2 ha) ciblées par l'observatoire, schématiquement :

- diversité génétique réduite liée au nombre limité de reproducteurs (de chaque essence) susceptibles de contribuer à la régénération, surtout si ces reproducteurs peuvent être apparentés ; ceci dit, les adultes rescapés ne sont pas forcément les seuls parents impliqués puisque la régénération peut aussi compter un contingent plus ou moins important de préexistants selon les essences et le peuplement antécédent ;
- taux d'autofécondation élevé pour certaines espèces, lié à l'isolement reproducteur de ces adultes qui favorise l'autofécondation ;
- intensité de sélection naturelle juvénile réduite en raison d'une faible compétition liée à une faible densité/ha.

Rappelons que la capacité d'évolution dépend fortement de la diversité génétique qui fournit le *carburant* au *moteur* que constitue la sélection naturelle. Une faible diversité génétique (peu de carburant) associée à une faible intensité de sélection naturelle (un moteur peu puissant) va affecter négativement la capacité d'adaptation du futur peuplement.

Il reste à établir une *grille de lecture* qui aide à identifier les situations de risque génétique pour les confronter à l'ensemble des enjeux et les intégrer pour l'avenir à la stratégie de reconstitution après tempête.



Tab. 1 et 2 : évolution du nombre de sites classés selon les densités de semis en essences principales et d'accompagnement entre 2002 et 2005, dans le réseau Lorraine Alsace (en haut) et le réseau national (en bas)
Le nombre de sites classés en 2002 dans les différentes classes de densité figure à gauche des flèches, celui obtenu en 2005 figurant à droite.

Un quart des sites (20 % en Lorraine-Alsace, 27 % pour le réseau national) connaît des difficultés de régénération, et cette situation a peu évolué entre 2002 et 2005. La densité moyenne des essences principales y a même légèrement baissé. Cette proportion de sites où la régénération naturelle paraît difficilement envisageable doit aussi être relativisée : la sélection initiale des sites, en particulier en Lorraine-Alsace, avait en effet reposé sur la difficulté supposée d'obtenir cette régénération.

Des situations de blocage avéré de la régénération : influence de la station et du peuplement antécédent
Les situations réellement défavorables pour cette phase d'installation des semis, où le recours à une plantation pourrait être envisagé, sont

donc en nombre assez restreint. L'analyse des données a permis de mettre en évidence pour les deux réseaux trois grandes catégories de sites posant problème :

- sites à conditions stationnelles défavorables avec expansion prévisible de végétation bloquante, souvent déjà répertoriées dans les guides, comme par exemple les sols hydromorphes à Haguenau ;
- sites portant des peuplements antécédents très fermés, par exemple de sapin pectiné ou d'épicéa commun, qui ne comportaient donc pas de semis avant d'être touchés sur de grandes surfaces, et dont la résilience s'avère très faible ;
- sites portant des reboisements monospécifiques, au stade de la jeune futaie, souvent très denses (pins noirs, épicéa) sur des stations

difficiles (sols superficiels sur pseudo-gley ou gley).

Dans ces sites, le développement d'espèces envahissantes concurrentes se manifeste dès l'ouverture de la canopée. Trois ans après la tempête, la présence de certaines espèces peut indiquer une situation de blocage : un fort recouvrement par de la ronce, du genêt à balais, de la fougère aigle ou de la molinie est associé, en général, à une faible régénération ligneuse (photo). La figure 2 montre qu'un fort recouvrement (d'autant plus important que le losange est gros) en genêt à balais (*Cytisus scoparius*) correspond d'une part aux densités totales de semis les plus faibles (les losanges les plus gros sont situés majoritairement dans la partie proche du point

origine du graphique), et d'autre part à une évolution négative de ces densités entre 2002 et 2005 (les losanges sont majoritairement situés en dessous de la ligne diagonale d'iso-densité 2002-2005).

Le plan d'échantillonnage n'a pas permis de mettre en évidence une influence statistiquement significative de l'exploitation plus ou moins complète des peuplements ou encore de l'intensité du tassement des sols sur la densité des régénérations. Sur un grand nombre de sites, ces aspects peuvent être partiellement inclus dans l'influence du peuplement antécédent (résineux denses) : c'est aussi dans ces peuplements que l'exploitation a été plus intense et souvent difficile à organiser.

La densité a peu changé entre les campagnes de 2002 et 2005

La faible évolution des densités entre 2002 et 2005 constatée dans ces sites difficiles, est un phénomène généralisé à l'ensemble des sites des deux réseaux (exception faite de quelques sites à très forte densité où des mortalités conséquentes apparaissent en 2005). L'hypothèse peut être faite qu'en 2005, la concurrence qui s'exerçait entre semis ligneux — et le cas échéant avec certaines espèces de la strate arbustive — n'était pas suffisante pour engendrer des phénomènes notables de mortalité.

Richesse spécifique

Le nombre moyen d'espèces ligneuses par site est de 6 pour l'ensemble des deux réseaux. Cette richesse spécifique est, comme cela avait déjà été constaté en 2002 (Quinones-Nadler *et al.*, 2005), sous l'influence du niveau trophique et de la composition du peuplement antécédent, phénomène également constaté dans les peuplements mités (Mengin, 2006).

La présence concomitante des espèces constitutives du peuplement antérieurement en place et de celles ayant un comportement à ca-



LERFoB, équipe sylviculture-reboisement

Envahissement par la fougère aigle en forêt domaniale d'Abreschwiler, prévu en 2002, et avéré en 2005

ractère pionnier est à rapprocher des schémas connus de succession des espèces ligneuses à la suite d'une forte perturbation (Otto, 1998). Il convient de souligner ici le rôle positif attendu de la part de ces essences d'accompagnement qui pourraient permettre d'améliorer la forme des semis d'essences principales peu denses (se reporter aux tableaux 1 et 2).

Comme la densité, la composition a peu évolué entre 2002 et 2005

La richesse spécifique a peu évolué entre 2002 et 2005 (voir figure 3). Là encore, les phénomènes de concurrence, y compris avec des espèces de la strate arbustive, ne semblent pas s'être encore suffisamment affirmés pour conduire à une sélection des espèces. Ce point est en cours d'analyse, notamment par l'étude comparée des hauteurs des différentes essences en tenant compte des richesses trophiques.

La plupart des disparitions importantes de semis sont observées dans les sites à très fortes densités (à partir de 10 000 semis/ha et surtout plus de 35 000 semis/ha) et sont donc intraspécifiques, sans réduction du nombre d'espèces.

Enseignements à tirer pour la stratégie de reconstitution

De ces premiers constats, portant sur la phase d'installation de la régénération naturelle, peuvent être tirées quelques propositions pour la gestion sylvicole de peuplements détruits à grande échelle par une tempête similaire à celles de 1999.

Enseignements directs

Les propositions sont à rapprocher de celles du guide ONF concernant les reconstitutions (Mortier, 2001).

■ Deux à trois ans après la tempête, un diagnostic précoce de la régénération permet déjà de cibler les situations difficiles et qui vont le demeurer : (1) stations à risque avéré de végétation bloquée ou (2) cas de peuplement antécédent défavorable et/ou d'exploitation mal conduite. Dans ces situations, il est recommandé d'opter rapidement pour un itinéraire de reconstitution artificielle, sans attendre 10 ans (ni même 5 ans sur bonne station dans le cas 2), à moins que des potentialités stationnelles vraiment médiocres conduisent au choix d'une gestion « extensive » sans investissement.

■ Cinq années après la tempête, la régénération naturelle paraît quantitativement suffisante dans la majorité des sites (catégories vertes et bleues des tableaux 1 et 2) et se compose de plusieurs essences. Cela confirme qu'en dehors des situations diagnostiquées précédemment comme difficiles, il n'est pas nécessaire d'intervenir précocement en dégagement ou en plantation complémentaire pour voir émerger un peuplement que le forestier pourra « doser » de façon à ce qu'il soit plus résistant aux tempêtes ou à l'évolution du climat.

■ Au-delà de cinq ans, la phase de compression et d'éducation des tiges va s'enclencher, par concurrence entre les semis ou avec les espèces arbustives. Elle sera sans doute techniquement assez facile à appréhender car un certain nombre de tiges se seront individualisées en hauteur, ce qui n'était encore que peu le cas en 2005 pour les semis des essences principales, qui restaient majoritairement représentées dans les classes de hauteur inférieure à un mètre. Seules des essences comme par exemple les bouleaux, les saules et les frênes se détachaient nettement, pouvant atteindre jusqu'à 3 mètres de haut.

Confirmation des « bonnes pratiques » préconisées

Les résultats des observations réalisées confirment (indirectement) que :

■ la résilience des peuplements, en particulier ceux comportant des dryades, peut être améliorée en évitant un capital sur pied trop élevé, de façon à bénéficier d'une réserve minimale de semis. La préservation de ce potentiel de renouvellement implique une exploitation soignée des chablis, au minimum en installant des cloisonnements d'exploitation lors de la phase de déblaiement ;

■ d'autre part, maintenir un couvert minimal et continu dans le temps sur des stations où une espèce envahissante est présente permet de limiter les risques de recouvrement rapide

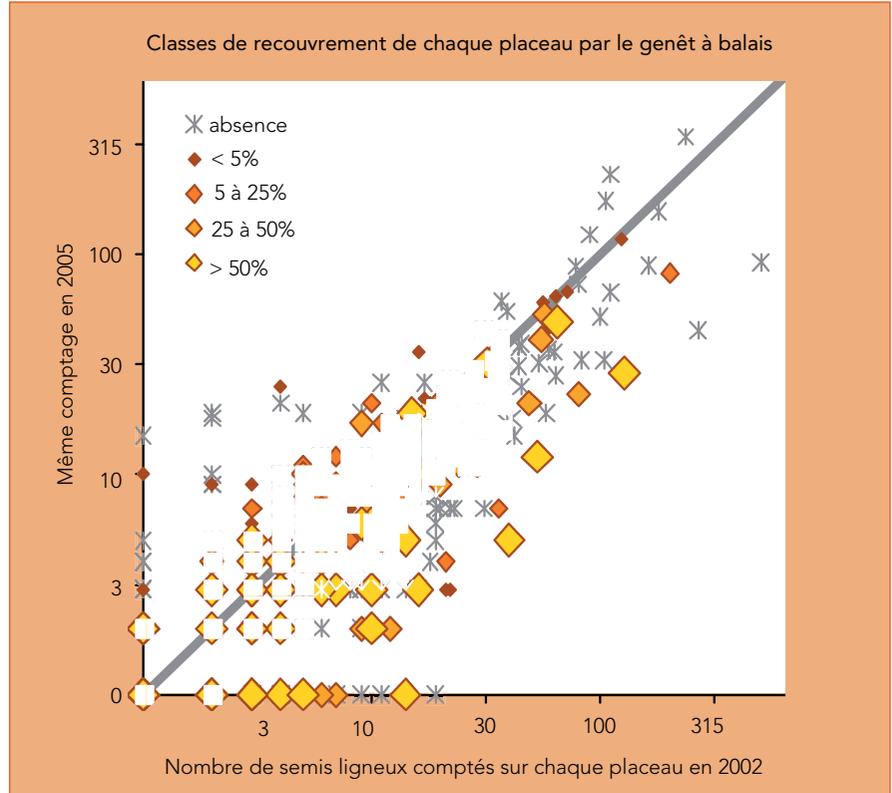


Fig. 2 : évolution des nombres totaux de semis ligneux dans le réseau national entre 2002 et 2005, en fonction du recouvrement du genêt à balais.

La densité de semis baisse quand le recouvrement du genêt augmente (la plupart des gros losanges jaunes sont proches du zéro) et elle a baissé entre 2002 et 2005 (la plupart des losanges sont sous la droite d'iso-densité 2002 - 2005)

NB : échelle logarithmique ; semis ligneux = essences principales + essences d'accompagnement

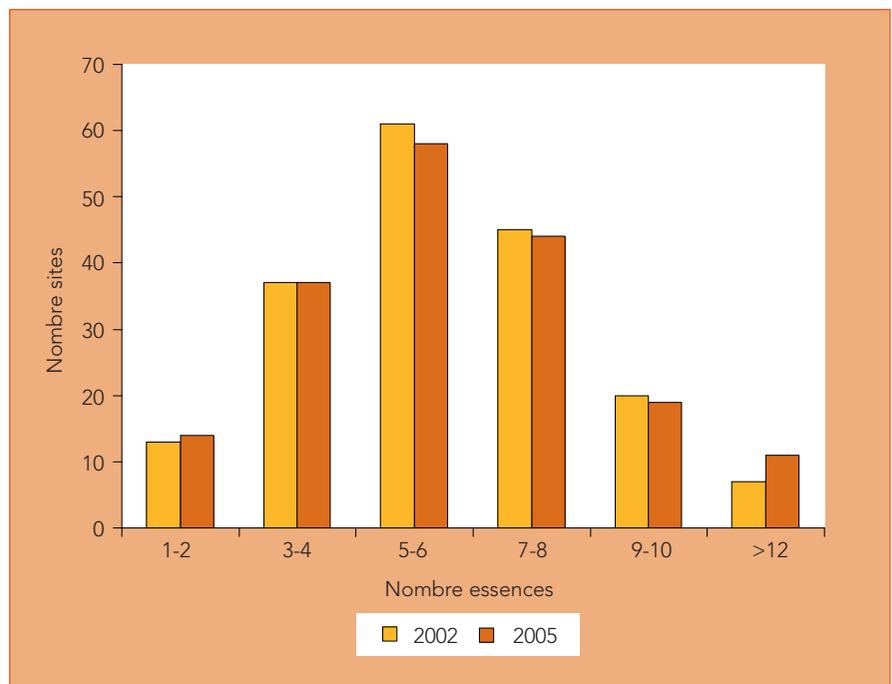


Fig.3 : répartition des sites des deux réseaux en fonction du nombre d'espèces ligneuses présentes : peu d'évolution entre 2002 et 2005

Intégrer les enseignements de l'observatoire dans les guides techniques de l'ONF

par L. Lefèbvre et T. Sardin, ONF-DTCB, département Forêts

Les connaissances tirées de cet observatoire des dynamiques naturelles de végétation après tempête ont vocation à être intégrées dans nos guides techniques, notamment le guide reconstitution post tempête, en considérant d'autres éléments qui ne relevaient pas de ce suivi scientifique mais sont importants pour la gestion.

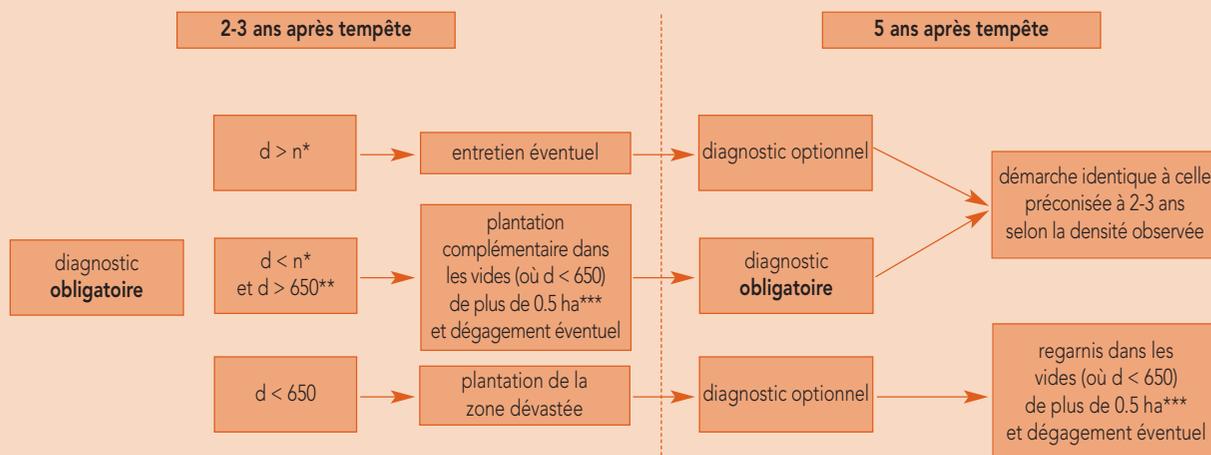
■ Le premier de ces éléments est la notion d'essence objectif. Pour toutes les forêts publiques nous avons des documents cadre, les DRA et SRA, qui fixent les choix d'essences objectif en fonction des stations et des objectifs déterminants de chaque forêt. Ces listes d'essences sont par ailleurs susceptibles d'évolution avec les progrès de nos connaissances sur leur capacité ou non à s'adapter au changement climatique. Il est donc important que les diagnostics post tempête distinguent bien les essences objectif d'une part et les essences à but d'accompagnement d'autre part. Dans une station donnée, toutes les espèces citées comme essences principales dans les tableaux 1 et 2, ne peuvent pas être considérées simultanément comme des essences objectif.

■ Les seuils de densité retenus dans l'observatoire ne sont pas transposables tels quels à la gestion. On considère d'une façon générale qu'une régénération naturelle de 4-5 ans est optimale lorsque la densité des semis indemnes de dégâts de gibier pour l'essence objectif est supérieure à 5 000 semis/ha, quelle que soit l'essence. Toutefois la densité minimale acceptable peut être modulée à la baisse pour certaines essences, conformément aux guides de sylviculture en vigueur. Cette différenciation tient

compte à la fois de la capacité de chaque essence à se qualifier à plus ou moins faible densité, et de la présence ou non d'espèces d'accompagnement, ainsi que des enjeux de production associés à l'essence objectif (en chênaie de qualité, par exemple, on sera plus exigeant qu'en pinède). Cette densité minimale acceptable reste toutefois supérieure à 2000 tiges/ha quelle que soit l'essence. Il s'agit là d'un minimum absolu.

■ L'adaptation des seuils de densité minimale acceptable et leur application aux seules essences objectif conduisent à nuancer les conclusions de l'observatoire quant à l'inutilité des interventions précoces en dégagement ou plantation de complément, en dehors des situations qualifiées de difficiles décelables deux à trois ans après la tempête. Ainsi la mise à jour du guide reconstitution préconisera un premier diagnostic obligatoire deux à trois ans après la tempête, suivi d'un diagnostic complémentaire deux ans plus tard lorsque le premier diagnostic n'aura pas permis de conclure d'emblée à une régénération satisfaisante : à ce stade de 5 ans il pourra en effet être encore temps de faire des dégagements pour sauver des semis menacés et d'engager des plantations dans les vides. La chaîne de diagnostic/décision par zone dévastée est donnée ci-après.

Il est important lors de la prochaine tempête d'intervenir très rapidement dans les situations qui peuvent dès le départ être diagnostiquées comme des situations de blocage et d'intervenir au bout de 3 ans maximum là où le diagnostic à 2-3 ans montre une situation insatisfaisante. Nous devons reconstituer des peuplements productifs.



* n est la densité considérée comme satisfaisante pour l'essence objectif, conformément au guide de sylviculture en vigueur, $n \leq 5000/\text{ha}$

** densité minimale en dessous laquelle on considère le peuplement équivalent à un vide anormal

*** sous réserve, en forêt domaniale, d'être inclus dans un chantier global de 2 ha pour des raisons d'économie d'échelle

Contrôler la végétation accompagnatrice pour optimiser la régénération naturelle post-tempête ? par Marine Dodet – Mission Gestion de la Végétation en Forêt – INRA Champenoux

Après la tempête de 1999, l'ampleur des surfaces à reconstituer a confronté les gestionnaires forestiers au besoin d'une stratégie de reconstitution la plus efficace possible : limiter les plantations au strict nécessaire, s'appuyer sur les dynamiques naturelles et, pour éviter le risque éventuel d'étouffement par la végétation, estimer l'intérêt d'un contrôle de ladite végétation (et quel type de contrôle), afin d'améliorer les conditions d'obtention d'une régénération suffisamment dense et variée pour constituer un peuplement d'avenir. Il ne s'agissait pas de renouveler les peuplements détruits selon un itinéraire sylvicole « standard », mais de trouver des réponses à la mesure de l'évènement : sauver rapidement et sans frais excessifs le potentiel de régénération forestière, pour en tirer ensuite le meilleur parti possible.

Au lendemain de la tempête, les gestionnaires prédisaient de nombreuses situations de blocage de la régénération par la végétation accompagnatrice, dont la dynamique probable hypothéquait le succès d'une reconstitution rapide. Aussi posèrent-ils la question du contrôle de la végétation (constituée de toutes les espèces non objectif, ligneuses ou non), pour faciliter l'installation de la régénération ; ce contrôle peut être général, ciblant l'ensemble des espèces présentes de façon à réduire le développement global de la végétation, ou bien il peut être spécifique, ciblant dans ce cas les espèces jugées les plus compétitives vis-à-vis des essences objectif. Le choix du type de contrôle (général vs. ciblé) dépend des conditions stationnelles, du type de végétation, des essences en place et des objectifs de gestion assignés à la parcelle.

C'est pourquoi, en 2002, une étude a été mise en place par l'INRA en Meurthe-et-Moselle dans trois sites sinistrés susceptibles de dynamique handicapante, en forêts domaniales de Haye et Mondon et en forêt communale de Faulx : l'objectif était de comparer les effets de différentes options de contrôle ciblé sur la dynamique de la végétation et de comparer l'efficacité des différentes options d'intervention sur l'obtention d'une régénération de qualité.

Trois peuplements fortement touchés par la tempête et différant par leur niveau de productivité et par les caractéristiques avant tempête (hêtraies et chênaies sur plateau calcaire et en plaine alluviale) ont donc été sélectionnés pour y tester des options de contrôle de la végétation ciblant trois catégories de végétation : taillis (rejets de souche, remplacé par le contrôle du genêt dans la station où le taillis était absent), les autres ligneux (arbres et arbustes des essences non objectif issus de semis) et les autres espèces de moindre stature (herbacées, ronces, éricacées). Ces options « ciblées » ont été combinées pour former un gradient d'intensité de contrôle de la végétation depuis le témoin sans intervention jusqu'au contrôle cumulé des trois types de végétation. Pour des raisons de coût, de praticité et de résultats attendus, le contrôle a été réalisé par pulvérisations et/ou badigeonnages localisés d'herbicides (glyphosate et tricopyr), réalisés dans les règles de l'art, en ne touchant que la végétation ciblée. Un dispositif en



La chênaie de plaine alluviale (Mondon) fait partie des 20 % de sites où la régénération s'avère difficile

blocs a été utilisé dans lequel un réseau de placeaux de mesures de 1 m² a été installé selon un maillage systématique. 240 placeaux à Haye, 228 à Faulx et 192 à Mondon ont ainsi été mesurés (notation de toutes les espèces présentes et de leur abondance).

Les résultats montrent une forte similitude de la diversité spécifique entre Haye et Faulx (stations de plateau calcaire) en dépit de contraintes hydriques différentes tandis que la station « pauvre » de Mondon se distingue par une diversité moindre et très différente. Toutes modalités confondues, la régénération est bien répartie sur les plateaux calcaires de Haye et de Faulx où il n'y a que 10 % environ de placeaux sans régénération ; on compte 30 % de placeaux « vides » à Mondon, où le potentiel de régénération est limité en raison du contexte stationnel plus difficile et de la quasi disparition des peuplements alentour. Ceci dit, la densité moyenne de semis (toutes essences confondues) est partout satisfaisante même sans intervention : 21 000 individus/ha dans la modalité témoin à Haye, 23 000 à Mondon (majoritairement des bouleaux) et 47 000 à Faulx. Ces résultats concordent avec ceux constatés sur l'Observatoire des dynamiques naturelles, où les trois quarts des dispositifs ont une densité de semis satisfaisante en essences nobles. Les deux sites Haye et Faulx choisis *a priori*, bien que susceptibles de présenter des situations de blocage, s'inscrivent donc vraisemblablement dans les 80 % des sites lorrains sans difficultés de régénération, alors que le site de Mondon participe aux 20 % de sites où la régénération des essences nobles est plus difficile.

Dans ce contexte, les différentes modalités de contrôle de la végétation accompagnatrice n'ont pas permis d'améliorer de façon nette la régénération naturelle, quelle que soit l'essence considérée.

et important, bloquant la régénération. De même, conserver des ligneux pionniers (bouleaux, sorbiers...) dans les peuplements adultes, par exemple dans des trouées ponctuelles, permet de bénéficier d'un réservoir de graines mieux réparti dans les massifs qui pourrait sans doute permettre une colonisation du terrain nu plus favorable par la suite à l'installation des semis d'essences principales, en limitant le recouvrement d'espèces sociales envahissantes.

Limites et perspectives

Les quelques constats et conseils présentés sont liés au type de tempête et aux conditions climatologiques qui ont précédé et suivi ces tempêtes de 1999, ne serait-ce que pour ce qui concerne les fructifications et le développement des semis entre 1999 et 2003, période d'apparition majoritaire selon les comptages et estimations effectués sur les deux réseaux. La reproductibilité de ces processus d'installation lors d'évènements ultérieurs est possible, au moins partiellement, mais doit être modulée en fonction des conditions spécifiques à chaque tempête et des dynamiques de régénération propres à chaque région biogéographique.

La recherche des sites en Lorraine Alsace a reposé sur la volonté de bien représenter certains gradients : richesse trophique, intensité de l'exploitation et du déblaiement ; pour le réseau national, la volonté de représenter les différents domaines biogéographiques a été privilégiée. Toutefois, cette recherche a dû aussi tenir compte des possibilités réelles d'installation : surfaces suffisantes, accord du propriétaire... Ces réseaux sont donc des outils d'observation importants, mais ne sauraient être exhaustifs, tant sur le plan des conditions stationnelles que sur celui des thématiques pouvant être abordées. Ainsi, l'abroutissement des semis, mesuré et analysé sur les deux réseaux, ne peut donner lieu à aucune conclusion statistiquement signifi-

cative, sans doute en raison de pressions des cervidés hétérogènes et non quantifiées sur les différents sites.

À l'avenir, les dynamiques naturelles permettront-elles la qualification des tiges ?

La phase d'installation de la régénération naturelle est terminée sur la plupart des sites. Les premiers constats permettent déjà :

- de renforcer et compléter les préconisations du guide national de reconstitution de l'ONF, en particulier concernant l'importance du premier diagnostic qui peut être réalisé 2 ou 3 années après une tempête et qui peut permettre de tirer parti des semis existants, dont la présence en quantité suffisante a souvent été constatée sur les sites des réseaux ;
- d'aider à la réalisation de catalogues régionaux répertoriant les situations potentiellement défavorables à une reconstitution naturelle, basés à la fois sur la connaissance des situations de blocage de la régénération habituellement rencontrées et sur celle des types de peuplement « à risques » (peuplements très denses donc peu résilients, reboisements monospécifiques hors station,...) ; ces catalogues permettraient aussi, lors de la réalisation des aménagements forestiers, de repérer les unités de gestion où l'amélioration de la résistance physique des peuplements constitue un enjeu.

Désormais, l'évolution naturelle de la végétation, et en particulier celle des ligneux, relève dans la plupart des sites de phénomènes de concurrence, principalement vis-à-vis de la lumière. La phase de qualification des tiges qui débute va être déterminante pour la qualité des tiges objectif et le mélange d'essences principales souhaité. Les réseaux d'observation des dynamiques naturelles de reconstitution après tempête doivent donc contribuer à mieux appréhender cette phase de qualification :

- en aidant à préciser les conditions stationnelles et de lumière dans lesquelles les dynamiques naturelles sont favorables ;

- et en conséquence, en affinant l'importance à donner aux interventions sylvicoles (dégagements, nettoie-ments, tailles,...) qui pourraient être nécessaires pour orienter ces processus naturels vers une meilleure obtention de tiges de qualité.

Pour répondre à ces questions, les réseaux vont devoir être réorientés vers un suivi plus individuel des tiges, avec des protocoles de mesure dans lesquels la notation de la qualité des tiges sera à développer. Les mesures intégrant cette nouvelle approche devraient idéalement être programmées dans les trois ans.

Les réseaux, bases de données à la disposition des chercheurs

La base de données concernant ces réseaux représente des dizaines de milliers d'enregistrements et permettra l'enregistrement des nouvelles mesures qui seront effectuées dans les années à venir. Elle est complémentaire de celle des peuplements mités, ou encore d'autres bases de données écologiques représentant des milieux forestiers plus fermés, comme par exemple Ecoplant du LERFoB. Les gradients trophiques et lumineux (les relevés allant de situation de plein découvert jusqu'à des peuplements forestiers denses, en passant par des trouées de dimensions variables) étant entièrement prospectés, ces données peuvent alimenter les recherches sur les successions végétales, le développement comparé des essences, etc.

Ainsi, une thèse est en cours, avec le soutien de l'ONF et du Conseil Régional de Lorraine, pour aborder la modélisation de la réponse des espèces herbacées et semi-ligneuses à la quantité de lumière apportée, ainsi que pour modéliser les phénomènes de concurrence entre hêtre et chêne sessile au stade de la régénération dans des conditions de lumière variables. Ces deux sujets ont des conséquences importantes pour la conduite des travaux de dégagement et de dosage des essences dans les régénérations de futaie ré-

gulière ou irrégulière, et nous pouvons espérer que les réseaux d'observation des dynamiques naturelles après tempête contribuent ainsi à améliorer les pratiques sylvicoles.

Éric LACOMBE

Enseignant chercheur
AgroParisTech-ENGREF — Nancy
lacombe@engref.fr

Rosalinde VAN COUWENBERGHE

Laboratoire d'Études des
Ressources Forêt-Bois (LERFoB)/
UMR 1092 INRA-AgroParisTech

Remerciements

Le réseau Lorraine Alsace a été installé par l'ONF Lorraine et l'ONF Alsace, le Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF) Lorraine-Alsace et le Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt-Bois (LERFoB, AgroParisTech-ENGREF et INRA), avec le soutien financier des directions régionales de l'Agriculture et de la Forêt (DRAF, actuellement DRAAF) Lorraine et Alsace. Le réseau national a été installé par l'ONF (département recherche, directions territoriales concernées), l'Institut pour le Développement Forestier (CNPPF-IDF) et les CRPF concernés, avec le soutien financier du ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche.

De très sincères remerciements aux personnels de l'ONF, de l'IDF, des CRPF, et à tous les chargés de mission du LERFoB, pour les efforts déployés lors des mesures effectuées sur l'ensemble des dispositifs, dans un temps imparti forcément contraint, mais qui a pu être respecté grâce à la bonne volonté de tous les opérateurs.

Bibliographie

Gonin P. (coord.), 2008. Dossier : Réseaux reconstitution « après tempête ». Forêt Entreprise n° 183 pp 13-42

Lacombe E., Mengin A., Van Couwenberghe R., 2009. Observation de la dynamique naturelle de reconstitution après tempête : organisation et premiers résultats. *In* La forêt face aux tempêtes. Paris : Editions QUAE, pp. 363-373

Legay M., Martin H., Quinones-Nadler C., Gonin P., 2004. L'observatoire national des dynamiques de la végétation après tempête. ONF. Rendez-vous techniques n° 3, pp. 7-10

Mortier F., 2001. Reconstitution des forêts après tempêtes. Guide. Paris : ONF, Direction technique. 148 p.

Otto H.-J., 1998 – Ecologie forestière. Institut pour le Développement Forestier, 397p.

Peterson C.J., 2000. Damage and recovery of tree species after two different tornadoes in the same old growth forest : a comparison of infrequent wind disturbances. *Forest Ecology and Management*, vol 135, pp 237-252

Quinones-Nadler C., Lacombe E., Gégout J.-C., 2005. La régénération naturelle dans les peuplements dévastés par la tempête de 1999 dans le quart Nord-Est de la France. *Revue Forestière Française*, vol.57 n°3, pp. 289-310

Rossa J., Gauberville C., 2004. Que deviennent les parcelles non reconstituées plus de 10 ans après une tempête ? *Rendez-vous Techniques ONF*, n°3 pp 3-6.

Schönenberger W., 2002. Post windthrow stand regeneration in Swiss mountain forests : the first ten years after the 1990 storm Vivian. *Forest Snow and Landscape Research*, vol. 77, pp. 61-80

Van Couwenberghe R., Collet C., Lacombe E., Pierrat J.-C., Gégout J.-C., 2010. Gap partitioning among temperate tree species across a regional soil gradient in windstorm-disturbed forests. *Forest Ecology and Management*, vol. 260, pp. 146-154

Rapports scientifiques et techniques :

Borras M., Richter C., Gonin P., Van Couwenberghe R., Lacombe E., 2008. Catalogue des dispositifs installés après tempête. Nancy : ONF, IDF, LERFoB (INRA — AgroParisTech-ENGREF)

Mengin, A., 2006. Observatoire des peuplements mités. 1ère phase de mesures 2003-2006. Rapport final. Nancy : Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt et Bois ENGREF. Rapport technique : 65 p.

Quinones-Nadler C., 2004. Observatoire des dynamiques naturelles après tempête. Première phase 2001-2004 Rapport final. Nancy : UMR-LERFoB - ENGREF, Rapport technique : 72 p.

Quinones-Nadler C., 2004. Observatoire des dynamiques naturelles après tempête. Première phase 2001-2004. Atlas des sites en Lorraine. Nancy : LERFoB (INRA-ENGREF).

Van Couwenberghe R., 2007. Valorisation des données de l'Observatoire des dynamiques de végétation après tempête. Réseau National. Première analyse de données de la deuxième campagne de mesures de 2005. Nancy. LERFoB (INRA-ENGREF).

Van Couwenberghe R., Gonin P., 2007. Valorisation des données de l'Observatoire des dynamiques de végétation après tempête. Réseau National. Fiches récapitulatives par site des campagnes de mesures de 2002 et de 2005. Atlas. Nancy : LERFoB (INRA-ENGREF)

Van Couwenberghe R., 2007. Observatoire des dynamiques naturelles après tempête. Peuplements dévastés. Observations après la deuxième campagne de mesure de 2005. Nancy : LERFoB (INRA-ENGREF)

Grumes de hêtre stockées en « silo étanche » en forêt de Chizé : bilan qualitatif 10 ans après

Cet article pratique et sans prétention répond à une question restée en suspens après le bilan (en 2003) des expériences d'ensilage anaérobique : le stockage de hêtre en silo étanche est efficace pour une conservation « longue durée » des grumes de qualité, mais jusqu'à quel point ? Malgré l'abandon du suivi et quelques avaries, la qualité reste étonnamment bonne après 10 ans... ce qui atteste la sûreté du procédé, mais ne signifie pas qu'il faille chercher à conserver les grumes aussi longtemps !

Après les tempêtes Lothar et Martin de 1999 l'Office National des Forêts a dû stocker des lots de grumes de hêtre selon la méthode classique de stockage sous eau, mais en testant aussi l'alternative de l'ensilage anaérobique sous bâche, décliné en trois modalités : simple couverture de piles de bois par une bâche en polyéthylène dont les pans sont enterrés, ensilage sous atmosphère d'azote (en enveloppe thermosoudée) et silo étanche. C'est cette dernière méthode qui a été employée en forêt de Chizé (79). En

2003, le dossier du 1^{er} numéro des Rendez-vous techniques a tiré le bilan de l'opération (résumé au tableau 1). Le silo étanche, à réserver à des grumes de qualité supérieure, est efficace pour une conservation de longue durée, probablement jusqu'à 5 ans, mais au-delà ?

Sur le site de Chizé, aucune surveillance particulière des lots bâchés n'a été réalisée depuis 2003/2004. Cependant un scieur local (scierie MARTEAU, à Villiers-en-Bois) a acheté régulièrement quelques lots en proposant un prix/m³ « grume »

ou un prix « chauffage », selon la qualité constatée à l'ouverture des bâches : il n'y a pas eu d'incident et toutes les ventes ont été conclues au prix « grume », eu égard à la bonne conservation des bois. Ceci étant, le propos n'est pas ici l'aspect économique, mais l'efficacité de la technique pour la conservation : les hêtres de Chizé, plutôt petits (diamètre moyen de l'ordre de 40 cm) et flexueux, ne font l'objet que de commercialisation locale et ne sont pas les meilleurs « candidats » à l'analyse économique.

Technique et site	Bilan
Silo simple à Langres : Bâche polyéthylène 350 µm ou 450 µm, pans enterrés, grumes posées sur bastaings, silos de 18 à 50 m ³	Efficace (baisse rapide du taux de O ₂) quand volume stocké/surface > 0,85 m ³ /m ² . Coût ≈ 14 €/m ³ ; simplicité de mise en œuvre et suivi. ⇒ Solution de dépannage pour stockage < 6 mois, avec empilage soigné, volume > 1 m ³ /m ² , grillage en haut de pile pour éviter le déchirement...
Silo sous atmosphère azote à Nancy : Bâches polyéthylène 115 µm sol et couverture, thermosoudées + injection d'azote, grumes posées sur bastaings, silos de ≈ 80 m ³ .	Inefficace (baisse trop lente et variations du taux de O ₂) ; mise en œuvre onéreuse et difficile, coût de fonctionnement prohibitif (≈ 30 €/m ³ /an dans les conditions de l'étude) ⇒ à proscrire
Silo étanche à Chizé (+ Langres et Nancy) : Préparation du sol, double enveloppe = géotextile + liner sol et bâche PVC 1 mm avec joint d'étanchéité soigné, grumes posées sur bastaings, silos de ≈ 200 m ³ .	Efficace (baisse rapide du taux de O ₂) et sûr : même qualité après 3 ans que le bois frais. Coût ≈ 31,50 €/m ³ (évalué à Nancy) mise en œuvre exigeante mais simplicité de suivi (état de la bâche, mesure du taux de O ₂). ⇒ Solution pour stockage longue durée (> 2ans et jusqu'à 5 ans au moins) des bois de qualité supérieure, moyennant exploitation rapide, purge et calibrage soignés avant bâchage, sciage rapide après débâchage (délai ≤ 2 semaines), séchage des sciages en locaux bien ventilés

Tab. 1 : bilan en 2003 des trois techniques de stockage de hêtre sous bâche testées après les tempêtes de 1999

En septembre 2009, la scierie MARTEAU s'est portée acquéreur d'un nouveau lot, en se proposant d'acheter dans la foulée l'ensemble des lots restants sauf mauvaise surprise à l'ouverture. Après presque 10 ans de stockage, la qualité du lot s'est révélée bonne. Les produits obtenus ont été commercialisés mélangés avec du bois frais. Cette expérience de stockage de hêtre sous bâche étanche, pendant une si longue durée sans surveillance étant unique, l'ouverture a donné l'occasion d'une étude plus poussée de la qualité des bois stockés. Du fait de la modestie de l'entreprise, le « suivi industriel » des produits s'est résumé à un retour d'expérience assez sommaire, mais satisfait.

Méthodes, observations

Le lot étudié est composé d'environ 170 m³ de grumes de hêtre provenant des chablis de 1999, stockées sous bâches hermétiques depuis leur exploitation en 2000. La bonne étanchéité des bâches et le taux d'oxygène ont été vérifiés jusqu'en 2003/2004, puis cette surveillance a été abandonnée. La hauteur du lot bâché est d'environ 4 m, il est entouré d'arbres sur 3 côtés ce qui le protège du soleil direct (photo 1).

Le débâchage a eu lieu en octobre 2009, à l'aide du grappin d'un gru-

mier. Des trous ont été observés dans la bâche (photos 2). En 2003 déjà (année de canicule), des accrocs avaient été constatés : des blaireaux et chevreuils avaient grimpé sur les bâches pour boire dans les poches d'eau, et des sangliers avaient donné des « coups de nez » en bas de pile. Suite à ces incidents, les accrocs ont été réparés par des rustines et un grillage a été installé pour protéger le bas des piles. La surveillance visuelle exercée occasionnellement par la suite n'a pas révélé de nouvelle dégradation sérieuse, mais les rustines anciennes ont pu se détacher. Quoiqu'il en soit, les silos n'étaient plus hermétiques, ce que confirment les analyses d'atmosphère effectuées pour l'occasion en 2009. Le taux de CO₂ mesuré à l'aide de la méthode des tubes colorimétriques Dräger était compris entre 2 et 4 % alors que, après fermeture des bâches en 2000, il dépassait 60 %, l'oxygène résiduel ayant été consommé comme prévu en quelques jours. Cela reste cependant très supérieur au taux de CO₂ dans l'air ambiant (en moyenne 0,04 %), ce qui témoigne encore d'un relatif confinement.

Le lot étudié a fait l'objet des mesures et observations suivantes :

- notation de l'aspect visuel des grumes : présence de colorations sur les faces ;
- notation de la présence d'attaques d'insectes et de champi-

gnons (fructifications, trace de sciure) ;

- notation de l'état de l'écorce (adhérente, léger détachement, totalement détachée) ;
- notation de la présence de fentes ;
- prélèvement à la tronçonneuse d'une rondelle de bois à chaque extrémité des grumes puis conditionnement de ces échantillons en poches hermétiques pour mesure de l'humidité des bois.

Un test de sciage a ensuite été réalisé à la scierie Marteau sur un billon échantillon. Le retour d'expérience de l'opération de sciage des lots restants a été recueilli par la suite.

Les résultats : un état de conservation étonnant

Lors du débâchage une quantité d'eau importante était présente en fond de bâche (photos 3), signe que malgré la non-étanchéité des bâches l'humidité a été en partie préservée.

Aspects des grumes au débâchage

L'aspect des grumes est bon : l'écorce est adhérente, aucune fructification de champignon n'est observée ; il n'y a pas non plus de trace d'attaques d'insectes. On constate par contre de nombreuses moisissures à l'extrémité des grumes stockées en bas de pile et sur la partie la plus à l'ombre de la bâche. Sur la partie de la bâche exposée au soleil (haut de la bâche et



1 - Lot observé, stocké en ambiance forestière



2 - Dégradation des bâches et débâchage au grappin



J. Moreau, FCBA

côté sud), on peut voir pour la première fois depuis le début de l'expérience des fentes de retrait très marquées (2-3 cm de large) à l'extrémité des grumes voire sur le roulant de quelques-unes, mais aucune dégradation n'est à signaler au niveau de ces fentes (photos 4), lesquelles affectent 8 à 10 % des grumes.

Aspects du bois

L'aspect des rondelles prélevées à l'extrémité des grumes est bon : peu de discolorations, seuls quelques échantillons présentent une coloration rouge, mais qui était peut-être déjà présente en 2000 lors de la mise en place des lots.

Sur les échantillons prélevés, la mesure de l'humidité par dessiccation à l'étuve a révélé un taux d'humidité très faible (photo 5, tableau 2). Pour les grumes totalement ou partiellement exposées au soleil, soit environ 15 % du volume du lot, il est proche voire en dessous du point de saturation des fibres (valeur d'humidité en dessous de laquelle le retrait du bois se manifeste, de l'ordre de 30 %, mais variable suivant les essences). Cela explique les fentes de retrait constatées. Le taux d'humidité est voisin de 60 % pour les grumes stockées à l'ombre. Les grumes ont donc progressivement séché, les bâches dégradées ne remplissant pas leur rôle d'étanchéité.

Sciage des grumes

Un essai de sciage sur un billon échantillon a été réalisé à la scierie Marteau. L'essai est concluant, les sciages ont un aspect semblable à celui du bois frais. Les seuls inconvénients rencontrés sont ceux liés au sciage de bois sec : présence de fentes de retrait et efforts de sciage plus importants (le bois sec impose de réduire la vitesse de sciage). Les photos 6 donnent un aperçu des produits sciés : couleur claire et homogène, pas de trace de piqûre d'insecte, quelques décolorations.



3 - Eau s'écoulant à l'ouverture de la bâche et aspect de l'extrémité des grumes : moisissure et fentes de retrait

J. Moreau, FCBA



4 - Fente de retrait sur le roulant et aspect du bois à proximité de la fente

J. Moreau, FCBA



5 - Prélèvement de rondelles et aspect du bois

J. Moreau, FCBA

Exposition	Position dans la pile	Taux d'humidité
Soleil	Haut	24%
Soleil	Bas	28%
Intermédiaire	Milieu	34%
Intermédiaire	Bas	32%
Ombre	Milieu	58%
Ombre	Bas	59%

Tab. 2 : taux d'humidité des échantillons prélevés en fonction de la position dans la pile

Le retour d'expérience du scieur suite au sciage des lots restants est bon. Il a constaté des décolorations, mais n'a pas noté la présence d'attaques d'insectes ou de champignons. Les principales difficultés rencontrées sont aussi celles liées au sciage du bois sec. Malheureusement il n'a pas récolté de données précises sur les pertes de rendement matière ou sur le classement des bois, sans doute parce que ses produits minimisent les contraintes : peu ou pas de plots, mais des petites sections, surtout pour l'ameublement, avec une certaine exigence mécanique, mais pas forcément esthétique dans la mesure où ce sont souvent des pièces cachées (pour des canapés par exemple).

Synthèse et conclusions

Ces résultats sont intéressants : le stockage de bois en silo étanche permet de conserver la qualité des bois stockés sur une longue période. Ce constat confirme et précise les conclusions de 2003 : la technique de stockage en silo étanche est très efficace et permet de stocker des grumes de hêtre en toute confiance au-delà de 5 ans.

Cette bonne performance est liée à l'emploi de la double enveloppe en PVC de 1 mm d'épaisseur : le coût de mise en œuvre est élevé, mais le suivi est ensuite peu contraignant. Ainsi, malgré les accrocs visibles et la perte d'étanchéité, les bâches ont apparemment joué leur rôle protecteur en limitant les échanges extérieur/intérieur : pas de lumière, pas d'entrée d'insectes vecteurs de spores de champignons, et taux de CO₂ faible, mais supérieur à celui de l'atmosphère extérieure. Après presque 10 ans, les grumes ont donc progressivement séché ; le taux d'humidité n'a pas chuté jusqu'à un niveau qui les préserve des attaques de champignons, mais seules des moisissures sont apparues sur les sections.



6 - Sciage des grumes, aspect des produits

J. Moreau, FCBA



7 - En comparaison, grumes témoins de hêtre stockées 10 ans à l'air libre près du lot étudié

J. Moreau, FCBA

Le propos n'est pas ici de recommander la conservation de grumes de hêtre jusqu'à 10 ans : cette durée donne une idée de l'ampleur de la performance, et de ses limites. Si les dégradations qu'on commence à observer n'ont qu'une incidence tout à fait mineure dans le contexte de Chizé, elles représenteraient un risque bien plus grave pour des bois de qualité supérieure, dont la conservation sur une période aussi longue n'aurait d'ailleurs guère de sens.

Jérôme MOREAU
FCBA Station Sud-Ouest
Jerome. MOREAU@fcba.fr

Daniel BARRÉ
ONF, UT Deux-Sèvres

Dossier



L'ONF sur la côte méditerranéenne

Notre littoral méditerranéen est très contrasté : sur la côte sableuse du Golfe du Lion, l'ONF n'a pas d'ancrage historique, mais il peut faire valoir l'expertise forgée dans les dunes atlantiques ; à l'est du Rhône, il dispose d'une forte assise territoriale dans des sites prestigieux de la côte rocheuse, mais avec une tradition plus continentale que littorale. Ce dossier dessine des stratégies nouvelles, qui s'inventent en avançant et font émerger des solutions pour combiner loisirs (sans risques), biodiversité et contrôle des dynamiques littorales.

- p. 22 Entre côte sableuse à l'ouest et côte rocheuse à l'est, le cadre géographique détermine fortement l'action de l'ONF sur le littoral méditerranéen
par Jean Favennec, Jean-Joseph Blanc et Jean Santelli
 - p. 25 Adapter la gestion des dunes en zones à risques de submersion - Un exemple en Petite Camargue
par Patrice Avias et Jean Favennec
- p. 32 Étude d'impact du rechargement des plages de Leucate et du Barcarès sur le littoral du Roussillon
par Vincent Parmain
 - p. 36 S'appuyer sur la connaissance de la dynamique côtière pour tracer des sentiers littoraux sûrs et à coût raisonnable, expériences dans le Var
par Jean Santelli
- p. 39 La forêt domaniale des Calanques - Une nouvelle « gouvernance partagée » pour concilier préservation de la biodiversité et pratique de l'escalade
par Alain Vincent et Claude Fulconis
 - p. 44 L'île Sainte-Marguerite concentre biodiversité et fréquentation dans l'harmonie
par Elisée Valles
- p. 48 En forêt domaniale de l'Esterel, changer de regard pour appréhender l'originalité de la frange littorale
par Dominique Guicheteau

Entre côte sableuse à l'ouest et côte rocheuse à l'est, le cadre géographique détermine fortement l'action de l'ONF sur le littoral méditerranéen

Entre Roussillon et Camargue, le golfe du Lion dessine sur 200 km un arc régulier qui résulte du comblement sédimentaire d'un ancien rivage par des apports terrestres et marins. Au-delà, vers l'est, se développe une côte rocheuse caractérisée par la présence de falaises très anciennes dont l'origine est souvent plus géologique (failles plissements...) que marine.

Du pied des Pyrénées à la Camargue, une côte sableuse fragilisée par l'urbanisation

Les sédiments redistribués par la mer ont alimenté des cordons littoraux ancrés sur des points durs qui jalonnent la côte du golfe du Lion. Ce sont surtout des môles calcaires comme le Mont Saint-Clair à Sète, le massif de la Clappe, le Cap Leucate... Mais c'est une formation volcanique, le mont Saint-Loup, qui constitue la principale aspérité de ce golfe, au cap d'Agde. Les cordons littoraux (plages et dunes), dénommés lidos, ont progressivement barré la sortie des eaux douces des fleuves et provoqué la formation des « étangs », lagunes de salinité variable reliées à la mer par des passes dénommées graus.

Plusieurs processus de dynamique littorale continuent à modeler ce rivage, ce sont notamment :

- les apports sédimentaires des fleuves, dont la charge alluviale diminue ;
- l'impact des houles, dont le régime est lié à celui des vents : vents de terre dominants et vents de mer.

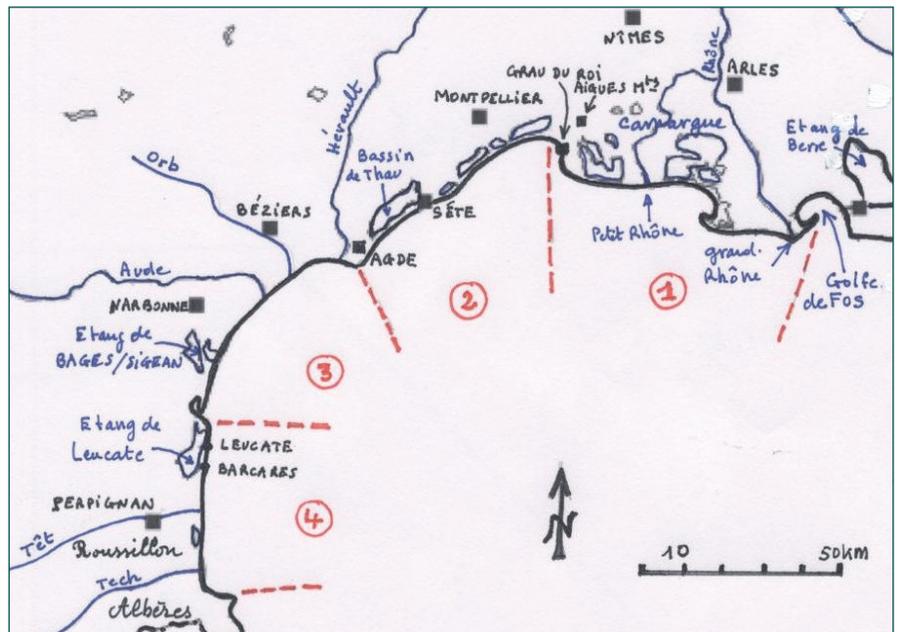


Fig. 1 : le littoral sableux du golfe du Lion

Les houles de sud sont les plus actives, lors des tempêtes dont la fréquence semble augmenter ;

- la dérive littorale liée à l'orientation des houles ; on observe une dérive est-ouest de la Camargue vers le Narbonnais, et une dérive sud-nord du Roussillon vers la même zone ;

Dans un contexte général de pénurie sédimentaire, le recul du trait de côte est dominant. L'arc sédimentaire du golfe du Lion comprend une série de secteurs à caractères différenciés (voir figure 1).

Le vaste delta de la Camargue (1) résulte des apports sédimentaires du Rhône. Cet ancien secteur d'accrétion connaît aujourd'hui un recul dominant. La cause majeure en est la réduction de la charge alluviale -

de l'ordre de 30 millions de tonnes au début du 20^e siècle à moins de 10 millions de nos jours dans un contexte de subsidence du delta.

Les étangs palavasiens et le bassin de Thau (2) sont précédés d'un lido très étroit et composé d'un mélange de sable et de galets, anciens apports du Rhône. Ce secteur à dérive est-ouest est en érosion prédominante.

Le secteur Narbonne/Béziers (3), entre le cap d'Agde et le cap de Leucate, présente un cordon sableux plus large qui précède de nombreux petits étangs en voie de comblement par les apports de rivières actives, l'Aude, l'Orb et l'Hérault. Les transports sédimentaires longitudinaux est-ouest crois-

sent entre le cap d'Agde et l'embouchure de l'Aude. La partie sud est marquée par une dominance de l'accrétion (convergence de dérive).

La côte du Roussillon (4), entre les Albères - extrémité est des Pyrénées - et le cap Leucate est alimentée dans sa partie sud par les sédiments de fleuves côtiers (notamment le Tech). Une dérive sud-nord redistribue ces apports, ainsi que des sédiments marins stockés dans des barres d'avant côte, fréquentes dans ce secteur. Les cordons dunaires sont peu développés et précédés de larges plages « aériennes » (haute plage immergée uniquement lors des tempêtes).

Peu urbanisée avant les années 1950, la côte sableuse basse a été totalement transformée par les aménagements touristiques de la Mission interministérielle d'aménagement touristique du littoral du Languedoc Roussillon dite « mission Racine » (1963-1983). Cette urbanisation, proche des plages, a très vite nécessité des travaux de lutte contre l'érosion marine, défense privilégiant des ouvrages lourds (brise-lames, épis, enrochements...) qui n'apportent souvent que des réponses locales, déplacent le problème, et s'avèrent inefficaces dans le long terme.

La doctrine actuelle de défense tient compte de ces échecs et prévoit la mise en œuvre de principes de Gestion intégrée des zones côtières (GIZC). Des « orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon » (juin 2003) ont été élaborées sous l'égide de la nouvelle Mission Interministérielle du littoral Languedoc-Roussillon (2001-2006), chargée d'élaborer un « plan de développement durable du littoral ». Ces orientations soutiennent notamment que :

- il est naturel que le littoral bouge et il est illusoire d'espérer le fixer partout ;

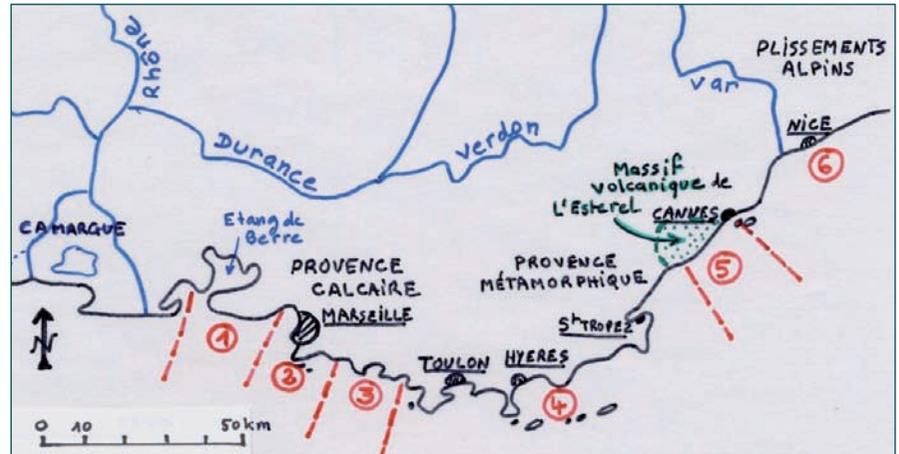


Fig. 2 : le littoral rocheux entre le delta du Rhône et la frontière italienne

- les réponses ne peuvent être apportées qu'à l'échelle minimale de la cellule sédimentaire ;
- le recul stratégique doit être favorisé, car il est la réponse la plus durable à l'érosion...

Cette nouvelle approche ne consiste plus à bloquer les processus naturels, mais à les rétablir : reconstitution de cordons dunaires, apports de sédiments, rétablissement de transit (by-pass)... Méthodes qui ne présentent pas les inconvénients des ouvrages en dur, mais nécessitent de disposer d'un « espace de liberté » laissant place à ces processus. Cette contrainte peut impliquer le déplacement de certains enjeux (recul - ou repli - stratégique) et se heurter aux limites d'acceptabilité sociale.

Entre le delta du Rhône et les Alpes-Maritimes, une côte rocheuse à falaises

Au-delà du delta du Rhône, le littoral compose un patrimoine touristique exceptionnel avec des sites prestigieux, dont des forêts gérées par l'Office National des Forêts (Les Calanques, les Maures, l'Esterel, l'Île Sainte-Marguerite...). Cependant, l'érosion des falaises pose des problèmes de sécurité liés à la forte fréquentation du public et à l'urbanisation trop proche des escarpements. Six secteurs géomorphologiques

peuvent être distingués entre le delta du Rhône et la frontière italienne (voir figure 2).

Entre Fos-sur-Mer et Marseille, le massif de la Nerthe (1) constitue

une puissante barrière entre la mer et l'étang de Berre. À l'ouest, le rivage de la Nerthe, très urbanisé, est constitué par des dalles de molasse tertiaire. Cette situation est problématique pour les villas installées en bordure des falaises. À l'est, de la Redonne à l'Estaque, on passe à un littoral abrupt de falaises plongeantes de grès et de calcaires dolomitiques. Certaines zones très urbanisées, notamment des criques desservies par des routes très étroites, peuvent poser problème, en raison de falaises très fissurées.

Le Massif des Calanques (2) est formé de hautes falaises de calcaires blancs très compacts (urgoniens) qui sont restées intactes depuis l'Antiquité. Grottes, îles, profondes calanques, sites d'escalade et karst marin constituent un attrait exceptionnel reconnu dans le monde entier.

Les hauts escarpements de Cassis à Sanary (3) sont considérés

comme les plus hautes falaises de France. Les à-pics de Canaille, Soubeyran, Bec de l'Aigle, sont en réalité une « cuesta » crétacée sur-



J. Favennec, ONF

À gauche, Pointe de l'Espiguette, en Camargue, une zone d'accrétion exceptionnelle dans un contexte d'érosion ; à droite, la Côte bleue, partie est non urbanisée du massif calcaire de la Nerthe (dit aussi de l'Estaque)

élevée par le jeu de failles. Les teintes rousses du rivage sont dues à des grès et poudingues (Figuerolles, Île Verte). Aux Pointes Grenier et Fauconnière se réalise un chevauchement de la couverture sédimentaire, tandis qu'à Port d'Alon et à Bandol s'observent des dolomies karstifiées. Les paysages sont spectaculaires (à-pics de 390 mètres), mais les secteurs des Pointes Grenier et Fauconnière et de l'Ouest de Bandol sont instables et dangereux pour les promeneurs.

Le littoral métamorphique des Maures (4) est constitué de roches cristallines : phyllades (Cap Sicié), micaschistes (Îles d'Hyères, Le Lavandou), gneiss (Cap Bénat), granite (Cap Tayat, Cap Camarat)... La plupart de ces falaises sont instables et sujettes à éboulements depuis les temps préhistoriques : glissements de versants, couloirs et dièdres d'éboulis, chutes de blocs. Ces zones ne sont pas urbanisées, mais très fréquentées par le public.

Le Massif volcanique de l'Esterel (5) se distingue par ses rhyolites amarante de couleur rougeâtre qui lui confèrent un attrait paysager incomparable. La côte est caractérisée par de nombreuses criques, surplombs et grottes marines. Les escarpements sont très diaclasés mais stables.

Sur les rivages et falaises des Alpes Maritimes (6) la couverture sédimentaire est formée par des reliefs abrupts décollés sur le Trias gypseux lors des plissements alpins (25 Ma, 7 Ma). Ce sont des plissements et des écaillures tectoniques empilés à proximité des rivages (Mont Agel, Sospel) dominant la mer de 900 m à 1 200 m (séries du Jurassique et du Crétacé). Il s'agit de zones dangereuses, hormis les plages et les rivages à faibles pentes, situées d'Antibes à Monaco et Menton. Sont en cause la hauteur des escarpements, les glissements de versants en roches tendres, les conséquences des dernières phases des plissements alpins et la sismicité locale non négligeable. Le danger est décuplé par une urbanisation généralisée et des villas édifiées en corniche. Les zones à éboulements et basculements de parois sont nombreuses.

Des interventions potentielles diversifiées selon le niveau d'implantation territoriale et le contexte géographique

Sur le littoral sableux du Golfe du Lion, l'ONF est peu implanté territorialement, cependant sa longue expérience de gestion souple des milieux dunaire de la côte atlantique offre une opportunité de dé-

veloppement dans l'esprit de la gestion intégrée qui est préconisée. Sur le littoral rocheux dont l'ONF assure la gestion de plusieurs sites, les interventions sont fortement liées à la sécurisation des secteurs fréquentés. Sur l'ensemble du littoral de Méditerranée, il existe des habitats littoraux altérés ou menacés pour lesquels une expertise naturaliste est attendue.

Jean FAVENNEC

ONF, chargé de mission Littoral
Direction de l'environnement et du
développement durable

Jean-Joseph BLANC

Professeur honoraire, Université de
la Méditerranée

Jean SANTELLI

ONF, Agence Interdépartementale
Alpes Maritimes/Var

Adapter la gestion des dunes en zones à risques de submersion

Un exemple en Petite Camargue

Littoral éminemment mobile, globalement en érosion, forte pression touristique et d'aménagement, risque de submersion, paysages et milieux emblématiques... La Petite Camargue est un terrain idéal pour tester les principes de gestion intégrée des zones côtières (GIZC). Pour les espaces dunaires, la « gestion souple » et le « recul stratégique » rodés sur les côtes manche-atlantique sont pleinement pertinents et s'enrichissent en retour de cette expérience méditerranéenne originale.

En Camargue, dans le plat pays de la partie émergée du delta du Rhône, le risque de submersion est important ; étroitement corrélé au phénomène d'érosion marine, il peut être aggravé par l'inondation provenant du fleuve. Ce sont d'abord des défenses rigides qui ont été mises en place pour lutter contre ces risques. Face aux limites de méthodes qui tentent de fixer les marges d'un territoire par nature mouvant, de nouvelles pistes s'appuyant la dynamique particulière des cordons dunaires littoraux sont ouvertes. La Petite Camargue (partie occidentale du delta, à l'ouest du Petit Rhône) présente des situations diversifiées qui permettent d'y mener une réflexion exportable bien au-delà de ses limites. Après un regard sur les caractères de la Petite Camargue gardoise, nous analyserons les caractères des cordons dunaires qui séparent la mer et la plaine deltaïque, puis nous proposerons une stratégie de gestion souple du risque érosion/submersion, adaptée aux différents contextes morphodynamiques.

Le littoral de la Petite Camargue gardoise, un territoire à risques... et atouts

La Petite Camargue gardoise s'étend sur huit communes, au sud du département du Gard. Ses milieux naturels littoraux très diversifiés sont parmi les mieux préservés de la côte méditerranéenne. Les activités humaines (pêche, agriculture, saliculture, élevage traditionnel de taureaux et chevaux) ont depuis longtemps forgé l'identité camarguaise de ce territoire de 550 km² au carrefour de multiples enjeux. Le développement touristique y a été engagé depuis les années 1970, appuyé par l'État avec la création de Port Camargue en 1977 ; c'est aujourd'hui une composante majeure de l'économie de cette région.

Entre le pôle urbain Grau-du-Roi/Port Camargue et la limite est du département, le complexe dunaire non urbanisé de **l'Espiguette** présente sur 12 km une grande variété de situations, de la quasi-absence de dune à l'est à une exceptionnelle zone d'accrétion à l'ouest.

Un risque de submersion étroitement lié à l'érosion marine

Représentative d'une grande partie des côtes sableuses basses du Golfe du Lion, l'évolution de cette bordure littorale de Petite Camargue est caractérisée par plusieurs processus interdépendants : érosion éolienne (avec dominance des vents de terre), érosion marine qui sape le pied des dunes lors des tempêtes, transports longitudinaux par les courants marins dits de dérive littorale...

Ces processus naturels sont exacerbés par différentes actions humaines. C'est notamment le cas des équipements hydroélectriques et de l'endiguement du Rhône qui ont considérablement réduit la charge sédimentaire, et empêché les fluctuations de l'emplacement des embouchures et de leurs lobes deltaïques. Ce sont aussi les ouvrages de défense qui interrompent les transports longitudinaux : localement les épis rocheux de l'Espiguette ont soulevé de vives polémiques sur leur efficacité à long terme, compte tenu de leur effet aggravant d'érosion à l'aval, et des prévisions d'élévation du niveau marin.

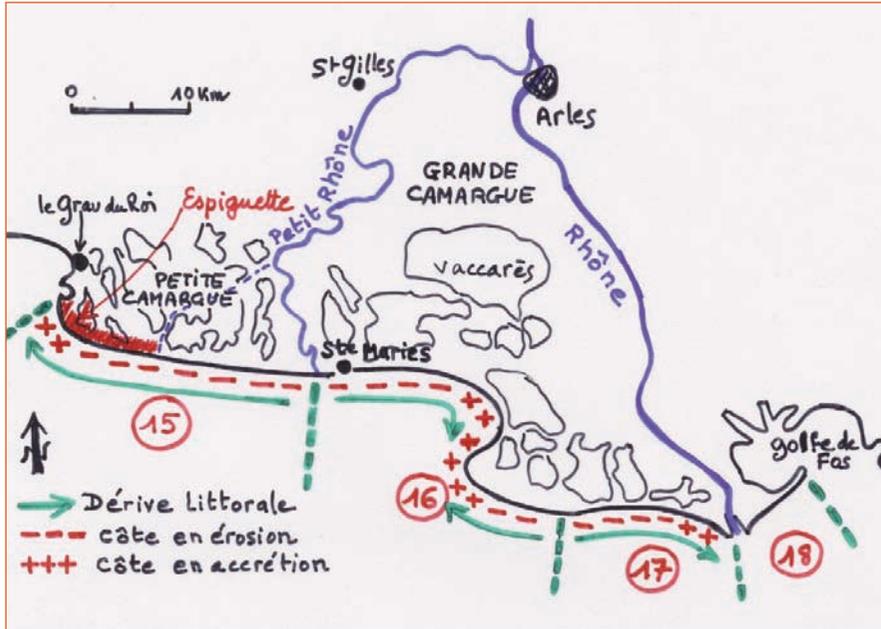


Fig. 1 : le littoral de Camargue (delta du Rhône) est divisé en 4 cellules hydro-sédimentaires (d'après le SDAGE Rhône Méditerranée et Corse)

L'analyse des flux sédimentaires, et de leur « budget » (en érosion, équilibre ou accrétion) permet de subdiviser les rivages en « cellules hydrosédimentaires », unités fonctionnelles relativement indépendantes les unes des autres, bases de la construction de stratégies de gestion. Le site de l'Espiguette correspond à la partie ouest de la cellule 15 définie dans le SDAGE (figure 1) : sa « racine » est en érosion et la dérive est-ouest alimente la pointe de l'Espiguette en forte accrétion (phénomène accentué par une digue d'arrêt des sables construite pour éviter l'ensablement de Port Camargue).

L'aléa érosion marine, dont la cause fondamentale est le déficit sédimentaire, se traduit par un recul du trait de côte qui fragilise le précaire rempart dunaire. Localement ce recul est de 3 à 10 m par an sur la partie est de la cellule sédimentaire, la plus exposée. L'aléa de submersion marine est dû aux phénomènes de tempêtes et de surcotes marines qui peuvent entraîner l'inondation de vastes zones de faible altitude (inférieure à 2m NGF). En Petite Camargue, le risque résulte du fait que ces deux aléas im-

parent des zones à enjeux variés : humains, environnementaux, touristiques, agricoles.

Divers cadres règlementaires participent à la définition des niveaux d'enjeu...

Le site de l'Espiguette est concerné par plusieurs mesures de protection : site classé depuis 1975, directive européenne « Habitats » (site Natura 2000 de la Petite Camargue gardoise), opération Grand Site. Le syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue gardoise est la structure opératrice du document d'objectifs Natura 2000 et de l'opération Grand Site. À une échelle plus globale dans le cadre de l'aménagement du territoire, le secteur dépend du SDAGE Rhône-Méditerranée et Corse qui met en avant les principes de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) et s'appuie sur des orientations stratégiques élaborées par l'État et la Région : « Vouloir fixer à tout prix le littoral est illusoire à terme [...] Il est indispensable de respecter et restaurer un espace de liberté [...] Les techniques respectant le fonctionnement naturel du littoral doivent être privilégiées par rapport à celles qui s'y opposent [...] ».

Vers une stratégie de défense souple fondée sur les modes d'organisation des dunes littorales

Dans ce contexte de changement rapide des faciès naturels et de forte évolution des principes de gestion, une nouvelle approche de gestion souple du trait de côte et de recul stratégique se dessine ; peu à peu, elle tend à prendre le relais de la fixation de la ligne de rivage par des ouvrages lourds. La configuration particulière des systèmes dunaires gardois fait du milieu naturel un remarquable allié pour les décideurs locaux dans la gestion du risque de submersion.

Une morphologie dunaire et une dynamique particulières

En Camargue gardoise, le système dunaire littoral est issu d'une évolution du territoire largement façonnée par l'homme. Les milieux naturels ont connu un cloisonnement progressif depuis le début du 20^e siècle en deux étapes marquantes : arasement des dunes intérieures pour libérer des espaces agricoles à partir des années 1900, puis développement touristique avec la création de Port Camargue accompagnée de l'urbanisation d'une partie de la côte. Le site de l'Espiguette est partiellement marqué par ces changements, mais, exempt d'urbanisation, il a conservé un paysage dunaire complexe où la composante naturelle domine.

Dans la partie en érosion, on peut aujourd'hui distinguer **4 grands types d'organisation** des dunes étroitement liés aux paysages de l'immédiat arrière-côte impacté par le recul : 1. absence de cordon ; 2. cordon étroit précédant une zone basse, sans dunes de deuxième ligne ; 3. cordon unique, mais complexe et large ; 4. cordon étroit précédant une zone basse et un ou plusieurs cordons de seconde ligne (figure 2).

Les dunes de première ligne (cordon bordier) sont les plus mobiles. Elles peuvent être composées d'un ou plusieurs cordons plus ou moins continus. L'arrière dune présente de larges dépressions modelées par une double influence éolienne : vents de terre dominants (mistral ou tramontane) et vents de mer (le « grec » ou le « marin »). Les dunes de deuxième ligne sont plus en recul. Elles sont séparées du cordon bordier par un espace interdunaire plus ou moins humide et halophile (steppe salée à saladelle sur les milieux les plus contraignants, prairie psammophile à choïn noirâtre, voire buttes à genévrier de Phénicie en zone stabilisée). On rencontre localement des dunes de troisième ligne, souvent boisées (pin maritime et pin pignon), intéressantes à intégrer dans une logique de recul

stratégique à long terme en raison de leur altitude.

Un recul stratégique s'appuyant sur l'organisation du système dunaire

Cette analyse des systèmes dunaires en place a nourri notre réflexion sur une stratégie de prévention des risques de submersion, qui a pris forme en 2005 à l'occasion d'un appel à projets LIFE. En réponse à la politique européenne de gestion intégrée des zones côtières, nous avons pu présenter un projet innovant et multipartenarial (Commune du Grau-du-Roi, Syndicat mixte de Camargue gardoise, Conservatoire du littoral, SIVOM de la baie d'Aigues-Mortes, Agence de l'eau, DIREN.

Ce projet n'a pas été retenu au titre du financement européen. Cependant, une grande partie de

son contenu est repris dans les actions éligibles du contrat de projet État/Région (CPER) 2007-2013 dans lequel la gestion durable du littoral tient une place importante. Il prévoit des actions démonstratives de gestion souple et de recul stratégique dont le fil conducteur est de renforcer ou restaurer les milieux naturels par une reconstitution écologique et fonctionnelle des habitats dunaires et de l'hydraulique deltaïque (les aspects hydrauliques ne sont pas traités dans cet article). S'agissant des dunes de l'Espiguette, les acteurs concernés s'accordent donc pour accompagner la dynamique en cours, tout en veillant à se prémunir contre le risque de submersion. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'un **espace de liberté** suffisant pour dissiper l'énergie marine (effet de tampon des espaces interdunaires).

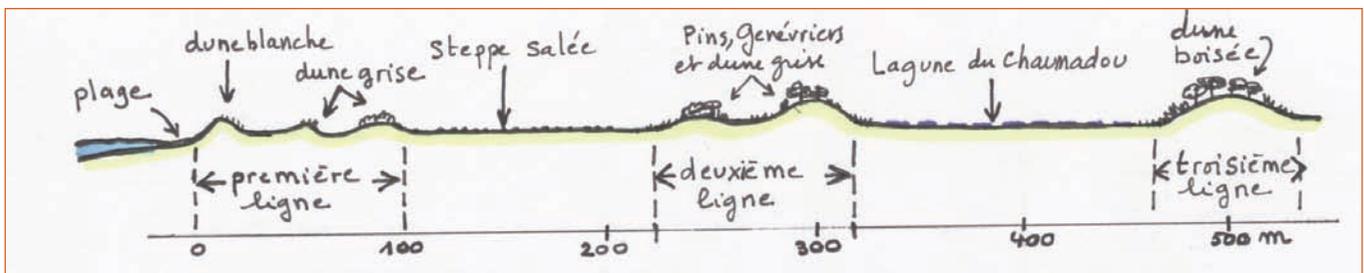


Fig. 2 : transect de Terre neuve, un complexe dunaire (de type 4) étalé en trois cordons : cordon bordier et, à l'arrière, cordons de 2° et 3° ligne

Types de situation	Schémas	Choix stratégiques
1. Cordon de dune bordière absent (ou résiduel) précédant une zone basse		Création d'un cordon de « dune-digue » suffisamment en recul
2. Un seul cordon bordier étroit précédant une zone basse		Etablissement d'un cordon de dune de deuxième ligne ménageant un espace d'amortissement de l'onde de submersion entre les deux
3. Un cordon bordier complexe et large précédant une zone basse		Entretien du cordon bordier non submersible (assez haut) et capable de résister à l'érosion marine (assez large)
4. Un cordon bordier étroit précédant une zone basse avec un ou plusieurs cordons de deuxième ligne		Entretien léger du cordon bordier (submersible), et renforcement des points faibles du cordon de deuxième ligne

Fig.3 : synthèse des choix stratégiques en zone à risque de submersion selon les types d'organisation des systèmes dunaires (dans tous les cas en situation de bilan sédimentaire déficitaire et érosion marine active)

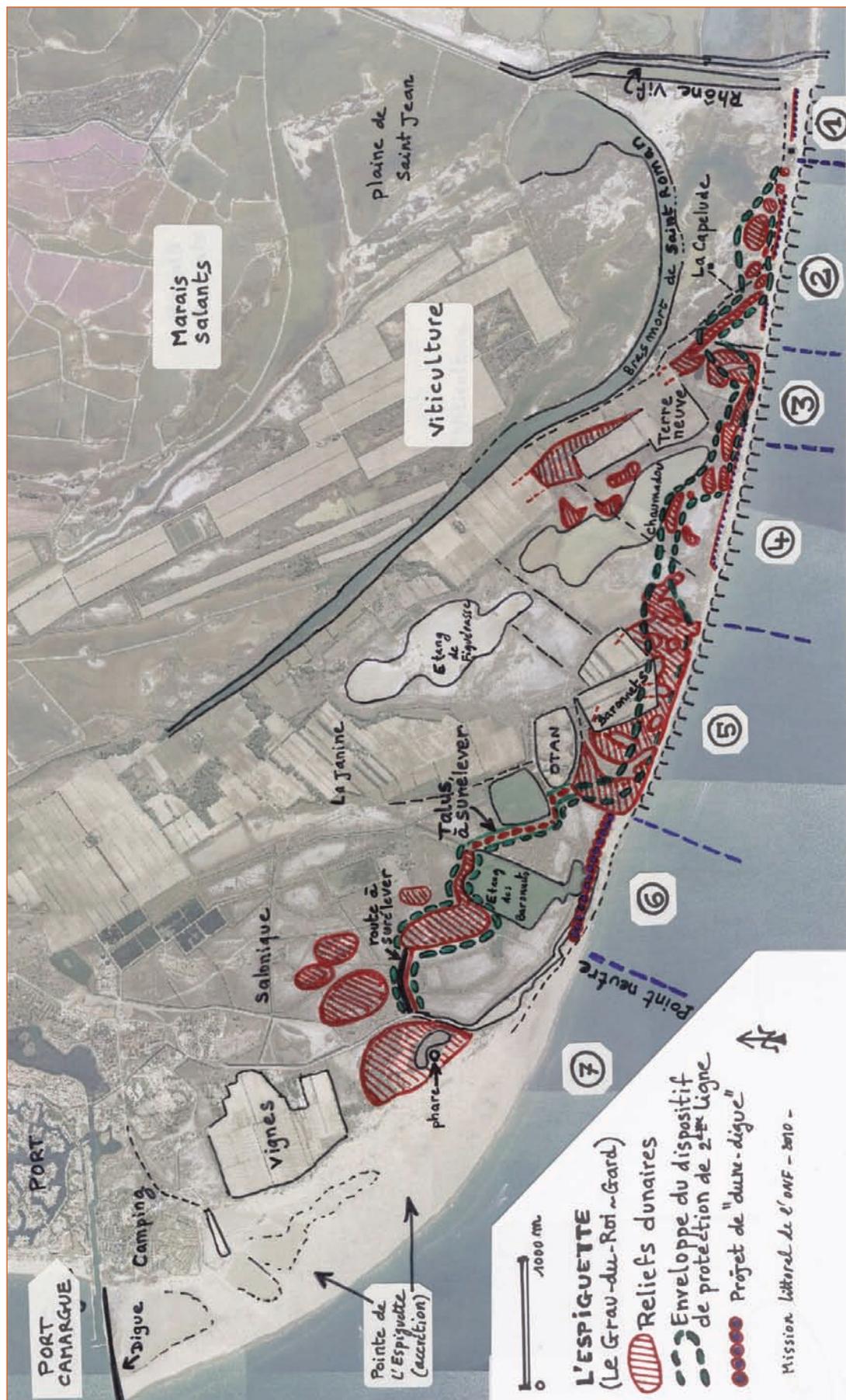


Fig. 4 : schéma d'organisation des dunes littorales de l'Espiguette ; les tronçons numérotés (1 à 7) renvoient à l'analyse présentée dans le texte



J. Favennec, ONF

À gauche, dune « de barrage » reconstituée pour éviter la submersion de la plaine littorale très basse à Capdelude-est, à droite, une forte érosion marine entame sévèrement la dune de première ligne à Capdelude-ouest

La stratégie d'action, modulée selon les types d'organisation dunaire (figure 3), répond à deux grands principes : entretien du cordon de première ligne et organisation d'un cordon continu de seconde ligne.

La gestion souple du cordon de première ligne consiste à conforter l'existant, notamment par plantation d'espèces du cortège floristique de la dune blanche et par la pose de ganivelles pour corriger les dépressions creusées par le vent. L'apport de sable depuis les zones d'accrétion peut être envisagé dans les brèches.

Ce cordon bordier reste cependant précaire, aussi s'attache-t-on à organiser une deuxième ligne de défense en recul par rapport au « fusible » de première ligne. Ce choix stratégique ne se traduit pas par la construction d'une digue géométrique à une distance constante du rivage, mais par un appui pragmatique sur les reliefs existants, à des distances variables. Entre les cordons de première et de deuxième ligne sont conservés des espaces de transition (lagunes, prairies humides, sansouires) susceptible d'assurer un premier amortissement de l'onde de submersion. La conception de ce cordon doit associer prévention des risques et sauvegarde des habitats.

Des principes à l'action : un schéma directeur innovant de gestion du risque érosion/submersion

La synthèse opérationnelle croisant les principes énoncés précédemment et l'analyse de la typologie des dunes se traduit par une subdivision de la côte de l'Espiguette en plusieurs tronçons homogènes qui sont autant d'unités d'action sur lesquelles sont proposés des modes de gestion différenciés du risque érosion/submersion (figure 4).

Tronçon 1, Capelude est (type 1).

Le premier cordon de dune ayant été totalement arasé par l'érosion marine, une dune qui joue un rôle de digue (photo) a déjà été construite dans une position un peu en retrait permettant des échanges fonctionnels avec la plage. À moyen terme, sur ce tronçon sans reliefs naturels à l'arrière de cette première ligne, une défense complémentaire devra être envisagée plus en recul.

Tronçon 2, Capelude ouest (types 1 et 4).

Le cordon naturel de première ligne, en voie de destruction rapide (photo), est reconstruit par segments. À l'arrière, de petites dunes basses, à des distances variables de 100 à 400 mètres, permet-

tent d'asseoir une deuxième ligne de défense constituée de ces bœmbements dunaires raccordés entre eux.

Tronçon 3, Terre Neuve est (type 3).

Le cordon bordier résiduel (avec falaise d'érosion marine) est adossé à une dune ancienne large de 150 à 400 m. Ce système assure une protection durable contre le risque de submersion, on peut considérer qu'il cumule les fonctions de première et de deuxième ligne.

Tronçon 4, Terre Neuve ouest (type 4).

Face à la lagune de Chaumadou, ce secteur présente une succession de plusieurs lignes de relief qui assurent une assez bonne résistance aux submersions (figure 2). Cependant, le système doit être complété par des interventions assurant la continuité de la deuxième ligne.

Tronçon 5, dune boisée des Baronnets (type 3).

L'érosion marine entame directement un système large et haut de dunes anciennes. Il n'existe pas de première ligne au sens décrit ci-dessus, cependant ce complexe de dunes boisées présente une très forte rugosité, un volume et une largeur qui assurent une protection durable contre le risque de submersion. Ici,

première et deuxième ligne ainsi qu'espace d'amortissement sont étroitement imbriqués. La seule intervention proposée concerne la restauration de dunes dans l'ancienne zone agricole. Cette réhabilitation entamée en 2007 (voir encadré Baronnets) sera poursuivie pour surélever les reliefs, notamment dans la partie la plus proche du littoral.

Tronçon 6, plaine des Baronnets (type 1). Le cordon de première ligne est quasi absent, détruit par une très forte érosion marine ; érosion fortement accentuée par la position aval-dérive par rapport à une batterie d'épis. Face à ce risque imminent, un projet de reconstitution de cordon de dune de première ligne est programmé. Associé à BRL ingénierie, l'ONF en a étudié la conception dans le cadre d'une maîtrise d'œuvre pour le compte du SIVOM de la baie d'Aigues-Mortes. Ce projet de dune à rôle de digue, de 1 000 mètres, relie les avant-dunes de l'Espiguette (au niveau du « point neutre » qui sépare la zone en érosion et la zone en accrétion) au secteur résistant du bois des Baronnets, avec un recul suffisant pour laisser se reconstituer un système plage/dune fonctionnel. Pour une défense durable contre le risque de submersion il sera nécessaire de compléter le dispositif : à l'arrière de l'espace d'amortissement que forment les divers faciès de la plaine humide, la deuxième ligne de défense s'adaptera à la configuration actuelle :

- face aux étangs de l'OTAN, la plaine communale présente très peu de reliefs susceptibles de faire obstacle à la submersion ; mais il est possible de conforter le talus artificiel qui résulte du creusement canaux, c'est une opportunité économique et de très faible impact écologique ;
- face à l'étang des Baronnets et au bois des Cagaroules, divers reliefs permettent d'assurer naturellement une protection de deuxième ligne.

Tronçon 7, partie en accrétion de la pointe de l'Espiguette. La dune en accrétion protège bien contre un risque de submersion frontale. Dans l'hypothèse d'une submersion latérale, la plaine peut - grâce à sa relative rugosité et à sa grande profondeur - amortir une grande partie de l'énergie de la submersion. Une sécurité complémentaire sera apportée par surélévation de la route en fond de plaine.

Les principes de la gestion intégrée des zones côtières se concrétisent

Sur le territoire de l'Espiguette, représentatif d'une grande partie de la côte de Camargue, le principe du recul stratégique devient réalité à travers plusieurs opérations dans lesquelles l'ONF est impliqué. Le « Projet de restauration du massif dunaire de l'Espiguette », sous maîtrise d'ouvrage du Syndicat Mixte de la Camargue gardoise dans le cadre du CPER 2007-2013, s'appuie sur le schéma directeur exposé ci-dessus. Diverses réalisations sont en cours : le projet de cordon de première ligne dans un secteur d'extrême fragilité sur le territoire du SIVOM de la baie d'Aigues-Mortes, et le chantier des Baronnets, dans le cadre des actions démonstratives et du CPER.

Ce partenariat autour des problématiques de risque sur la côte sableuse de Camargue a permis d'élargir un savoir-faire ancien de l'ONF en matière de gestion des littoraux meubles de la côte atlantique. En retour, l'expérience acquise à l'occasion des diagnostics méditerranéens nous aidera à mieux répondre à des demandes émergentes sur la côte atlantique. Avant même le choc de la tempête Xynthia, ces préoccupations nouvelles portaient notamment sur la gestion des dunes étroites face au risque de submersion des plaines littorales basses dans les îles du centre ouest, et de Vendée.

Patrice AVIAS

Responsable du bureau d'études
Gard/Hérault/Lozère
ONF, DT Méditerranée

Jean FAVENNEC

Chargé de mission Littoral
ONF, direction de l'environnement
et du développement durable

Remerciements

Nous remercions Pascal Guénot (UT Garrigues-Rhône) et Marc Reynaud (BE DT-Méditerranée) dont la présence de terrain et les contacts avec les responsables locaux ont été essentiels à l'avancement de toutes les études et des travaux menés par l'ONF sur ce territoire de Petite Camargue.

Bibliographie

ONF, 2004. Étude de l'incidence de la création d'un cordon de dune-digue sur le site de Terre-Neuve. Commune du Grau du Roi. 29 p + annexes.

ONF, 2005. Prévention des inondations par submersion marine et gestion souple du trait de côte. Note de présentation d'un projet LIFE Environnement. Montpellier : ONF-DT Méditerranée. 40 p.

ONF, 2005. Plan de gestion quinquennal des espaces naturels de la Commune du Grau-du Roi. État des lieux (54 p.), plan de gestion (5 p. + ann.) et atlas cartographique.

ONF, 2007. Site classé de l'Espiguette : pointe de l'Espiguette et Rhône de St Roman. Renaturation et gestion de friches agricoles sur le littoral du Gard, lieu-dit des Baronnets. Montpellier : ONF-DT Méditerranée. 9 p.

SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse, 2003. Connaissance et gestion de l'érosion du littoral. Guide technique N°9, 52 p.

Un exemple de restauration de dune littorale : la renaturation de la friche agricole des Baronnets



S. Nancy, ONF

Les Baronnets avant travaux de renaturation : une friche agricole cloisonnée de plusieurs lignes de peupliers

La renaturation de la friche agricole des Baronnets est un programme d'action démonstrative de gestion souple engagé sur les propriétés du Conservatoire du littoral et de la commune du Grau du Roi. Cette ancienne dune arasée pour la viticulture s'étend sur une surface de 130 ha.

Un projet concerté engagé en 2006

L'opération consiste à initier la réhabilitation écologique du site par la reconstitution de reliefs dunaires fonctionnels. L'objectif est de recréer à moyen terme un milieu proche de ce qui existait avant l'arasement des dunes : un ensemble de dunes modelées par le vent et de dépressions humides interstitielles.

- Maîtrise d'ouvrage : Conservatoire du littoral
- Maîtrise d'ouvrage déléguée : Syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue gardoise
- Surveillance et travaux d'entretien : Commune du Grau du Roi
- Maîtrise d'œuvre : ONF (bureau d'études et UT Garrigues Gard)
- Partenaires financiers : DIREN Languedoc-Roussillon, syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue gardoise
- Partenaires scientifiques : Université Montpellier III, Station biologique de la tour du Valat, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles

Déroulement du chantier :

- Suppression des haies brise-vent de peupliers de 40 ans (633 tiges) : abattage et valorisation en papeterie par l'exploitant ; disposition des rémanents en andains servant d'ancrage à la reconstitution des dunes.

- Implantation des dunes à créer : le projet technique a été élaboré en s'appuyant sur le relevé précis en X, Y et Z (géomètre expert) des habitats Natura 2000 adjacents ; cette topographie a notamment permis de déterminer les cotes à respecter pour recréer des zones humides correspondant aux prairies halo-psammophiles des secteurs voisins.
- Creusement de zones de dépression et déplacement du sable pour réaliser une ébauche de relief à concavité ouverte vers le nord (mistral dominant), du type des arcs dunaires naturels observés en périphérie.
- Dynamisation des espaces interstitiels : décompactage du sol par discage entre les reliefs (printemps 2008), pour remettre le sable en mouvement (recréer des plages d'envol) de façon à limiter l'expansion des herbacées rudérales.

Résultats provisoires

Le syndicat mixte de protection et de gestion de la Camargue gardoise réalise un suivi de l'évolution topographique, et des relevés floristiques et faunistiques. On peut tirer des premiers enseignements de l'opération, sans perdre de vue le parti pris d'aménagement *a minima* avec de fortes contraintes financières. Les mouvements de sable sont plus faibles que prévu et on constate une forte dynamique végétale. Le cortège des plantes colonisatrices est dominé par des rudérales, et de nombreux rejets de peupliers. Cependant, une flore typique des dunes s'installe aussi progressivement (malcolmie du littoral — dite aussi julienne des sables — et genévrier de Phénicie notamment). Le suivi de l'évolution de la dune dans le temps permettra de tirer des conclusions plus précises sur l'évolution naturelle et les techniques à préconiser.

Étude d'impact du rechargement des plages de Leucate et du Barcarès sur le littoral du Roussillon



V. Parmain, ONF

Vu depuis les Corbières, entre mer et lagune, le lido du Barcarès/Leucate n'est qu'une mince bande de sable au ras des flots et dominée par l'urbanisation. À droite, la plaine du Roussillon, au fond les Pyrénées (massif des Albères).

Il s'agissait « ... de transformer un site sans caractère, un désert amorphe, dont la forme géologique était inutilisable par rapport au but fixé [...], ce n'était pas rien de modeler près de 1 000 ha [...]. Aujourd'hui a été menée à bien cette modification du relief, je devrais dire bouleversement, car il ne reste rien de ce que nous avons trouvé. » Ainsi parlait Georges Candilis, architecte issu de l'atelier de Le Corbusier et chargé des stations de Leucate et du Barcarès dans les années 70.

On l'aura compris, la mission interministérielle pour l'aménagement du littoral du Languedoc-Roussillon, créée en 1963 et dite mission Racine du nom de son président, ne s'est pas encombrée du souci de préservation et de protection du patrimoine naturel. Et pourtant, un des principes directeurs de l'aménagement du littoral était en effet d'alterner zones urbanisées et espaces verts, mais sous une acception aujourd'hui datée ! Les efforts ont porté dans trois directions :

- créer des espaces verts dans les stations y compris en bordure des voies de pénétration
- créer des reboisements dans les espaces littoraux dégradés par le pâturage et les incendies

- distribuer gratuitement des plants aux particuliers.

La part belle est donc laissée à l'urbanisme sans autre souci que de favoriser la proximité et l'accès aux rivages maritime et lagunaire. Or, et c'est un lieu commun aujourd'hui, le maintien dans le temps des littoraux sableux est lié aux dynamiques sédimentaires associées. Dans un contexte de réduction des apports par les fleuves côtiers, de blocage des transits longitudinaux par l'implantation d'ouvrages en mer, d'atteinte aux transits transversaux par modification des massifs dunaires... et de montée des eaux en relation avec le réchauffement climatique, l'érosion des plages devient un phénomène d'une banalité menaçante. Le littoral du Roussillon n'échappe pas à cette évolution comme en atteste l'étude menée par BCEOM (2002) qui apporte localement la preuve d'un recul du trait de côte variable de 0,40 m/an à 2,70 m/an. Dans les conditions d'implantation des urbanisations, les premières infrastructures commencent aujourd'hui à être menacées. Un plan de lutte a été proposé combinant la mise en place d'épis et de brise-lames dans les secteurs les plus sensibles et préconisant également des techniques

plus douces telles que la reconstitution des massifs dunaires ou le rechargement des plages.

Déjà engagé auprès de la commune dans une démarche d'évaluation environnementale dans le cadre de la révision du PLU, l'ONF a été retenu pour réaliser les études d'impact relatives aux opérations d'extraction de sable et de rechargement des plages sur le territoire des communes de Leucate et du Barcarès (voir en début de dossier l'article sur le cadre géographique, figure 1 p. 20).

Extraction du sable

Une première estimation des volumes à mobiliser pour parer aux premières urgences de rechargement s'élève à 113 000 m³ en investissement initial complétés par des apports d'environ 100 000 m³ tous les 5 à 10 ans. Les contraintes à prendre en considération pour identifier un gisement compatible sont à la fois d'ordre technique (granulométrie compatible, absence d'éléments organiques) et financier (coût d'exploitation et de transport). Différentes solutions ont été envisagées depuis l'utilisation des produits de dragage du port (problèmes de métaux lourds et granulométrie trop fine), la fabrica-

tion en carrière (très cher), l'exploitation de stock sous-marin fossile (programme Beachmed -voir encadré- pas encore opérationnel) jusqu'à la remobilisation des stériles issus de la création des stations de Leucate et du Barcarès.

C'est cette dernière solution qui a été retenue, car elle combine les avantages techniques et minimise les coûts de transport. Le site d'extraction concerné (îlot des Dosses), en bordure du rivage de la lagune de Salses-Leucate, a été créé par le stockage des produits de terrassements et de dragages générés par les travaux de la mission littoral entre 1963 et 1975. À l'origine entièrement artificiel, le site s'est progressivement renaturé et présente aujourd'hui un complexe de végétation allant (ponctuellement) de la zone humide de type sansouire (voir encadré), à des formations apparentées à de la dune grise. La majeure partie du site est toutefois occupée par des pelouses de type post-cultural (à *Pipthaterum multiflorum* et *Dittrichia viscosa*) en mélange avec des phragmitaies sèches.

L'ensemble des milieux rencontrés a été analysé en détail en fonction de la flore patrimoniale, des habitats naturels (au sens de la Directive), de l'avifaune et du paysage. Les contraintes réglementaires rencontrées sont relatives aux zones humides, au classement au titre de Natura 2000 et à l'appartenance de la zone au SAGE de Salses-Leucate.

Forts de ces éléments, nous avons été en mesure de proposer un programme d'extraction de sable ayant pour objectif d'augmenter la superficie de zone humide favorable à la nidification des larvo-limicoles (sterne naine, échasse blanche, gravelot à collier interrompu), de restaurer l'habitat de sansouire dans sa complexité liée aux microreliefs, de préserver les secteurs de nidification des passe-reaux de milieux dunaires

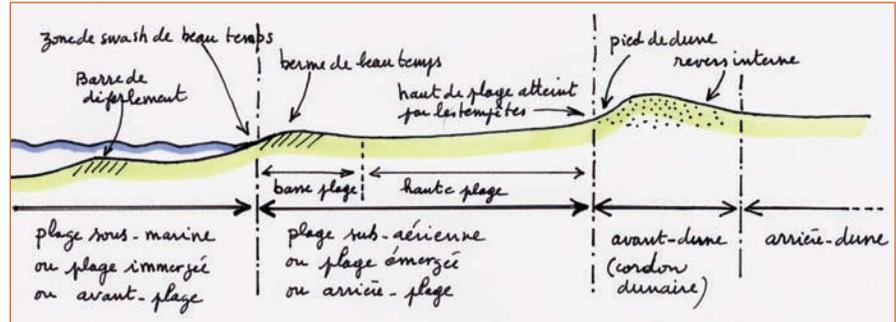


Fig. 1 : schéma de la morphologie du complexe plage/dune local

Prévenir l'érosion des zones côtières méditerranéennes : le programme Beachmed

Beachmed (2000-2004) et Beachmed-e (2005-2008) sont deux opérations Interreg associant diverses régions d'Espagne, de France, d'Italie, de Grèce et de Crète.

En réponse à la vulnérabilité des zones côtières face aux conséquences du réchauffement climatique, au déficit en apports sédimentaires par les fleuves, au démantèlement des espaces naturels côtiers et aux effets néfastes des infrastructures côtières sur le transport sédimentaire, ces programmes ont eu pour objectif de « poser le problème de l'érosion des littoraux en tant que problème structurel de notre modèle de développement et d'envisager concrètement des solutions à faible impact environnemental et à long terme pour prévenir le phénomène de l'érosion côtière ».

Une des composantes du projet concerne la recherche des gisements sableux sur la plateforme continentale (potentialités, exploitation et estimation des coûts).

Pour la France, deux gisements ont été identifiés, le premier s'étend sur une superficie de 1 120 km² (40 x 28 km) depuis la côte, au niveau de la pointe de l'Espiguette au NE, jusqu'aux fonds de -90 m au Sud ; le second, à 50 km au large de Leucate est situé à des profondeurs de 90 à 110 m, en bordure de plateau continental, uniquement accessible aux dragues de très grosse taille.

Le coût de prélèvement du sable est estimé pouvoir varier entre 2 et 10 euros/m³ en fonction des difficultés d'exploitation, de transport et de mise en œuvre pour des volumes de l'ordre du million de m³.

La sansouire

La sansouire (du latin salsus puis provençal sansouïro : salé) désigne un paysage, parfois la végétation associée, caractéristique des terres limoneuses, salées et périodiquement inondées.

L'image de ces espaces est habituellement associée à la Camargue, mais cette formation est également présente au sein des ceintures halophiles des lagunes méditerranéennes. Les conditions extrêmes de salinité, d'inondation et de sécheresse combinées permettent l'expression d'une flore spécialisée : salicornes, obione, soudes, saladelles.



Fig. 2 : Le Barcarès : modification du régime de transport longitudinal des sédiments par implantation d'ouvrage en mer

(alouette calandrelle et cochevis huppé) en limitant la circulation et le dérangement. Le rôle que joue actuellement l'îlot dans la réduction de la houle d'étang pour les habitations riveraines a été conservé par le maintien d'un cordon sableux émergé.

Rechargement des plages

En utilisant une démarche similaire, nous avons inventorié la flore patrimoniale et les habitats présents sur le littoral des deux communes, confirmant la présence de taxons protégés (*Euphorbia peplis*, *Othantus maritimus*, *Hypocoum procumbens*, *Stachys maritima*, *Malcolmia ramosissima*) ainsi que d'habitats d'intérêt communautaire (cortège des dunes embryonnaire, blanche, grise et pelouses dunales de distribution géographique très limitée).

La démarche a ensuite consisté à définir les conditions nécessaires à la reconstitution d'un cordon dunaire : les observations sur site indiquent la nécessité de disposer d'une plage d'une largeur minimale d'au moins 30 m afin de permettre une dissipa-

tion suffisante de l'énergie des vagues. Ces préconisations sont basées sur une connaissance empirique, en ce qui nous concerne, des mécanismes qui régissent le fonctionnement d'un complexe plage/dune. Les phénomènes concernés peuvent être résumés comme suit en ce qui concerne les littoraux sableux de Méditerranée.

■ Le sable est un matériau sédimentaire meuble : ce sont ses déplacements qui sont à l'origine des modifications morphologiques observées. Les moteurs de cette mobilité sont les houles, le vent, les surcotes marines (en Méditerranée, le très faible marnage lié aux marées constitue un facteur mineur), les pertes et les apports de sédiments.

■ La morphologie des plages est complexe. Si, pour l'estivant, la plage n'est constituée que de sable nu où il fait bon s'allonger pour bénéficier du soleil, cet espace est prolongé côté mer par une avant-plage (avec une à trois barres) et se poursuit côté terre par le complexe des dunes (embryonnaire, blanche et grise) (figure 1).

■ Les différents compartiments de la plage sont en lien dynamique transversal et longitudinal. Les mouvements transversaux au trait de côte sont liés :

- à la houle (accumulation sur la basse plage par beau temps, transport sur la haute plage par gros temps, construction ou prélèvement dans la dune) ;
- au vent (transport de la plage vers la dune -marinade- mais également de la dune vers la plage et en mer -tramontane).

Les mouvements longitudinaux sont liés à l'angle d'incidence de la houle par rapport au rivage. Ces mouvements déterminent l'existence de cellules sédimentaires relativement autonomes. Des ouvrages en mer tels que des jetées de port, des épis ou des brise-lames peuvent rompre la continuité de ces mouvements (figure 2).

Sur ces bases, nous avons proposé des itinéraires techniques en relation avec le niveau actuel de dégradation, avec des préconisations de mise en œuvre secteur par secteur (périodes de réalisation en fonction de l'avifaune, itinéraires de circula-

tion des engins...). Selon les contextes sont retenus des revégétalisations, des renforcements de cordon dunaire par apport de sable, la pose de ganivelles, la gestion des cheminements d'accès à la plage, des préconisations de nettoyage raisonné des laisses de mer...

La préservation d'« espaces de libre évolution » (Favennec, 2007) de la dune, la dynamique végétale, l'utilisation de matériel végétal autochtone ont été explicités et mis en avant comme facteurs de réussite des opérations qui ne doivent pas être regardées comme de simples interventions de génie civil. Les systèmes plage/dunes et les habitats naturels associés s'adaptent en permanence aux variations du vent et de la houle ; il s'agit donc d'intégrer dans les aménagements proposés le déplacement de la dune, les variations de pente de la plage, le déstockage ou l'engraissement des dunes et de la plage, le déplacement du trait de côte. Cette dynamique participe des équilibres naturels, même en période de pénurie en sédiments ou d'élévation du niveau marin. A contrario, les infrastructures immobilières ne bénéficient pas de cette souplesse.

Résultats obtenus

Si la démarche concernant le site d'extraction de sable a été bien accueillie par les partenaires techniques, elle a soulevé des difficultés

au niveau des riverains qui ont refusé de voir disparaître un espace auquel ils étaient accoutumés, certains allant même jusqu'à considérer que la mise en œuvre de ce projet constituerait une moins-value significative à leur bien immobilier. *In fine*, le maître d'ouvrage a choisi d'attendre la concrétisation du programme Beachmed, dont la réalisation n'est pas encore programmée. Ceci dit, deux actions simples ont trouvé un écho immédiat auprès de la commune du Barcarès : le nettoyage manuel des plages et le contrôle de la circulation pédestre.

Le nettoyage des plages est habituellement réalisé à l'aide de cribleuses mécaniques ; cette méthode présente l'inconvénient d'éliminer la fraction organique d'origine marine (la laisse de mer) nécessaire à l'installation de la végétation en pied de dune, ainsi que d'éliminer cette végétation lorsque le ramassage est réalisé sans discernement. Le tri manuel en pied de dune a été adopté spontanément par la commune du Barcarès au droit des espaces naturels.

Les nombreux cheminements pédestres qui traversent les dunes sont à l'origine d'une rudéralisation de la végétation, d'une déstabilisation des formations végétales et d'une mobilisation non souhaitable du sable. L'idée d'un contrôle de la circulation pédestre sur les espaces naturels dunaires a été favorablement

accueillie et sa mise en place prise en charge par la communauté d'agglomération de Perpignan sous l'égide du Conservatoire du Littoral.

Par ailleurs, les connaissances acquises au cours de ces études nous ont insensiblement positionnés en tant que spécialiste local de ces formations et de leur dynamique (voir aussi l'encadré sur le SIG dédié). La reconnaissance par les partenaires institutionnels de notre potentiel en expertise des milieux littoraux sableux terrestres nous a permis d'être consultés et retenus lors d'appels d'offres lancés par des partenaires comme la commune de Leucate, la communauté de communes de Perpignan ou le Conservatoire du Littoral. Grâce à ces références, nous avons également été retenus pour rédiger en collaboration avec un cabinet d'urbaniste le plan de gestion des terrains intra-urbains de la commune du Barcarès appartenant au Conservatoire du Littoral. Ce plan de gestion insiste en particulier sur la forte valeur patrimoniale des espaces dunaires concernés, sur leur nécessaire restauration, et porte l'accent sur la dimension pédagogique qu'ils synthétisent. Un travail d'intégration urbaine est également proposé conduisant en particulier à un déplacement des voiries destiné à réduire la fragmentation des milieux naturels.

Vincent PARMAIN

Chef de projet études
ONF, DT Méditerranée

Mise au point d'un outil SIG dédié

Ces études basées sur des inventaires botaniques et ornithologiques détaillés ont suscité le développement d'un outil SIG permettant, grâce à l'utilisation d'un Tablet-Pc sur le terrain (positionnement GPS en direct), d'acquérir les données nécessaires à la constitution d'une géodatabase environnementale communale qui a pu ensuite être utilisée pour répondre aux interrogations des différents partenaires. Sur chaque « polygone » sont précisés les espèces végétales et animales observées, les habitats identifiés et leur état de conservation, la dynamique observée, l'utilisation, les dégradations éventuelles ; un formulaire a été conçu spécifiquement, avec menus déroulants adaptés.

Cet outil a par la suite évolué pour satisfaire aux exigences des maîtres d'ouvrage concernant la cartographie de sites Natura 2000, mais également les aménagements forestiers et il est aujourd'hui utilisé en routine sur l'ensemble du département des Pyrénées-Orientales.

Bibliographie

BCEOM, 2002. Étude générale pour la protection du littoral de l'Agly au Cap Leucate. Phase 1 diagnostic littoral. SIVOM Leucate-Barcarès, 118 p. + ann.

FAVENNEC J., 2007. Principes et évolutions de la gestion des dunes. ONF, Rendez-vous techniques n° 17, pp. 22-30

S'appuyer sur la connaissance de la dynamique côtière pour tracer des sentiers littoraux sûrs et à coût raisonnable, expériences dans le Var

Une côte rocheuse n'est pas forcément stable : falaises dolomitiques (Bandol) ou d'origine métamorphique (La Seyne) s'éboulent et reculent, induisant des risques sévères pour les équipements et les promeneurs. Sollicité en tant que gestionnaire des forêts publiques riveraines rompu aux questions d'accueil du public, l'ONF acquiert une expertise nouvelle en intégrant les dynamiques littorales.

Plusieurs communes varoises ont fait appel à l'Office national des forêts pour sécuriser le sentier littoral déstabilisé par des éboulements de falaises. La commune de Bandol pensait corriger le risque par le reboisement. Pour La Seyne-sur-Mer, il s'agissait d'effectuer les travaux nécessaires à la réouverture du sentier littoral situé en forêt communale relevant du régime forestier.

Pour apporter une réponse adaptée à la complexe dynamique littorale, l'ONF s'est associé à un géologue spécialiste des questions d'érosion marine, le professeur Jean-Joseph Blanc.

Le recul des falaises de Bandol soumises à l'érosion terrestre et marine

En 1998, suite à des éboulements ayant entraîné le recul de la falaise, l'emprise du sentier littoral et le terrain de tennis municipal sont menacés d'effondrement. Avant de donner suite à l'idée de reboisement, commence alors la recherche minutieuse des causes d'érosion.

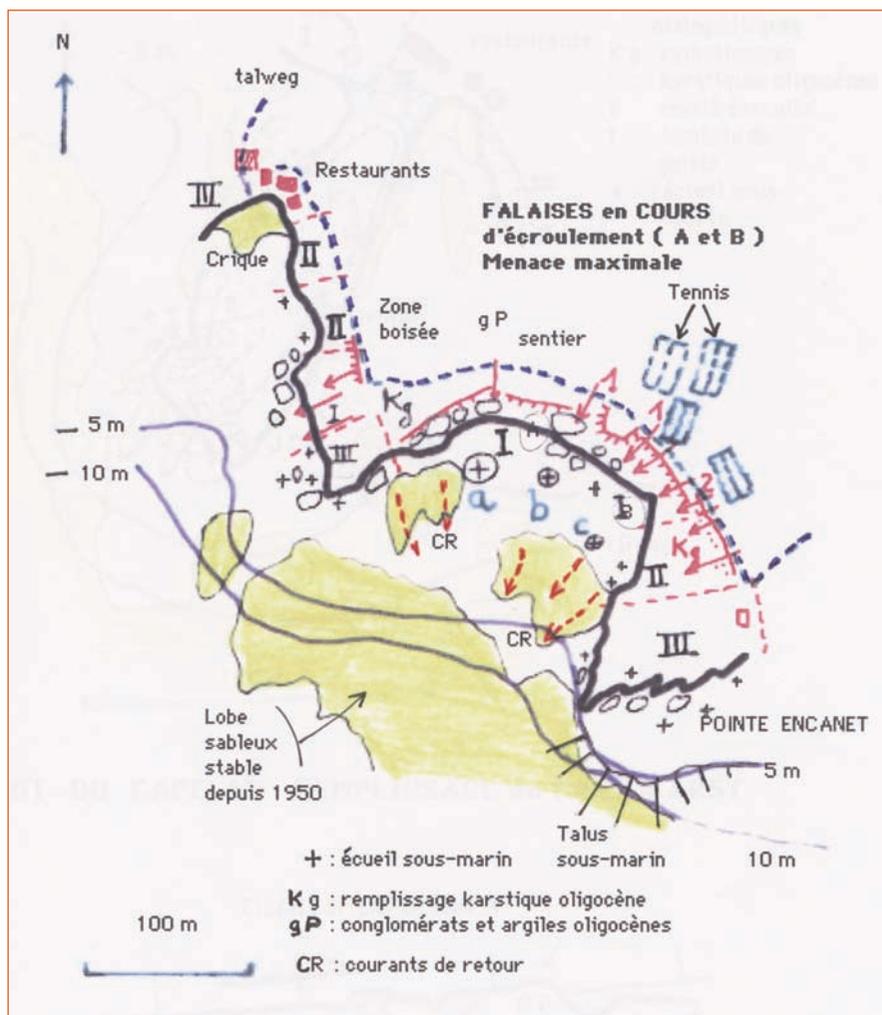


Fig. 1 : cartographie du risque, falaises de Bandol (détail)
 En pointillé bleu le sentier littoral ; en pointillé rouge les courants de retour ; en rouge, érosion terrestre ; en jaune lobes sableux sous-marins

Le diagnostic

Il faut d'abord invoquer la géologie. Ce littoral est caractérisé par une falaise de 20 à 30 mètres de hauteur formée dans un calcaire dolomitique, vestige d'un karst. Les vides karstiques ont été colmatés par des remplissages meubles argileux très fragiles et facilement excavés par les vagues ou les ruissellements d'orages. Des « culées » en calcaires solides constituent des pointes résistantes le long de ce rivage.

La remontée du niveau moyen de la mer y est aussi pour quelque chose : si elle a été faible (0,50 mètre) durant les 2 400 dernières années, les prévisions (+ 0,45 mètre à l'horizon 2100) font craindre, lors de fortes tempêtes, un effet d'érosion décuplé, avec un recul du rivage plus important qu'actuellement (il est aujourd'hui de l'ordre de 10 à 30 mètres tous les 1000 ans).

Il faut parler ensuite de l'érosion marine. Des courants de retour soutirent des matériaux au rivage en creusant des chenaux d'érosion dans les « mattes » de l'herbier à posidonies. Il y a aussi le ruissellement, concentré en sommet de falaise en raison de l'urbanisation de tout le plateau dolomitique. Les argiles du paléokarst s'opposant aux infiltrations, ce ruissellement induit un éboulement des parois initialement décompressées, la chute des blocs dolomitiques n'assurant plus la cohésion de l'ensemble (photo).

La cartographie des risques

Grâce à ce diagnostic préalable et à la connaissance transmise par le professeur Blanc sur la dynamique côtière, l'ONF a pu élaborer la cartographie des secteurs à risques (figure 1) selon l'échelle de risques suivante :

- type I, risque actuel à immédiat : ce sont les zones où actuellement les éboulements ont lieu ;
- type II, risque potentiel différé, à moyen terme : le risque est impor-

tant, mais dans un laps de temps plus grand (50 à 150 années) ; les mécanismes de dégradation sont moins brutaux que ceux du type I ; type III, risque potentiel très faible à long terme : concerne les falaises stabilisées, soit à l'abri du déferlement des vagues, soit constituées de roches très résistantes.



J. Santelli, ONF

Risque de type I à Bandol

Les blocs déchaussés par l'érosion s'accumulent en pied de falaise, dont les parois sont exposées à l'érosion terrestre et marine.

Un plan de gestion approprié

Cette carte de risques constitue le socle du plan de gestion proposé à la collectivité. Il prévoit les actions à mener, ainsi que les types de travaux inutiles et coûteux à déconseiller. Certaines solutions, satisfaisantes sur un plan technique, ont été écartées en raison de leur coût, très supérieur aux biens à protéger. Il s'agit notamment de la construction en mer de plots de diffraction coniques en enrochements lourds destinés à briser le déferlement des vagues et à absorber l'énergie incidente, et de l'établissement d'une ligne de blocs en butée au pied des falaises.

Les actions retenues ont pu être adaptées à la dynamique du recul de la falaise : déplacement du sentier littoral sur certaines portions, stabilisation de certaines zones par des minirestanques en pierre sèche, revégétalisation des talus stabilisés, signalétique, travaux de cicatrisation, drainage localisé, enlèvement d'arbres instables et menaçants.

La mise en sécurité d'un tronçon dangereux du sentier littoral dans les falaises du Cap Sicié

Suite à des chutes de blocs, la commune de La Seyne-sur-Mer a dû prendre en 2000, un arrêté municipal de fermeture d'une partie du sentier littoral situé en forêt communale relevant du régime forestier. L'ONF a été chargé d'une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour définir les travaux nécessaires à cette réouverture, puis s'est vu confier la maîtrise d'œuvre correspondante. L'étude commandée par l'ONF au professeur J.J. Blanc a mis en évidence des glissements de versant et des éboulements continus en direction de la mer et ceci depuis 6 millions d'années. La structure géologique du Cap Sicié, très complexe, est constituée d'un système d'écaillés superposées, disposées à la façon d'assiettes décalées, empiilées les unes sur les autres. Certaines couches, à base de schistes graphiteux, deviennent très glissantes lorsqu'elles sont mouillées et constituent les zones les plus dangereuses d'où prennent naissance les glissements. De même, certains phyllades constituent des versants fragilisés donnant des cirques d'érosion actifs. Les zones d'érosion marine, responsables du recul de la côte, ont également été cartographiées par le professeur Blanc à partir de photos aériennes.

Comme dans le cas précédent, cette cartographie a permis de diagnostiquer les niveaux de risques en faisant apparaître les zones dangereuses telles que les cirques de glissement actif et les couloirs d'éboulis (figure 2). Au vu de ce diagnostic faisant apparaître les dangers encourus par les usagers (éboulements de plaques de versants jusqu'à la mer à 60 m en contrebas), il a été proposé la déviation du sentier selon un tracé offrant une stabilité suffisante (figure 2 et photo) et acceptable par les promeneurs.

La réalisation du diagnostic sur le sentier littoral a aussi permis de définir les versants nécessitant des reboisements de protection, en prenant en compte les enjeux écologiques (site Natura 2000) et paysagers (site classé), aboutissant à une gestion intégrée du sentier et de la forêt littorale.

Une analyse lourde pour une intervention légère...

Cette démarche qui privilégie l'adaptation fine des interventions aux processus en cours exige une très bonne capacité d'analyse de phénomènes complexes qui relèvent de spécialités variées. C'est en s'associant à un géologue expérimenté que l'ONF a pu s'engager sur cette voie. L'expérience acquise sur les falaises de Bandol et du Cap Sicié a permis d'élargir notre expertise dans le domaine de l'analyse des risques et de l'accueil du public sur le littoral. Le résultat doit être... discret. C'est le plaisir conservé des paysages grandioses sans les dangers : ni pour les personnes, ni pour le milieu, ni pour le budget des collectivités concernées.

Jean SANTELLI

ONF, Agence Interdépartementale
Alpes Maritimes/Var

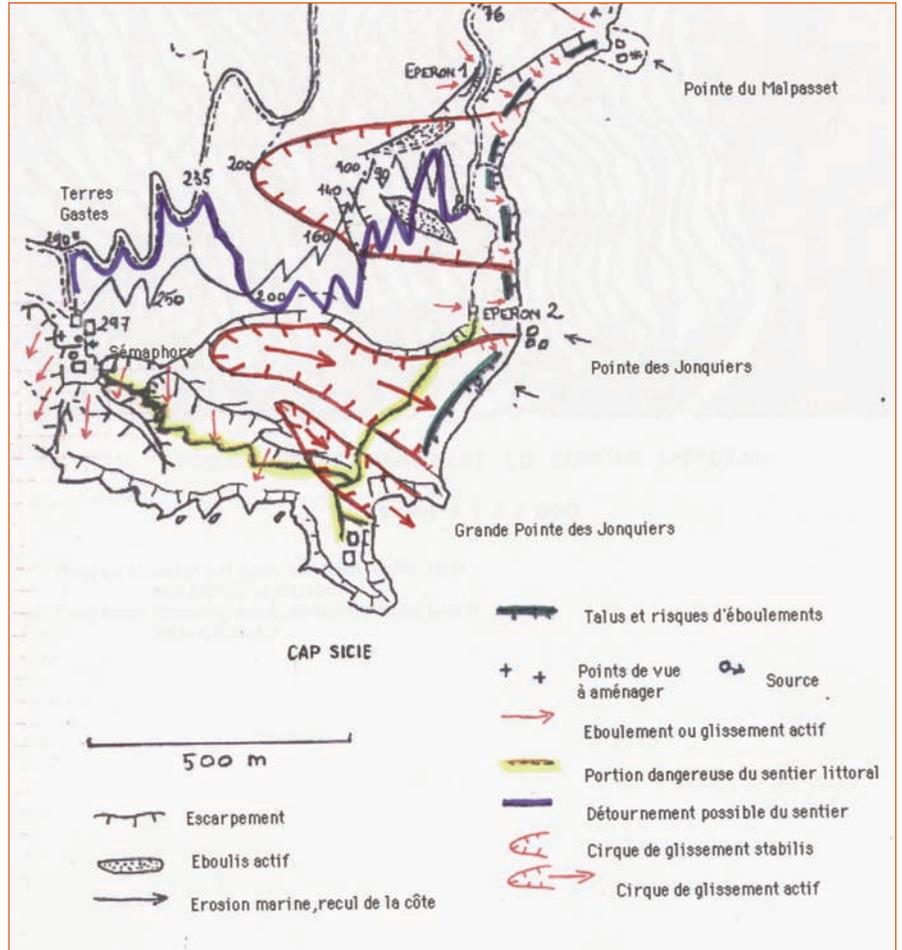


Fig. 2 : cartographie des cirques de glissement actif et des couloirs d'éboulement du Cap Sicié (La Seyne sur Mer)



Le cirque naturellement stabilisé où passe aujourd'hui le sentier du Cap Sicié

J. Santelli, ONF

La forêt domaniale des Calanques : une nouvelle « gouvernance partagée » pour concilier préservation de la biodiversité et pratique de l'escalade

Le littoral karstique des Calanques a quelque chose de puissant qui fait son charme... et sa fragilité. Gestionnaire de longue date, l'ONF est confronté à des enjeux contradictoires et de plus en plus aigus : peu ou pas de recul de la côte, mais des questions complexes de sécurité et des dommages écologiques d'autant plus sévères qu'ils sont peu « visibles » dans cette ambiance minérale. Ici, le savoir-faire majeur, c'est la concertation.

Contexte biogéographique et politique

La forêt domaniale des Calanques, d'une surface de 1 271 ha, est située sur le territoire communal de Marseille qui compte 9 000 ha d'espaces naturels. Elle est au cœur du massif des Calanques qui constitue un ensemble biogéographique karstique de plus de 10 000 ha d'une richesse exceptionnelle, tant du point de vue des milieux naturels terrestres et marins que sur le plan paysager, avec ses falaises marines parsemées de pins. Hauts lieux de promenade, de randonnée, d'escalade, de pêche, de plaisance aux portes même de la deuxième agglomération française, les Calanques accueillent, chaque année, près d'un million et demi de visiteurs locaux et de touristes.

Répartie en deux entités, la forêt domaniale s'étend sur 16 kilomètres de littoral et abrite, entre autres, les calanques les plus prestigieuses du massif : Sormiou, Morgiou, En Vau (photo). Étagée du bord de mer à près de 600 mètres d'altitude sur une profondeur de moins d'un kilomètre dans les terres, la forêt domaniale recèle



J. Favennec, ONF

La Calanque d'En Vau

l'ensemble des habitats présents dans le massif : formations halorésistantes, halophiles, fourrés littoraux, pineraies climaciques à pin d'Alep, éboulis, falaises, chênaies vertes reliques, habitats des crêtes ventées, etc. On y recense de très nombreuses espèces protégées, animales comme végétales. Elle abrite par ailleurs la célèbre grotte Cosquer, unique grotte ornée au monde dont l'entrée s'ouvre sous la mer.

Site d'exception, le massif des Calanques dans son ensemble est victime à la fois de son succès (surfréquentation, risque aggravé d'incendie) et de la complexité sociopolitique locale (mosaïque foncière, multiples collectivités et associations d'usagers). Face à cette situation, l'idée d'un parc national s'est peu à peu imposée et un groupement d'intérêt public (GIP) a été créé en 1999 pour coordonner les acteurs du massif et préparer le dossier. Au sein du

GIP, un comité des propriétaires et gestionnaires publics des Calanques regroupe l'ONF, les communes, le Conseil général, le Conservatoire du littoral, tous propriétaires d'espaces relevant du régime forestier. Ce groupe participe activement à l'instruction du projet de parc, dont la « prise en considération » a été prononcée par le Premier Ministre en avril 2009, et réfléchit à une nouvelle méthode de cogestion avec le parc.

C'est dans ce contexte que, aiguillonné par les tensions initiales, l'ONF a construit avec ses partenaires une nouvelle « gouvernance » pour concilier l'escalade, sport de pleine nature, et la conservation de la biodiversité.

Les usages, équipements et contraintes de gestion

Abandonné par les bergers, gemmeurs et autres chafourniers à la fin du 19^e siècle, le massif a aussitôt été investi par les randonneurs et les grimpeurs dont les associations ont plus d'un siècle d'existence. Le massif des Calanques accueille aujourd'hui près d'un million et demi de visiteurs par an, par voie terrestre et maritime. Les usages y sont très variés : simples visites en véhicule ou à pied, promenade familiale et randonnée sportive, baignade, pêche à pied, escalade, spéléo, VTT, activités noctambules, chasse (11,5 % de la FD), etc. Le massif est équipé de plus de 200 km de sentiers dont 70 km en forêt domaniale et de 4 000 voies d'escalade dont 1 300 en forêt domaniale.

Malgré la quasi-absence de dégradation volontaire, les impacts involontaires de la fréquentation sur les milieux naturels et les espèces sont sérieux : divagation, piétinement, érosion, destruction d'habitats, dérangement, nuisances sonores, etc. Au-delà des nuisances aux milieux, la surfréquentation de certains sites emblématiques nuit à la qualité de l'accueil touristique (sentiment d'oppression, bruits, odeurs, etc.).

Face à ces contraintes, l'ONF a su mener, ces trois dernières décennies, une politique de régulation de la fréquentation et incité le public à plus d'écocitoyenneté : recul des parkings, suppression des corbeilles à déchets (y compris sur les parkings), création de sentiers de promenade de rétention du grand public hors des sites dangereux ou à forts enjeux écologiques, suppression des squats, exclusion des activités de type « free ride » au profit des pratiques « douces » et de découverte, etc.

Historique des relations de l'ONF avec les usagers et les scientifiques

Jusqu'aux années 80, la gestion menée par l'ONF en forêt domaniale des Calanques se concentrait essentiellement sur les grandes plantations d'espèces exogènes avec sous-solage, la création de pistes et pare-feu, le ramassage des déchets. Les relations avec les usagers et la communauté scientifique relevaient tantôt de l'ignorance mutuelle, tantôt de l'incompréhension voire de l'affrontement ouvert.

Dans les années 90, placées sous le signe de la conférence de Rio, l'importance du patrimoine biologique domaniale et la nécessité de le protéger se sont imposées. Les nombreuses atteintes aux milieux naturels et la nécessité d'assurer un minimum de sécurité aux usagers ont fait naître de nouvelles préoccupations de gestion. Durant cette période, les scientifiques ont observé, dubitatifs, l'évolution environnementaliste de l'ONF.

La création du GIP en 1999 a eu le mérite de susciter des rencontres entre les acteurs d'horizons divers. Les premières années de la décennie 2000 ont vu se confronter, dans un climat initial de méfiance, les objectifs de chacun : gestion conservatoire et sécurité pour l'ONF, protection totale pour les scientifiques,

liberté totale d'équipement et d'usages pour les usagers.

Il aura fallu une crise aiguë pour en sortir. Entre 2002 et 2004, face au délabrement de mains courantes sur certains sentiers domaniaux et à la dégradation extrême de certains habitats, l'ONF a dû, sur les conseils de ses directions juridique et environnementale, supprimer quelques sentiers. Il s'en est suivi une pétition de l'ensemble des usagers contre l'ONF. Les risques étant confirmés par la direction de la sécurité de la ville de Marseille et les dégradations étant constatées par la communauté scientifique, les fédérations d'usagers (escalade et randonnée) ont accepté d'assumer une part de responsabilité et d'ouvrir le dialogue.

Concernant la communauté scientifique, le travail en commun de plusieurs années sur les dossiers Natura 2000 a donné l'occasion aux universitaires de tester nos connaissances et nos ambitions. Un dialogue étroit et de nombreuses tournées de terrain ont permis de tourner la page d'une époque révolue, la confiance s'est instaurée.

Conventionnement avec les usagers

Le dialogue s'est ouvert en premier lieu sur la nécessité de clarifier la situation des équipements d'escalade implantés de plus ou moins longue date sans garantie d'entretien. Pour toute activité sportive organisée, l'État transfère, par délégation de service public, l'organisation des pratiques, usages et compétitions à chaque fédération concernée. Pour l'escalade, la Fédération française de montagne et d'escalade (FFME) est seule délégataire de l'État. L'ONF s'est donc tourné vers cette structure pour définir les règles d'aménagement et d'entretien des équipements d'escalade : l'unité territoriale ONF des Calanques a travaillé sur le projet directement avec Claude Fulconis, président du Comité départemental (CD13FFME ; voir encadré).

Quatre années de travail et d'échanges avec les services techniques et juridiques ONF de l'agence et des directions territoriale et générale, ainsi que ceux de la Fédération ont enfin abouti, le 31 janvier 2008, à la signature d'une convention qui porte sur les sites et voies d'escalade en terrain sportif (équipements fixes normalisés), en terrain d'aventure (équipements mobiles à charge du pratiquant), ainsi que sur les sentiers d'accès aux sites et voies. Elle présente en annexe la liste exhaustive des 1 271 voies équipées de la forêt domaniale des Calanques. Cette convention a, depuis, servi de base aux modèles nationaux de convention ONF — FFME, Conservatoire du littoral — FFME et aux conventions locales communes — FFME. Sur ces bases, une convention locale entre l'ONF et la Fédération française de randonnée pédestre devrait être signée en 2010.

Ce travail de longue haleine avec les représentants officiels des usagers a été le fruit de très nombreux échanges, puis d'une véritable relation de confiance. Les forestiers ont appris leur métier et leur rôle aux usagers, les usagers ont fait comprendre leur pratique aux forestiers.

Des partenariats pour protéger

En parallèle de ce travail de conventionnement, l'ONF a été sollicité par l'IMEP (Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie) pour cofinancer une étude scientifique sur une plante endémique provençale protégée par la directive habitat (annexe 2), la sabline de Provence (photos) ; comme elle pousse exclusivement dans les éboulis calcaires ou les lapiaz entre Toulon et Marseille (Calanques, Etoile-Garlaban, Sainte-Baume...), elle est gravement menacée par le piétinement aux abords des sentiers d'accès aux voies d'escalade.



Sabline de Marseille ou S. de Provence (Gouffea arenarioides),
endémique très rare, inféodée aux éboulis et lapiaz calcaires, bien présente dans les Calanques.

J. Favennec, ONF



Lavatera maritime, en pied de falaises exposées, très rare dans les Calanques

J. Favennec, ONF



A. Vincent, ONF

Ouvrier forestier naturaliste de l'ONF



A. Vincent, ONF

Balisateur du sentier par les grimpeurs de la FFME

La situation juridique des équipements assainie et la confiance instaurée, tant avec les usagers qu'avec les scientifiques, une nouvelle « gouvernance » a pu voir le jour en vue de concilier préservation des milieux naturels et maintien des usages. Des mois d'échanges écrits et de réunions en salle ont permis de se parler, de s'écouter, de s'entendre, de se comprendre. Il ne restait plus qu'à continuer l'œuvre commune sur le terrain.

Une première phase a débuté par le recensement des sites les plus dégradés par les usagers grimpeurs et des actions à entreprendre pour enrayer ces dégradations. Rapidement une tournée s'est organisée, avec le GIP chargé de coordonner les acteurs, l'ONF, la FFME et les scientifiques de l'IMEP. Chacun a pu présenter ses contraintes :

- les scientifiques pour les espèces protégées et leurs menaces de piétinement ou d'écrasement par les sacs à dos ;
- la FFME pour expliquer les pratiques et les contraintes que seraient prêts à accepter les grimpeurs ;

- l'ONF pour rappeler les objectifs de l'aménagement forestier (protection de la nature et des paysages prioritaire, puis accueil du public) et proposer des solutions techniques ;
- le GIP pour veiller à la cohérence des actions en vue de la création du Parc National.

Dans un esprit de compréhension mutuelle, un projet de réhabilitation de site dégradé a pu être présenté et mis en œuvre au titre du FEDD (fonds ONF d'intervention pour l'environnement et le développement durable) en vue de protéger les deux espèces patrimoniales concernées : la sabline de Provence, déjà évoquée, et le lavatère maritime (photos), protégé au niveau national. Les travaux ont débuté par une tournée de définition des prescriptions et du rôle de chacun :

- l'équipe d'ouvriers ONF spécialisée « travaux naturalistes » (photo), pour rendre les sentiers plus confortables et plus lisibles, pour obstruer les départs de sentiers sauvages par des techniques de génie biologique adaptées ;
- la FFME pour baliser le sentier d'accès aux voies d'escalade et communiquer auprès de ses adhérents (photo) ;

- les scientifiques pour apporter leur expertise prospective ;
- le GIP pour valider et communiquer auprès des acteurs.

Un succès manifeste... et durable

Plus d'un an après cette opération, le constat est flagrant : aucune dégradation n'a été constatée sur ce site particulièrement fréquenté, les grimpeurs se sont donc approprié le projet. Les espèces reprennent leur place sous la surveillance de l'IMEP qui continue son suivi scientifique. D'autres projets sont en cours, d'autres encore sont programmés pour les années à venir. Les grimpeurs souhaitent désormais travailler en forêt domaniale des Calanques sur une meilleure prise en compte de l'avifaune et des chiroptères dans leurs pratiques.

Cet esprit de « gouvernance partagée » amorce une nouvelle ère dans la gestion de la forêt domaniale des Calanques.

Alain VINCENT

ONF, responsable UT Calanques-littoral (actuellement agence travaux de la DT Méditerranée)

point de vue

C'est à partir de 1879 (date de la première escalade dans les Calanques) que les grimpeurs ont ouvert et équipé de très nombreuses voies dans le massif. Ces équipeurs, il faut bien le souligner, ne se sont pas posé la moindre question quant aux propriétaires de ces falaises. « À personne ! » était la réponse, même très récemment encore, à l'interrogation que nous formulions à chaque demande d'ouverture de nouvelles voies : « Mais à qui appartient cette falaise ? ». Des incompréhensions, des frictions sont apparues entre grimpeurs et propriétaires/gestionnaires, en particulier avec l'ONF qui avait mauvaise presse auprès des équipeurs, car ses agents étaient sur le terrain et relevaient des comportements peu conformes au respect de l'environnement.

Dès mon arrivée à la présidence du comité départemental 13 de la FFME, je me suis efforcé d'aller vers les propriétaires pour mettre en place le conventionnement des falaises pour la pratique de l'escalade, seule solution à mes yeux qui permette une concertation efficace entre le monde des grimpeurs et les propriétaires. Le conventionnement fait partie des objectifs dans les statuts de notre fédération ainsi que dans ceux de notre comité départemental. La FFME a reçu délégation du ministère chargé de la Santé et des Sports pour la définition des normes de classement technique, de sécurité et d'équipement pour la pratique de l'escalade (mais aussi pour le canyon, la raquette à neige et le ski alpinisme). Là aussi, la méconnaissance des textes sur le classement des voies ainsi que les responsabilités mises en jeu et la prise en compte des accès ont retardé la signature des conventions.

Pourquoi conventionner ? Pour permettre à tous les usagers de pratiquer leur loisir en toute sécurité (service public) et pour concrétiser un accord entre personnes (et organismes) responsables. **Les préalables** au conventionnement résident dans la recherche des bons interlocuteurs :

- du côté des propriétaires : quelle est la fédération délégataire ? Quel est, au niveau local, son délégué ?
- du côté de la fédération : quel est le propriétaire ? Quel est l'interlocuteur local ?

Pour dialoguer, il ne suffit pas de vouloir parler à l'autre, il faut accepter d'entendre de l'autre ce que l'on ne connaît pas. Donc, il faut « Se voir et se parler pour se comprendre ».

À partir de 2007, décision est prise de travailler ensemble, ONF et CD13FFME pour écrire le texte d'une convention qui prendra en charge les objectifs et les contraintes de chaque

signataire, la problématique des sentiers d'accès, la répartition des responsabilités, l'impérieuse nécessité de communiquer. C'est le 31/1/2008 que la convention a été signée ; elle a d'ailleurs servi de base à un texte de portée nationale.

De là a découlé un partenariat entre l'ONF et le CD13FFME pour une gestion concertée de l'environnement de l'escalade et principalement pour les accès aux secteurs de grimpe : piémont de la Candelle (protection de la sabline de Provence et du lavatère maritime), Brèche de Castelvieuil (protection des habitats à sabline et de l'aire de nidification du faucon pèlerin), petit Couloir du Devenson (protection des éboulis à sabline). Pour ces différentes opérations, un protocole a été instauré, il consiste en : réunion ONF-CD13FFME pour définir l'objectif, visite ONF-CD13FFME sur le terrain pour observer les problématiques et définir globalement des choix, visite sur le terrain avec les acteurs locaux (clubs, GIP, professionnels, DIREN) pour affiner les choix et valider le projet, travaux et information du public (panneaux, topo-guide, site Internet, etc.).

Le 3^e point de ce protocole a suscité un engouement et un intérêt de plus en plus importants de la part des acteurs locaux et l'image de l'ONF, au travers de ces visites et de la qualité de dialogue de ses agents, se transforme et devient très positive.

En guise de conclusion, je cite l'article de Jean-Pierre Mounet, « Gestion environnementale des sports de nature ; entre laisser-faire, autorité et concertation »* : « Ces derniers cas illustrent clairement la tendance actuelle qui consiste à mettre de côté, au moins pour un temps de négociation, les prérogatives réglementaires pour établir des partenariats sur la base minimale d'un dialogue voire d'une gestion concertée qui a toujours pour logique des jeux à somme positive. [...] si ces concertations sont engagées, c'est que le gestionnaire pense que les modalités adoptées permettent, en définitive, de rendre plus efficace la gestion environnementale. »

Claude FULCONIS

Président du CD13FFME
info.cd13@ffme.fr

*Développement durable et territoire. En ligne : <http://developpementdurable.revues.org/index3817.html#quotation>

L'île Sainte-Marguerite concentre biodiversité et fréquentation dans l'harmonie



Face à la ville de Cannes, l'île Sainte-Marguerite, presque entièrement domaniale : une situation très originale et lourde de responsabilités

Une exceptionnelle richesse écologique et culturelle sur un espace réduit

Au large de Cannes, dans le prolongement de la pointe Croisette, l'île Sainte-Marguerite fait partie de l'archipel des îles de Lérins composée par ailleurs de l'île Saint Honorat et de deux îlots. Située sur la commune de Cannes, elle s'étend d'est en ouest sur 3200 m pour une largeur moyenne d'environ 500 m. Sa superficie est de 177 ha et comprend :

- une forêt domaniale (152 ha) englobant l'étang salé du Batéguier (4 ha) à la pointe ouest de l'île ;
- une propriété de la ville de Cannes (16 ha) comprenant le Fort Royal (classé monument historique) ;
- 8 ha de forêt communale relevant du Régime Forestier et une zone d'habitation linéaire allant du fort jusqu'à l'embarcadère ;
- une propriété privée d'environ 1 ha appelée Le Grand Jardin.

C'est finalement une île presque totalement domaniale, situation très originale qui confère au gestion-

naire, l'ONF, une responsabilité particulièrement forte dépassant largement la gestion forestière.

De fortes traces de l'histoire

L'île Sainte-Marguerite a été occupée depuis fort longtemps par diverses populations qui ont successivement défriché puis abandonné des terres rocheuses et la plupart du temps ingrates. Les formations végétales naturelles ont pu se développer sans entrave lors des périodes d'abandon de l'île par la population suite aux catastrophes naturelles (séisme et raz de marée au 4^e siècle), aux guerres et à leurs séquelles (fin du Moyen-âge...). Des défrichements à vocation militaire y ont aussi été réalisés pour des impératifs tactiques (voir arriver l'ennemi) ; la surface ouverte permet alors d'entretenir des moutons et quelques cultures pour nourrir les militaires. Cet ancien usage militaire a laissé de nombreux vestiges, des forts côtiers servant d'assise à des batteries de canons commandant l'accès à la rade de Cannes aux bunkers de la Deuxième Guerre mondiale.

Un espace refuge pour la faune et la flore

Les conditions naturelles sont à l'origine de trois grands types de faciès présentant une remarquable richesse en *habitats d'intérêt communautaire* : huit au total dont deux prioritaires (marqués du signe*).

■ La zone littorale d'une largeur maximale de 10-20 m, soumise aux vents chargés d'embruns, est le refuge d'une flore halophile inféodée aux côtes rocheuses. Cette étroite bande est aussi la plus riche avec notamment les *peuplements à criste-marine et statice pubescent* des rochers littoraux et les *garrigues à immortelle d'Italie et passerine hérissée* des rebords de falaises. On y rencontre aussi le *matorral arborescent à filaire à larges feuilles et pistachier lentisque*...

■ L'étang salé du Batéguier accueille des espèces halophiles dont la plupart sont devenues très rares sur la partie continentale des Alpes-Maritimes. Il recèle deux habitats de haute valeur patrimoniale : un *groupement à rupelle de mer et cymodocée noueuse des eaux saumâtres** et

un groupement à salicorne d'Emeric et soude des mers des vases salées.

■ La zone forestière est le domaine naturel du pin d'Alep et du chêne vert, la majorité des peuplements forestiers de l'île se distribue entre les yeuseraies à capuchon de moine et les pinèdes de pin d'Alep. Au détour des chemins, sur les pare-feu, on y rencontre des pelouses de plantes annuelles*.

L'avifaune de l'île Sainte-Marguerite est également riche et variée (133 espèces recensées, dont 107 protégées). L'étang du Batéguier attire de nombreux oiseaux aquatiques migrateurs et hivernants. Les sternes pierregarin nidifiaient habituellement dans l'estuaire du Var, dérangées depuis l'installation d'une zone d'activité, elles ont trouvé refuge sur l'îlot de l'étang de Batéguier. Cette colonie nicheuse qui représente environ le dixième de l'effectif nicheur de Méditerranée occidentale mérite des mesures de préservation.

Une forte fréquentation, en majorité d'origine locale

Les boisements de l'île Sainte-Marguerite et l'ombre qu'ils dispensent, ses eaux claires bordant de belles côtes rocheuses, ses allées calmes fermées à la circulation automobile et cycliste, sa flore exceptionnelle et ses vestiges historiques en font un lieu de promenade et de détente très apprécié des Cannois depuis le début du 19^e siècle. Accessible en 15 minutes par bateau depuis Cannes, cette île préservée de l'urbanisation galopante du continent est devenue ces dernières décennies une agréable destination pour de nombreux touristes venant s'ajouter l'été aux Cannois et autres habitants des Alpes-Maritimes.

Une première enquête de fréquentation estivale de l'île, réalisée par l'ONF en 1977, évaluait le nombre annuel de visiteurs à 200 000 / 300 000 personnes. Cette enquête a été actualisée en 1996 et le nombre estimé de visites est passé à 600 000.



photo ONF

Pelouse de plantes annuelles*, avec ici dominance de vipérine d'Italie

Les visiteurs sont pour plus de la moitié des habitués (originaires pour la plupart des Alpes-Maritimes ou de Cannes) revenant plusieurs fois par an (52 %). La plupart se sont dits satisfaits de la manière dont est gérée l'île. Par contre, ils étaient demandeurs d'une information générale : historique, vestiges remarquables, gestion de la forêt et ses répercussions sur le paysage... Depuis cette enquête de 1996, des panneaux ont été posés pour expliquer notamment les actions de reconquête végétale des parties érodées.

Une RBD pour protéger les richesses biologiques et historiques

La richesse patrimoniale de l'île Sainte-Marguerite est exceptionnelle. Cette petite île accueille une flore et une faune variées avec de nombreuses espèces qui trouvent là leur dernier refuge dans le département. Elle est également riche d'une histoire très ancienne dont les vestiges se découvrent au fil des chemins ou au cours des fouilles engagées sous le Fort Royal.

Mais ce patrimoine subissait une trop forte pression de fréquentation, avec des effets négatifs sur le

sol et le manteau végétal. Ce constat d'appauvrissement du patrimoine nous a amenés à rechercher un cadre de protection adapté. Le statut de Réserve biologique domaniale dirigée (RBD) qui offre à la fois une bonne protection des milieux et une possibilité de travaux de génie écologique en faveur de la biodiversité, sans exclure un accueil raisonné, a été choisi en 2003. L'arrêté ministériel de création est venu officialiser en 2006 un mode de gestion engagé dès la fin des années 1990.

L'île est également un site naturel classé au titre des paysages (loi de 1930) et les diverses interventions de gestion dans la Réserve doivent en tenir compte. Cela implique notamment des contraintes techniques et administratives en matière de réalisation de travaux.

L'objectif central du plan de gestion de la RBD est de limiter les perturbations induites par la fréquentation afin de conserver les richesses naturelles et historiques. Il s'agit de concilier protection des milieux et accueil du public. Le parti choisi est d'accompagner la dynamique végétale naturelle et organiser la fréquentation pour réduire les impacts.

Génie écologique et bon sens pour protéger les milieux

L'observation de la dynamique naturelle des milieux, sa compréhension, et l'identification des perturbations provoquées par la présence des visiteurs, ainsi que l'analyse du comportement des publics (leurs besoins, leurs attentes) permet d'organiser l'activité humaine dans le respect de l'environnement. Le long de la bande littorale, l'évolution naturelle des peuplements conduit à une alternance entre la pinède adulte à couvert fermé et sous-bois clair (maquis à pistachier lentisque, myrte, filaire, bruyère arborescente, arbousier, nerprun alaterne...) et les zones ouvertes (mort des pins sénescents) avec remontée du maquis devenant de plus en plus dense jusqu'à sa colonisation par le pin d'Alep. Le gestionnaire de l'île appuie ses choix d'action sur cette dynamique.

Lutte contre l'érosion du sol et guidage du public

En bord de mer, l'érosion naturelle (ruissellement des eaux, sécheresse, vents) est accentuée par le piétinement. Pour éviter la dégradation du maquis sur l'ensemble du littoral, le gestionnaire guide le flux touristique en créant des accès bord de mer aménagés à l'aide de blocs dolomitiques récupérés et agencés sur place. Ces sentiers « en escalier », bien intégrés au paysage, sont empruntés spontanément par les promeneurs, ce qui permet de limiter le piétinement concentré sur certains secteurs, érodés parfois jusqu'à la roche mère. Ces zones érodées sont cicatrisées en « loupes de recolonisation » (voir ci-après). Des murets en pierre complètent le dispositif de lutte contre l'entraînement de la terre fine (terra rossa).

Équipements d'accueil dans les pinèdes adultes, avec déplacement périodique

Afin d'éviter la dispersion du public dans l'ensemble des peuplements de la bordure littorale, des tables et bancs de pique-nique intégrés dans



photo ONF

Rivage nord, dalle dolomitique et maquis littoral façonné par les embruns

le paysage (en blocs calcaires) sont installés dans les peuplements les plus à même de les recevoir, c'est-à-dire les pinèdes à pin d'Alep adulte et sous-bois clair. Cette implantation concentre le piétinement touristique et accélère la dégradation du maquis qui s'éclaircissait naturellement sous couvert fermé. Lorsque la pinède vieillissante de ce point d'accueil est trop dégradée (diminution du couvert arboré) et que la régénération y devient possible (augmentation de l'éclaircissement), le gestionnaire intervient en déplaçant les équipements vers d'autres sites.

« Des loupes de recolonisation » pour reconstituer la « brousse » littorale

Dans les pinèdes à pin d'Alep vieillissantes à maquis dégradé et les secteurs où le sol est mis à nu par le piétinement sont implantées des « loupes de recolonisation », d'une surface moyenne de 50-70 m² et protégées par une clôture en bois. La régénération naturelle du maquis y est renforcée par des semis de graines d'arbustes et d'arbres récoltés dans l'île (pistachier lentisque, myrte, pin d'Alep) ; la levée des semis et autre recru spontané est protégée du soleil et des embruns par des branches de pin d'Alep posées au sol, qui jouent aussi un rôle de dissuasion. Dans les

zones directement soumises aux vents et embruns, il y a constitution d'une brousse halo-anémomorphosée surmontée de quelques pins d'Alep prostrés servant de masque protecteur pour les peuplements forestiers internes. Des panneaux d'information complètent ce dispositif.

Préservation des banquettes de feuilles de posidonies

L'herbier marin à Posidonies est un trésor de la méditerranée. Il produit de l'oxygène et constitue le meilleur refuge pour la faune et la flore marines. Les feuilles détachées de l'herbier qui ceinture l'archipel des îles de Lérins s'échouent dans les criques des côtes rocheuses de l'île Sainte-Marguerite et créent des banquettes épaisses. Ces banquettes, mal perçues par les touristes, car « sales et nauséabondes », abritent une population diversifiée d'insectes dont quatre espèces de staphylins extrêmement rares avec parmi eux *Remus obscuripennis* dont ce pourrait être l'unique station pour la France. Par ailleurs, ces banquettes, en amortissant le choc des vagues sur les côtes, limitent l'érosion du littoral. L'ONF participe à la conservation de ces banquettes (protégées au même titre que *Posidonia oceanica* -protection nationale-) en informant le public sur leur rôle au cours de visites guidées et avec des pan-



photo ONF

Loupe de recolonisation, murets escaliers et ganivelles

neaux. En effet l'île présente toutes les conditions pour mener une pédagogie sur l'intérêt du nettoyage sélectif des plages, et aider le grand public à porter un regard positif sur la présence de matière organique.

Mise en valeur du patrimoine historique de l'île Sainte-Marguerite

En empruntant les larges allées forestières tracées par les militaires, le visiteur se plonge dans un grand livre d'histoire. L'observation du comportement des visiteurs a conduit à mettre en place un dispositif de signalisation et d'information à chaque carrefour, mais également de manière aléatoire le long des allées. Des explications simples et illustrées conduisent les visiteurs dans leur découverte...

Depuis l'antiquité, les traces laissées par les hommes traduisent les usages qu'ils ont faits de cet espace : port de relâche, prison, bastion militaire depuis l'occupation romaine jusqu'à la Seconde Guerre mondiale. Des ouvrages tels que les « fours à boulets » construits par le général Bonaparte (1793) sont portés à la connaissance du public. Dégagés du manteau végétal qui les protégeait naturellement, ces

édifices sont maintenus dans leur état avec le concours de la direction régionale de l'Architecture.

Enfin, des visites guidées sont organisées par l'ONF à la demande du public : associations, scolaires, entreprises. Par ailleurs, des autorisations de visite sont délivrées à des groupes organisés, elles sont précédées au minimum de l'envoi du règlement de la Réserve, et parfois de visites préalables pour validation des lieux et activités. Au total, ce sont plus de 20 000 personnes qui bénéficient de ces services (bilan 2009 : 205 visites guidées, 5608 personnes et 202 autorisations, 16 624 personnes). En complément, les visiteurs peuvent consulter la brochure « À la découverte de l'île Sainte-Marguerite » qui est remise lors de chaque visite.

Des partenariats pour un budget ambitieux

Pour financer le programme de travaux d'entretien et d'investissement, l'Office national des forêts des Alpes-Maritimes a très tôt recherché des partenariats financiers. La ville de Cannes, première bénéficiaire de la forêt domaniale sur son territoire, a signé une convention financière puis d'objectifs dès 1994 ; un programme spécifique est organisé tout au long

de l'année pour les scolaires cannois. Selon les projets (restauration écologique, d'accueil du public...), d'autres financeurs sont sollicités tels que le Conseil général ou le Conseil régional. Enfin, la situation insulaire de la forêt domaniale lui permet de bénéficier de la « taxe sur les passagers ma-

Pelouse de plantes annuelles, avec ici dominance de vipérine d'Italie*

ritimes ». Prélevée de juin à septembre sur le prix des billets, cette recette est perçue par l'ONF pour contribuer à l'entretien des espaces ouverts au public.

Au-delà des aspects financiers, un large travail quotidien est encore à réaliser avec tous les opérateurs privés intervenant sur l'île (restaurateurs, transporteurs maritimes, services techniques communaux...) pour en faire des partenaires de terrain.

Pour conclure

Les gestionnaires déplorent souvent la difficulté de préserver les milieux naturels en bord de mer. Mais la solution se trouve dans des secteurs naturellement protégés des pressions anthropiques : regardez comment se comporte la végétation au pied d'une souche servant d'abri... La nature a la capacité de réagir, le forestier doit alors l'accompagner : il entraîne le visiteur sur d'autres cheminements, lui facilite l'accès à la mer, bloque les dépôts de matériaux en cas d'érosion provoquée par les passages répétés. En bref, il s'occupe d'abord des visiteurs pour détourner la pression. En complément, par quelques actions simples, il peut faciliter le retour de l'expression de la biodiversité. L'équilibre de la RBD est fragile et la volonté de le préserver un vrai pari. La qualité de l'accueil et l'attitude du visiteur sont les meilleurs atouts de la réussite.

Elisée VALLES
ONF, UT Estérel

En forêt domaniale de l'Esterel, changer de regard pour appréhender l'originalité de la frange littorale

Dans l'Esterel, l'ONF s'appuie sur une forte implantation historique et sur son expérience des écosystèmes forestiers méditerranéens ; à la lumière de nouvelles interrogations, il met désormais l'accent sur l'originalité littorale de ce massif volcanique. Ce regard depuis la mer, nourri d'un large partenariat, se traduit notamment par l'extension vers le littoral des Réserves biologiques domaniales et une forte implication dans le document d'objectif du site Natura 2000 de l'Esterel.

Le massif de l'Esterel occupe environ 320 km² si on se réfère à l'ensemble géologique volcanique qui le caractérise. La plus grande partie se situe dans le Nord-Est du département du Var, le reste dans les Alpes-Maritimes. La forêt domaniale de l'Esterel quant à elle couvre 6 014 ha, du sud du Tanneron et de l'autoroute A8 jusqu'à la limite des plus hautes eaux ; elle inclut une grande partie du rivage du massif

L'Esterel est soumis à une très forte pression touristique, à dominante sportive à l'intérieur du massif (randonnée, VTT...) et plutôt de promenade, mais très intense, sur les sentiers avec vue plongeante sur la mer. Or il s'avère que ces falaises et éperons sont bien plus qu'une somptueuse corniche sur la Méditerranée : ce sont des biotopes d'une grande originalité écologique pour la France métropolitaine. L'ONF se doit donc de gérer activement cette façade maritime non seulement pour ses qualités paysagères, mais aussi pour sa biodiversité singulière.

Nous allons d'abord rappeler les caractéristiques écologiques du massif, en particulier l'organisation

verticale des formations côtières, et nous verrons ensuite ce qui se met en place pour adapter le cadre de gestion et consolider l'expertise littorale.

Les biotopes de l'Esterel

La géologie de l'Esterel est particulièrement complexe et ses roches varient du gneiss au grès en passant par du basalte, cinérite et pegmatite ou rhyolite. Mais les roches orange ou rougeâtres qui le caractérisent sont en majorité des « grès permien » et « rhyolites » issus de l'activité volcanique de l'ère primaire.

Des milieux contrastés entre écosystèmes provenço-ligures et vallons frais

Un contexte rocheux de fortes pentes, de falaises et d'éboulis à pierres anguleuses prédomine dans le massif de l'Esterel. Il est entrecoupé de vallons secs ou frais selon leur exposition ou leur alimentation par les suintements : les vallons très frais avec des espèces d'affinité atlantique comme l'osmonde royale (*Osmunda regalis*) ou le blechnum en épis (*Blechnum spicant*) et des talwegs thermoméditerranéens avec du laurier rose sauvage

Phryganes et brousses : de quoi s'agit-il ?

Les phryganes ouest-méditerranéennes sont un habitat très spécialisé de l'étage thermoméditerranéen caractéristique des zones côtières de Méditerranée orientale. Il occupe les pentes et les sommets de falaises rocheuses exposées aux vents marins chargés d'embruns et subissant un déficit hydrique estival important. Son aspect est typique lorsque dominant les végétaux sclérophylles en coussinet à défoliation estivale et à l'aspect « plumeux cendré » des groupements à Anthillis barbe de Jupiter (*Anthillis barba-jovis*). En France, les phryganes sont très localisées à quelques sites de Provence, Corse et Roussillon ; rareté qui induit leur menace de disparition.

Les brousses sont des formations végétales buissonnantes denses à très denses. Dans l'Esterel, les brousses très thermophiles occupent soit les replats pierreux des hauts de falaises littorales soit les bords d'éboulis de pentes dominant la mer. Les espèces constitutives de ces brousses (lentisque, myrte, euphorbe arborescente...) sont différentes de celles qui constituent le maquis à éricacées de l'intérieur de l'Esterel.

(*Nerium oleander*). En contraste avec ces peuplements végétaux de Provence cristalline continentale, la forêt domaniale de l'Esterel offre ses étendues de phryganes (voir encadré) et de falaises littorales à flore typique des rivages « provenço-ligures ».

Plusieurs facteurs conditionnent les caractéristiques écologiques de l'Esterel

La sécheresse estivale, la chaleur et les effets asséchants des vents imposent des contraintes sévères. Les végétaux littoraux doivent en plus résister aux embruns marins. À l'automne, de violentes pluies orageuses dégradent les sols par ruissellement. La flore et la faune se sont adaptées à ce régime proche de celui des oueds nord-africains. En outre, les incendies parcourent quasiment chaque année des surfaces plus ou moins étendues. L'écosystème méditerranéen possède une assez bonne résilience à ce type de perturbation si elle n'est pas trop fréquente. Or, avec une fréquence actuelle de retour inférieure à 30 ans, les dynamiques classiques de végétation après incendies (pelouses - garrigues ou maquis bas - maquis hauts et pinèdes - feuillus et résineux - feuillus

matures) ne peuvent s'accomplir entièrement et peuvent même être bloquées au stade du maquis ou de la fruticée. Les espèces animales peu mobiles ou liées aux arbres matures disparaissent (tortues, espèces arboricoles...).

Aperçu des grands ensembles de végétation

Dans l'intérieur du massif, des formations forestières peuvent s'installer entre les éboulis siliceux, le maquis et les falaises sèches. Le maquis, sur sol acide, représente des niveaux successifs de dégradation des forêts sempervirentes par les incendies ou autres perturbations naturelles ou anthropiques. Ce maquis bas pionnier est aussi le point de départ de la reconstitution progressive de la forêt climacique.

En forêt domaniale, la gamme complète des faciès forestiers

La forêt domaniale de l'Esterel présente quasiment tous les stades de physionomie des forêts après incendies. Il existe en outre dans les fonds de vallons des peuplements forestiers adultes de chênes verts associés à des chênes lièges qui ont échappé aux incendies depuis plusieurs siècles. Ces chênaies mixtes

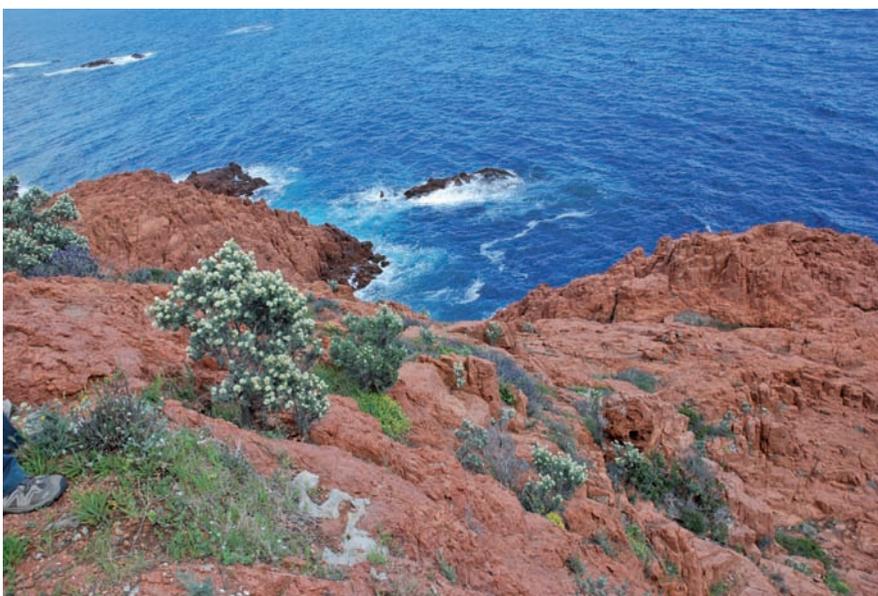
donnent une bonne idée de ce que peut être une forêt méditerranéenne ayant évolué jusqu'à maturité. Le chêne pubescent et le chêne sessile remplacent le chêne vert dans les versants frais exposés au nord (ubacs). Au bord du réseau hydrographique, quand le sol est un peu plus humide et profond, diverses cypéracées (comme *Schoenus nigricans* ou *Carex griotletii* -protection nationale) s'associent aux grandes ptéridophytes (*Osmunda regalis*...) qui poussent au pied des frênes à fleurs (*Fraxinus ornus*) ou des aulnes glutineux (*Alnus glutinosa*) et cordé (*Alnus cordata*).

Des formations végétales littorales originales avec un riche cortège faunistique

Une particularité remarquable de l'Esterel est son littoral rocheux de couleur si orangée plongeant directement dans le bleu azur et translucide de la Méditerranée. Ces falaises présentent sur un espace très réduit un étagement d'habitats exceptionnellement diversifié (figure 1).

(1) En bas des falaises littorales et éperons rocheux on trouve à la limite des hautes eaux des algues encroûtantes (*Lithophyllum incrustans*) où se cachent les petits crabes, patelles et autres organismes inféodés aux estrans.

(2) Juste un peu au-dessus des hautes eaux et sur les rochers maritimes arrosés d'eau salée lors des coups de vents marins, s'installent des formations basses à crête marine (*Crithmum maritimum*) formant un groupement végétal d'intérêt communautaire avec le statice à feuilles cordées (*Limonium cordatum*), endémique provenço-ligure. En haut de ces rochers, de petites cuvettes ou replats sableux laissent s'exprimer un mélange de plantes herbacées psammophiles comme le plantain queue de lièvre (*Plantago lagopus*) ou l'hélianthème à goutte (*Tuberaria guttata*), ou des plantes halophiles comme le lotier faux cytise (*Lotus cytisoides*).



Phrygane littorale à *Anthyllis barba-jovis*

D. Guicheteau, ONF

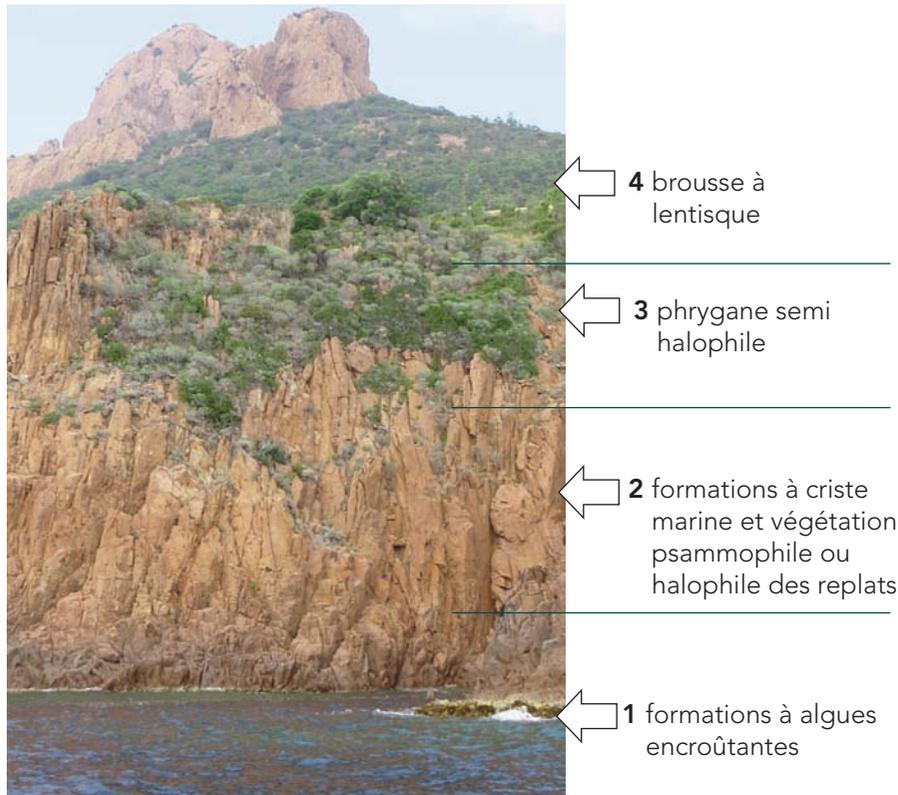


Fig. 1 : organisation altitudinale de la végétation littorale

(3) Dès que des fissures dans ces rochers laissent se former des poches de sol, une végétation composée d'arbustes anémomorphosés (sculptés par les vents et les embruns) caractérise la **phrygane** semi-halophile à anthyllis barbe de Jupiter (*Anthyllis barba-jovis*) et à passerine hirsute (*Thymelaea hirsuta*) (voir encadré).

(4) Entre les anthyllis ou un peu plus en retrait de la côte, les arbustes indicateurs de l'association végétale de la **brousse** (voir encadré) à lentisque (*Olea europea*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*...) se mélangent avec les arbustes du maquis impénétrable de l'Esterel (*Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Calicotome spinosa*, *Erica scoparia*...). On peut même trouver quelques pieds de caroubier (*Ceratonia siliqua*) caractérisant les formations climaciques thermoméditerranéennes (*Oleo-ceratonion*) sur sols très xériques et superficiels.

Tous ces peuplements bas et arbus-tifs (brousse, phrygane et maquis)

abritent le cortège des fauvelles méditerranéennes en plus des nombreux passereaux insectivores qui fréquentent aussi les fruticées impénétrables. Côté reptiles, le lézard ocellé, le psammodrome d'Edwards, la tarente de Mauritanie, l'hémidactyle verruqueux ainsi que les ophiidiens méditerranéens des milieux secs et chauds (couleuvre de Montpellier et couleuvre à échelon) hantent les éboulis surplombant la corniche de l'Esterel. À l'exception du cerf, les mammifères de l'intérieur du massif s'aventurent discrètement jusqu'au littoral, mais ce sont les chauves-souris qui attirent ici l'attention : nos premiers inventaires chiroptérologiques ont confirmé la présence du molosse de Cestonie (*Tadarida teniotis*), du vespère de Savi (*Hypsugo savii*) et de la pipistrelle de Kuhl dans les grottes marines (photo) et fissures de la frange littorale accessibles seulement en kayak de mer ou à la nage. Mais aucune preuve de colonie de reproduction n'a pu être apportée.

Le nouveau regard sur les particularités littorales se traduit dans les modes de gestion

Compte tenu des enjeux, la révision de l'aménagement forestier affiche -et organise- l'indispensable prise en compte des particularités biologiques du massif ; dans le même temps, les opportunités externes de réponse aux appels d'offres pour la réalisation d'études et de diagnostics écologiques littoraux ont poussé l'ONF à sortir de son cadre « terrestre » traditionnel pour mieux appréhender les processus littoraux. De nécessaires partenariats ont été développés afin d'échanger, d'apprendre et de ré-examiner les modes de gestion de la frange côtière. Cet engagement nouveau se traduit notamment par l'extension vers le littoral de réserves biologiques et par la mise en œuvre des principes de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) dans le cadre du document d'objectifs (docob) Natura 2000... L'ONF est aussi engagé dans d'autres programmes concernant la conservation des écosystèmes côtiers de l'Esterel tels que le plan national d'action en faveur des populations de tortue d'Hermann, et la limitation d'espèces invasives.

Trois petites RBD regroupées en une seule unité étendue vers la mer

En 1982, trois réserves biologiques dirigées (RBD) ont été créées sur un total de 490 ha pour préserver les milieux naturels de l'Esterel de la forte fréquentation impactant ce massif périurbain de la Côte d'Azur. Mais elles rendent mal compte des dynamiques forestières et interactions entre habitats et, par ailleurs, les écosystèmes méditerranéens littoraux restent sous-représentés dans le réseau national des réserves biologiques domaniales. Il est donc prévu de regrouper prochainement les trois RBD existantes en une seule réserve biologique étendue incluant les secteurs littoraux du Cap Roux.

Dans cet objectif, l'ONF a développé divers partenariats scientifiques, administratifs et politiques (collectivités locales) pour affiner et valider le choix du périmètre final.

Des inventaires botaniques poussés ont tout d'abord été réalisés pour caractériser les habitats et les espèces d'intérêt patrimonial, en partenariat avec le Parc national de Port-Cros/Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles et l'association Inflovar. L'expertise très éclairée de Robert Salanon de l'université de Nice a aidé les botanistes de l'ONF à hiérarchiser les secteurs à enjeux floristiques. Puis la concertation s'est engagée avec les communes concernées et la Fédération départementale des chasseurs du Var sur une enveloppe allant de la forêt et du maquis provençal siliceux jusqu'au rivage. Finalement, près de 800 ha s'ajouteront aux RBD existantes. La nouvelle Réserve Biologique de l'Esterel, totalisant aux alentours de 1 300 ha (figure 2), sera de type « mixte » combinant des zones de réserve biologique dirigée (RBD) et de réserve biologique intégrale (RBI) :

- RBD dans les secteurs nécessitant des interventions de gestion pour des actions particulières de conservation d'espèces (lutte contre les invasives comme le Mimosa sur le littoral) ou pour accompagner et informer les usagers de la forêt dans les meilleures conditions de sécurité (défense contre les incendies).
- RBI dans des secteurs préservés pour l'étude du fonctionnement et des équilibres naturels des écosystèmes de l'Esterel.

L'opportunité du docob Natura 2000 élargit les partenariats pour le diagnostic des habitats littoraux

L'ensemble du massif domanial de l'Esterel fait partie du site Natura 2000 FR9301628 « Esterel et les abords de Fréjus » (figure 2). La ville de Saint-Raphaël, opérateur de ce

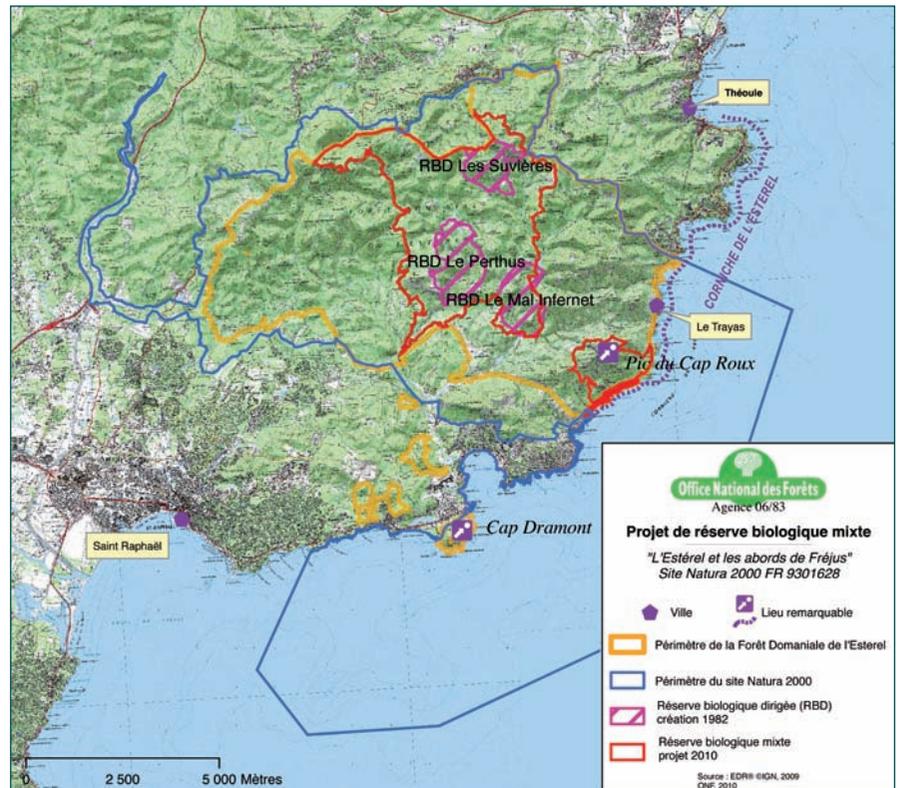


Fig. 2 : la forêt domaniale de l'Esterel, situation et dispositif de conservation de la biodiversité



Au pied des falaises plongeantes, des grottes marines fréquentées par les chauves-souris

D. Guicheteau, ONF



D. Guicheteau, ONF

Cartographie littorale depuis le bateau mis à disposition par la ville de Saint Raphaël

site, a fait appel à l'ONF (bureau d'études ONF 06-83) pour effectuer les inventaires, la cartographie des habitats naturels, des espèces végétales et animales terrestres et littorales de ce site sur les 7 823 ha de la partie terrestre (avec la zone marine, le site couvre au total 14 839 ha).

La complexité, et la forte composante littorale des milieux à analyser et cartographier ont amené l'ONF à nouer de nombreux partenariats associatifs et scientifiques (universités de Marseille, Toulon et Nice). Ainsi, le Conservatoire Études des Écosystèmes de Provence (CEEP) travaille sur l'entomofaune, l'ichtyofaune et l'herpétofaune alors que le Groupe Chiroptères de Provence (GCP) travaille sur les chiroptères (deux ex-

perts du réseau mammifères de l'ONF, titulaires d'un permis national de capture, sont également mis à contribution pour l'inventaire nocturne des chauves-souris). L'ONF doit faire la synthèse de l'analyse écologique et fonctionnelle du site et proposer une hiérarchisation des enjeux de conservation.

Dans ce rôle d'ensemblier d'une grosse étude naturaliste à forte composante littorale et maritime, l'ONF a été amené à porter un regard nouveau sur la gestion du milieu, tenant compte des interactions entre terre et mer. La participation aux instances de concertation scientifique et politique nous implique concrètement dans les logiques de GIZC et permet d'asseoir et de diffuser une expertise sur les questions littorales.

Conclusion

Que ce soit pour des missions de cartographie des habitats ou d'inventaire des espèces littorales, ou pour la mise en place de programmes de suivis et de conservation des espèces dans l'Esterel, l'ONF s'ouvre aux territoires de la frange marine. Tout le travail ainsi réalisé à l'occasion de l'élargissement des RBD, du docob, les divers partenariats ainsi que la nécessaire concertation avec les acteurs locaux ont permis de développer une expertise sur le domaine littoral rocheux méditerranéen. Les équipes d'écologues de l'ONF s'associent même à la ville de Saint-Raphaël qui met à leur disposition une embarcation avec pilote pour effectuer la cartographie des falaises rocheuses depuis la mer...

En bateau, ou plus classiquement par voie terrestre, appréhender les richesses littorales de la forêt domaniale de l'Esterel reste un privilège pour qui sait s'affranchir des paysages grandioses et observer ce qui l'entoure avec l'attention du naturaliste.

Dominique GUICHETEAU

ONF, Chef de projet
biodiversité - environnement
Bureau d'études territorial
Méditerranée
UP Alpes maritimes-Var

Valorisation de la biodiversité par plantations d'espèces locales en Guyane française

Bagassa guianensis : une essence d'avenir ?

Depuis les années 1950, bien des pays de la ceinture tropicale ont eu recours aux plantations d'exotiques à haut rendement pour investir massivement les marchés du bois. La Guyane française, elle, a misé sur les performances d'espèces locales dans la reforestation des zones boisées dégradées, avec un succès expérimental certain, concernant notamment la bagasse. La valorisation de ce potentiel original à plus grande échelle dépend maintenant de la structuration des filières guyanaises.

Les plantations occupent une place très importante dans la courte histoire de la foresterie tropicale. En effet, face à des formations extrêmement diversifiées, très hétérogènes et globalement peu productives la plantation forestière est rapidement apparue comme une technique simple pouvant permettre de constituer des peuplements à vocation de production à haut rendement pour des produits standardisés. Si les premiers essais réalisés dans les années 1950 ont souvent été difficiles, la surface actuelle de ces peuplements est aujourd'hui considérable : plus de 55 millions d'hectares dénombrés en 2000 par la FAO. La majorité des peuplements artificiels de la ceinture tropicale est cependant largement dominée par quelques essences à vocation de bois d'industrie ayant fait l'objet de sélection et d'amélioration génétique poussée (*Tectona grandis*, *Acacia sp.*, *Eucalyptus sp.* et *Pinus sp.*) au détriment de la diversité tropicale d'origine.

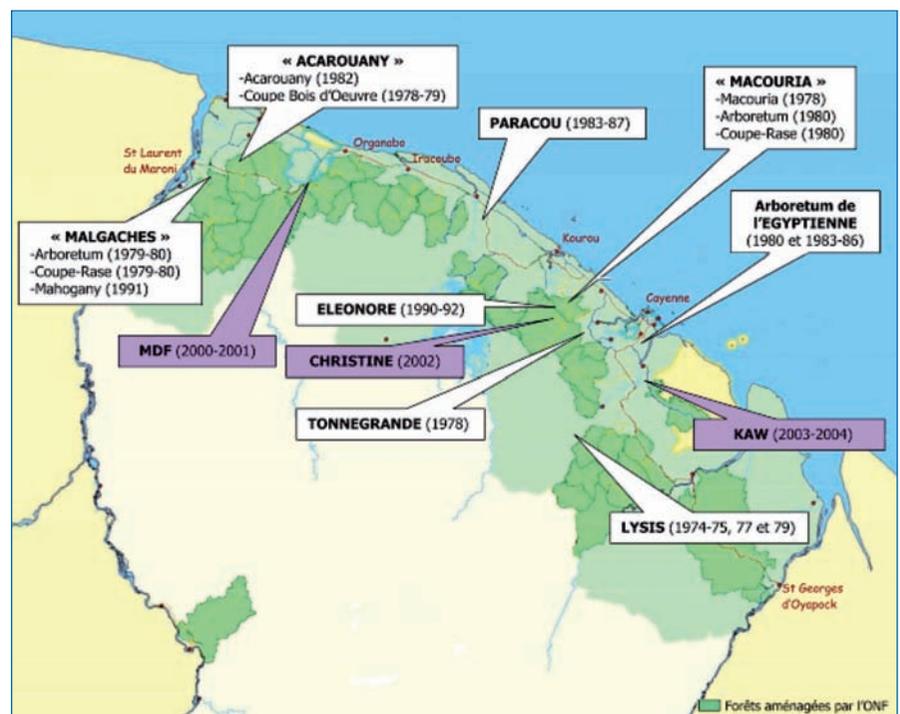


Fig. 1 : essais de plantation existant en Guyane : anciens essais en blanc et, en violet les nouvelles expérimentations installées entre 2000 et 2004. Le vert pâle signale les massifs susceptibles d'aménagement forestier.

Plantations en Guyane : la préférence locale

En Guyane, les plantations n'ont pas suivi la même orientation. Une centaine d'hectares de *Pinus caraibeus* ont bien été plantés dans les années 1980 dans le cadre du « Plan vert », visant un développement du secteur agricole et forestier, mais leur faible productivité sur sol de savane inondée et l'échec de l'installation d'une filière papetière n'ont pas permis leur essor. Les plantations d'essences exotiques sélectionnées sont donc restées très limitées en Guyane et l'essentiel des efforts a porté sur des essais de plantation d'essences locales avec une volonté affirmée de valoriser la biodiversité locale plutôt qu'installer des espèces exogènes déjà très largement produites dans des contextes économiques souvent plus compétitifs.

Premiers essais

Entre 1973 et 1992, une cinquantaine d'hectares ont ainsi été plantés par l'ONF sur 7 sites différents regroupant une quarantaine d'espèces (figure 1). De son côté, le CIRAD a aussi installé 24 essences, sur un 8^e site, à Paracou (Pointe-Combi), mais les placeaux de 49 tiges par espèce sans répétition, sur des sols mal contrôlés, ne permettent que de simples observations. De fait la majeure partie de ces plantations a été un échec, lié à différentes causes :

- itinéraires sylvicoles inadaptés (plantations « en layons » sous couvert forestier complet) ;
- décapage du sol au Bulldozer lors de la préparation ;
- absence de sélection et manque de connaissance générale sur l'autécologie des espèces.

De plus la faible qualité expérimentale des dispositifs rend les conclusions des meilleurs essais incertaines (Plancheron, 1998 et 1999).

Essais nouvelle génération

C'est en 2000 que l'équipe R & D de Guyane met sur pied un nouveau projet se basant sur :

- un nombre d'espèces plus restreint, mais mieux ciblé ;



V. Beazard, ONF

Préparation des terrains avant plantation : abattage et brûlage

- des protocoles plus rigoureux ;
- un réel partenariat avec l'INRA et le CIRAD pour la mise en place de dispositifs communs.

Ce nouveau projet veut répondre aux attentes de la gestion multifonctionnelle. La plantation apparaît en effet comme un outil important tant pour la production de bois, notamment pour les espèces rares et précieuses, que pour la conservation des ressources génétiques des espèces menacées ou la reforestation des zones boisées dégradées. Elle doit aussi participer à l'aménagement du territoire en rapprochant la production de bois des centres de transformation, ou en affirmant la vocation forestière sur des terrains menacés par la pression foncière urbaine ou agricole.

Six essences sont testées parmi les espèces commerciales les plus intéressantes sur le marché actuel :

- l'angélique *Dicorynia guianensis* (Caesalpiniaceae), est l'essence la plus utilisée par la filière guyanaise (37 % du volume exploité entre 2000 et 2003) ; son bois d'œuvre, très recherché en construction marine, est cependant préféré localement pour un usage moins original : la charpente traditionnelle ;
- la bagasse *Bagassa guianensis* (Moraceae), est une espèce de haute qualité technologique peu répandue, mais très recherchée, car très durable ;

- l'acajou de Guyane *Cedrela odorata* (Meliaceae) bien connu des touristes, est une espèce très utilisée traditionnellement en artisanat local, mais très rare en forêt guyanaise (1 tige exploitable/100 ha) bien que présente sur une grande partie de l'Amérique du Sud et Centrale ;
- le courbaril *Hymenea courbaril* (Caesalpiniaceae), le cœur dehors *Diploptropis purpurea* (Caesalpiniaceae) et le parcouri *Platonia insignis* (Clusiaceae) sont des bois relativement rares d'usages nobles aux qualités technologiques reconnues en menuiserie, ébénisterie, décoration, parquet...

Un dispositif multisites

Ces six espèces ont été installées entre 2000 et 2004 sur trois sites d'études aux caractéristiques très différentes : sur le massif de Montagne de Fer (dans l'Ouest), sur la piste Christine (Centre) et sur la Montagne de Kaw (Est). Ces sites se veulent représentatifs de 3 grands types de « station » présents en Guyane (du point de vue de la richesse chimique du sol et de la pluviométrie) (voir tableau 1). Les performances des six espèces ont été testées selon deux modalités différentes, nommées « sous abri » et « plein découvert ». La plantation sous abri correspond à un scénario d'enrichissement de zone forestière

Site	Date d'installation	Pluvio-métrie (mm/an)	Substrat géologique	Modalités	Nombre de plants					
					Angélique	Bagasse	Courbaril	Cœur Dehors	Acajou Guyane	Parcouri
Montagne de Fer (MDF)	2000-2001	2 700	Série détritique de base (sols sableux chimiquement appauvris)	Découvert mélange pied/pied	147	30	0	50	74	27
				Abri	73	-	61	-	152	96
				Mixte	-	686	91	-	-	-
Christine (CHR)	2002	3 500	Schistes Orapu (sols argileux à tendance hydromorphes)	Découvert pl. monospécifiques	64	127	192	191	192	233
				Abri	20	48	131	130	145	230
Kaw (KAW)	2003-2004	3 750	Volcanisme Paramaca (sols sur cuirasse fracturée mais riches)	Découvert pl. monospécifiques	173	278	226	17	249	81
				Abri	324	224	188	-	265	119

Tab. 1 : récapitulatif des essais mis en place (en bleu plus foncé les effectifs faibles ne donnant lieu qu'à de simples observations)

naturellement pauvre en essences exploitables ou appauvrie suite à une surexploitation. Un relevé de couvert est réalisé en forêt exploitée sur une bande de 40 à 50 m de large sur 200 à 250 m de longueur, en conservant 30 à 50 tiges sur pied formant un abri vertical. Les rémanents sont mis en andains en bordure de parcelle. La plantation en plein découvert correspond à un scénario de reboisement de zones traditionnellement déforestées et abandonnées par l'agriculture itinérante sur brûlis (système des abattis). Le terrain est totalement nettoyé sur au moins 1 ha (100 m x 100 m). Le recru naturel secondaire très dense est abattu et brûlé sur place.

Dans un premier temps, les deux modalités d'éclaircissement avaient été installées en damier de 50 m x 25 m sur le site de la Montagne de Fer. De cette configuration peu à propos résulte en fait une troisième modalité dite « mixte » (sans répétition), le couvert vertical des placeaux « sous abri » ayant une forte influence sur les placeaux « plein découvert » contigus et vice-versa. Par la suite, les modalités ont été plus judicieusement installées sur deux parcelles différentes sur chacun des sites, y

compris sur Montagne de Fer où une deuxième série de plantation a été effectuée.

La plantation est réalisée dans tous les cas en potet travaillé et à moyenne densité (3 m x 3 m). Les plants ont été disposés en placeaux et regroupés par essence, excepté sur la plantation plein découvert de Montagne de Fer où les espèces ont été mélangées pied à pied. Sur les autres sites, la taille des placeaux a été adaptée en fonction de l'hétérogénéité du terrain et du nombre de plants disponible avec un minimum de 50 tiges par espèce. Les plantations ont été réalisées lors des périodes les plus favorables c'est-à-dire lors des transitions entre saison sèche et saison des pluies (en juin ou décembre) de façon à bénéficier d'un mois de reprise ni trop sec ni trop arrosé.

Le matériel de reproduction utilisé a été récolté sur plusieurs semenciers repérés au préalable en forêt de façon à assurer une certaine variabilité génétique aux essais. Les plants ont été produits en sachet par le CIRAD-Forêt après plusieurs tests de germination et d'élevage. Ils ont généralement été installés au stade de

15 à 30 cm, exceptionnellement à 30-50 voire 50-70 pour les espèces les plus dynamiques en pépinière. Ces stades correspondent à un âge variable selon les espèces et la qualité des graines récoltées : 5 à 6 mois en règle générale mais jusqu'à 18 mois pour les graines les plus récalcitrantes, comme celles du parcouri ou de l'angélique. Au total ce sont plus de 5 000 plants qui ont été installés.

Ce regroupement de dispositifs n'est donc pas absolument homogène, mais une analyse globale de cet ensemble permet de tirer des conclusions intéressantes et d'aborder les préférences écologiques de ces espèces.

Les premiers résultats obtenus

Les suivis réalisés semestriellement au cours des deux premières années puis à 3 ans et 5 ans montrent une très bonne reprise générale, supérieure à 80 % dans tous les cas. Cependant la vigueur du recru ligneux concurrent est telle sur l'ensemble des dispositifs qu'elle impose deux à quatre coûteux passages en dégagement au cours des deux premières années, d'où la nécessité de plants vigoureux et

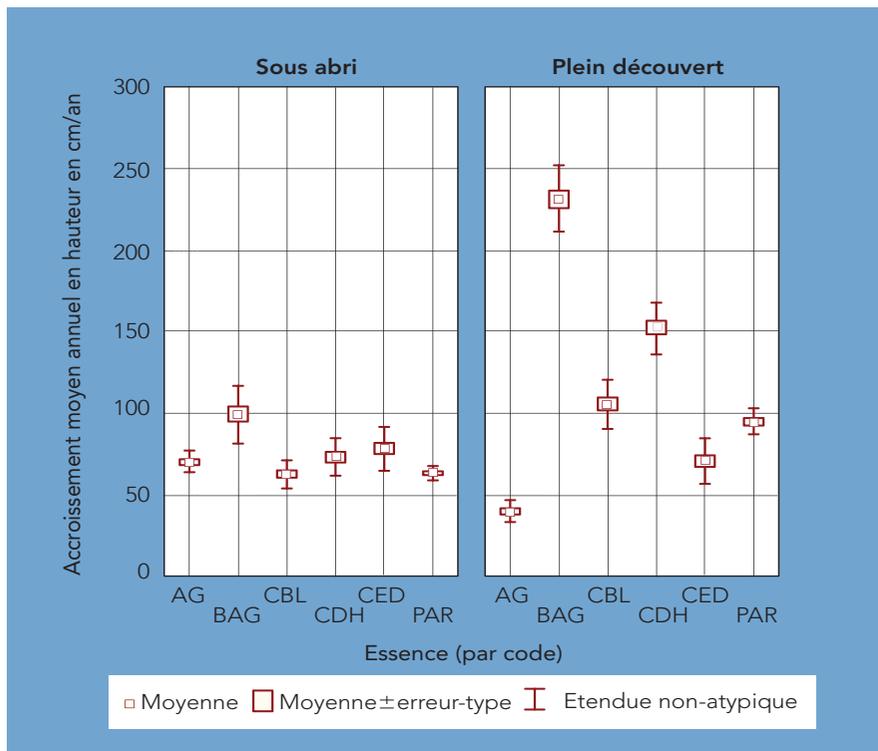


Fig. 2 : performance des espèces selon le mode de plantation, tous sites confondus ; comparaison à 18 mois des moyennes de croissance en hauteur, par espèce et modalité

AG = angélique, BAG = bagasse, CBL = courbaril, CDH = cœur dehors, CED = acajou, PAR = parcouré ; les valeurs anormales sont exclues (étendues non-atypiques)

d'espèces susceptibles de s'extraire rapidement de la concurrence par une croissance rapide et une bonne résistance à la compétition.

À ce titre, la modalité de plantation sous abri, dont on attendait un maintien du microclimat forestier et une limitation du recru favorable aux plantations par un dosage de la lumière, n'atteint pas ses objectifs. Non seulement la croissance initiale des plants est significativement pénalisée par le manque d'éclaircissement, mais cet itinéraire crée par ailleurs les conditions d'une concurrence future très défavorable entre les plants et les réserves qu'il va falloir ôter dans les années à venir. Au cours des 18 premiers mois, le décrochage de croissance en hauteur entre plantation sous abri et plantation plein découvert dépasse 50 cm/an et est statistiquement significatif selon une ANOVA (analyse de la variance) à deux facteurs (essence x modalité). Ce résultat est à nuancer pour l'angélique sur Montagne de Kaw où la plantation sous abri est bien dynamique, et pour l'acajou de Guyane fortement attaqué par une chenille mineuse (*Hypsipyla grandella*) surtout dans les parcelles en plein découvert (figure 2).

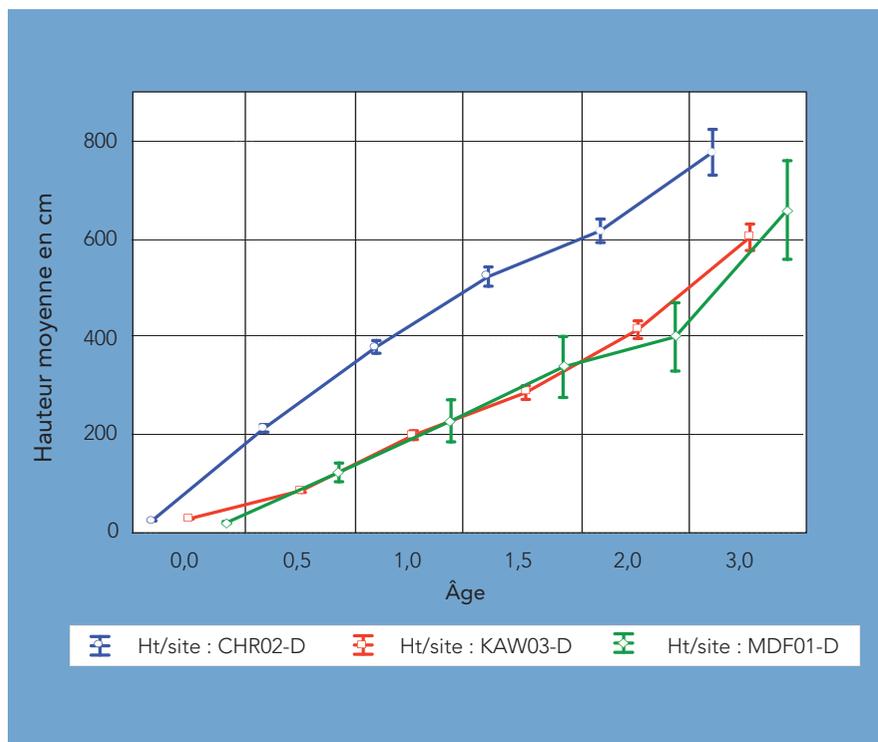


Fig. 3 : croissance (hauteurs moyennes) de la bagasse en plein découvert selon les sites

La comparaison entre essences met en évidence la supériorité significative de la bagasse sur les autres espèces. À 18 mois, l'accroissement moyen annuel en hauteur est supérieur à 2 m pour cette essence en plein découvert alors qu'elle ne dépasse pas 1,5 m pour les autres espèces avec une moyenne générale de l'ordre de 90 cm/an toutes essences et toutes modalités confondues. Outre ces débuts encourageants, la bagasse montre dans ces premiers stades une grande plasticité, la croissance étant très forte sur les trois sites testés. Elle fait preuve d'un caractère héliophile marqué et d'un réel potentiel pour une production en plantation de plein découvert. L'accent a donc été porté dans les années suivantes sur cette espèce pour laquelle un suivi de la crois-

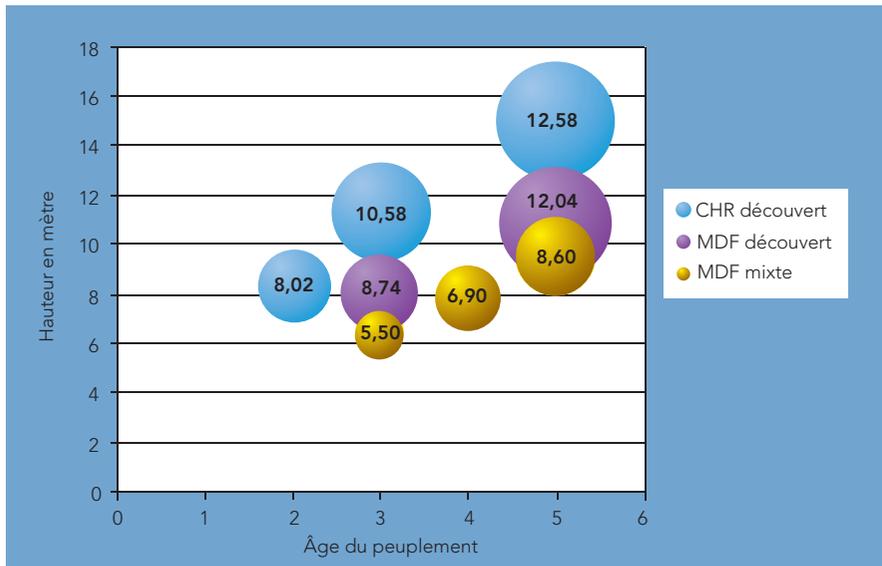


Fig. 4 : suivi du peuplement dominant de bagasse sur trois dispositifs en plantation plein découvert et mixte

Les bulles sont proportionnelles aux diamètres moyens en cm indiqués à l'intérieur

sance en diamètre et de la branchaison des tiges dominantes, définies à ce stade comme les 200 plus grosses tiges hectares, est ajouté au protocole de mesures. Le développement suivant fait le point sur les résultats observés sur les plantations en plein découvert et passe en revue les références bibliographiques rassemblées sur cette espèce.

Focus sur la bagasse

Les résultats mesurés cinq ans après plantation sont tout à fait remarquables tant du point de vue de la productivité que de la forme.

Quel que soit le site suivi, la hauteur moyenne des bagasses en plein découvert dépasse les 6 mètres au bout de trois ans (figure 3) et n'est plus mesurable précisément à 5 ans, une grande part des individus dépassant les 10 mètres. Les peuplements obtenus sont très réguliers, excepté sur Montagne de Fer où la variabilité est plus importante du fait d'une population analysable de plus petite taille et mélangée aux autres espèces pied à pied. Certains individus dépassent 14 mètres de haut à 3 ans.

Du point de vue de la croissance radiale les résultats sont tout aussi satis-

faisants avec des diamètres moyens dépassant les 5 cm sur l'ensemble des dispositifs et on observe des performances tout à fait exceptionnelles sur les placeaux du site Christine où le diamètre dominant dépasse 8 cm à 3 ans et 12 cm à 5 ans. Sur le site de Montagne de fer, la bagasse plantée en plein découvert en mélange avec les autres espèces, et subissant donc peu de concurrence, montre des résultats assez proches de Christine. Par contre son caractère héliophile très marqué se confirme si l'on observe la modalité mixte : la demi-ombre entraîne une réduction de 12 % des hauteurs dominantes et de 28 % pour le diamètre dominant par rapport à la modalité plein découvert du même site (figure 4). Le site de Kaw quant à lui n'a pas pu être mesuré à 5 ans (campagne reportée en 2010), mais les mesures effectuées à 3 ans donnent des résultats très similaires à ceux de Montagne de Fer en plein découvert.

Concernant les critères de qualité, l'élagage naturel est excellent sur plus de 75 % des tiges : les branches très fines, insérées horizontalement de façon opposée décussée s'éliminent très rapidement une fois sèches laissant une bille de pied propre sur plus de la moitié de la hauteur totale.

Les coefficients H/D estimés sur le peuplement dominant (défini ici comme les 200 plus grosses tiges/ha) sont cependant relativement élevés notamment sur le site de Christine et sur la modalité mixte de Montagne de Fer, où des interventions en éclaircie seront peut-être nécessaires.

La supériorité du site de Christine sur le plan des vitesses de croissance verticale et radiale ne semble pas vraiment liée aux conditions stationnelles qui ne sont pas des plus favorables. Les sols argileux de type « système amont transformant » selon la nomenclature en vigueur pour la Guyane y développent une hydromorphie de surface liée à un enrichissement en limon des horizons compris entre 80 cm et 1 m de profondeur. Les peuplements naturels rencontrés sur ce massif sont d'ailleurs relativement pauvres en gros bois. L'origine de ce dynamisme est plus certainement liée au mode de préparation des terrains. En effet si les deux autres sites ont été installés sur une forêt secondaire jeune héritée d'anciens abattis (zone agricole), le site Christine a été implanté sur un peuplement forestier naturel, certes exploité, mais présentant une biomasse encore importante. L'enrichissement du sol consécutif au brûlage du peuplement d'origine a donc certainement été plus important dans ce cas et la richesse chimique du sol fortement augmentée au cours de ces premières années. Le risque de chute de la productivité (phénomène de « faim du sol ») n'est donc pas exclu, mais sera difficile à apprécier à l'avenir, l'exiguïté des placeaux ne permettant pas un suivi du peuplement sur le long terme.

Une espèce aux multiples atouts

Outre son caractère héliophile et une excellente productivité, cette espèce présente par ailleurs de nombreux atouts et intérêts pour la plantation. Premièrement, la facilité de production des plants. Les semences sont faciles à récolter : les gros fruits charnus



V. Bezard, ONF

Houppier et branchaison de la Bagasse (à 7 ans)

et globuleux tombent de façon concentrée au pied des arbres-mères (attention, l'espèce est dioïque !) et renferment une grande quantité de graines (environ 500 graines pour 2 g dans un seul fruit). L'espèce présente en faible densité en forêt naturelle (moins de 15 tiges de plus de 10 cm aux 100 ha) est cependant très répandue en forêt perturbée et se trouve fréquemment sur les délaissés en bordure de piste. La fructification est étalée de fin décembre à mai et les graines peuvent être conservées au réfrigérateur. La production des plants est rapide : le taux de germination est proche de 50 % et les plants atteignent une taille supérieure à 30 cm au bout de 3 à 4 mois.

La qualité du bois de bagasse (nom commercial *Tatajuba*) est aussi très appréciée pour de nombreux usages. Présente sur l'ensemble du plateau des Guyanes et une partie seulement du bassin amazonien, elle est intensivement exploitée du fait de qualités technologiques exceptionnelles en termes de durabilité, de facilité de sa transformation et d'esthétique. C'est un bois très résistant et durable (classe 4). Par ailleurs les dernières re-

cherches effectuées sur la chimie du bois ont mis en évidence la présence de molécules très actives pour la lutte contre les champignons. Une valorisation industrielle des produits connexes (éclaircies intermédiaires, déchets de bois) pourrait donc être envisageable si l'extraction de biomolécules pour le traitement d'autres matériaux s'avérait possible – des recherches menées par le CNRS (laboratoire L3MA) sont en cours sur ce point (voir encadré).

Dernier point de caractère, c'est le rôle de ressource-clef de l'espèce vis-à-vis de la faune. En effet, sa fructification très étalée procure de la nourriture abondante aux mammifères notamment ongulés, mais aussi oiseaux et chiroptères, notamment en fin de saison sèche, période de disette en forêt. Cette appétence favorable au maintien de la diversité faunistique dans les zones anthropisées et perturbées a cependant des revers, car les jeunes pousses semblent aussi fortement attirer les biches et cariacous – l'abroustissement atteint 66 % sur le dispositif de Montagne de Fer au cours de la première année.

Perspectives d'utilisation de la bagasse

Les plantations apparaissent comme une solution envisageable en complément à l'exploitation forestière, à condition de résultats rapides et rentables. En la matière, la bagasse deviendrait l'essence à privilégier si un tel projet devait voir le jour en Guyane française. Les premiers résultats sur le site de « Christine » en particulier sont très encourageants. Cependant certains obstacles persistent encore. En l'absence d'entreprises spécialisées et de véritables pépinières forestières les coûts de préparation du terrain et de plantation sont très élevés et peu compressibles dans l'immédiat. Même si les entretiens sont limités grâce au dynamisme de l'espèce au stade juvénile, les prix très bas des bois sur pied (13 €/m³ en 2009), selon la situa-

tion héritée des accords de 1992¹, ne permettent pas d'envisager une rentabilité suffisante à l'heure actuelle.

Une place en agroforesterie ?

Dans l'absolu, la voie de l'agroforesterie pourrait s'avérer plus intéressante que la plantation à vocation purement forestière sur des massifs souvent éloignés des centres de consommation. Cela a déjà été mis en place avec d'autres essences, comme le Teck au Costa Rica, par plantation en haies vives autour d'exploitations ou encore en peuplements purs ou mélangés sur d'anciennes prairies dégradées. En Guyane, un tel système permettrait non seulement de limiter le coût de plantation (terrains agricoles déjà défrichés), mais aussi d'entretien (pas de végétation concurrente, mais des cultures ou jachères) ; le couvert léger de la bagasse laisse un grand choix d'espèces agricoles cultivables en sous-étage et la desserte existante ainsi que la proximité des centres de transformation sont de sérieux atouts pour l'exploitation. L'exemple du Costa Rica a de quoi faire rêver : création d'entreprises, d'emplois directs, d'activités diverses liées aux plantations, production de bois de qualité en un temps record, limitation des impacts sur la forêt naturelle... Mais la réalité socio-économique et foncière est tout autre en Guyane française : les surfaces de terre agricole sont encore peu nombreuses (environ 25 000 ha en 2006) et le foncier privé est encore très minoritaire. De plus, un projet d'agroforesterie suppose une très forte implication volontaire des acteurs ruraux et des collectivités. Cependant les politiques européennes visant à favoriser les haies (même en Guyane !) et les demandes de plus en plus nombreuses de projet de séquestration de Carbone pourraient prochainement changer la donne et offrir de nouvelles possibilités de développement de plantations.

La bagasse dans les starting-blocks

À l'heure actuelle, les plantations existantes sont à seule vocation de recherches scientifiques. Quelques

¹ En 92, l'ONF a dû accepter des accords de prix très bas en contrepartie du passage d'un système de concession à celui de l'aménagement forestier ; peu à peu la situation se « normalise », mais on est encore loin d'un barème réaliste et le marché très fermé de la Guyane ne facilite pas l'émergence d'un équilibre « naturel » du marché

tests d'éclaircies devraient prochainement être menés à but d'observation avant clôture définitive des essais. Ils permettront également d'apporter de nouveaux résultats sur la qualité des bois obtenus suivant ces premiers itinéraires techniques. Valoriser ces premiers résultats à grande échelle reste peu évident aujourd'hui, mais l'ONF sera techniquement prêt lorsque les différents acteurs de la filière bois, agricole ou industrielle souhaiteront s'engager dans la voie des plantations.

Vincent BÉZARD

Volontaire à l'Aide Technique
ONF, DR Guyane

Stéphane GUITET

Chargé de recherche
ONF, DR Guyane

Emmanuel BOUCHER

ONF, UT Cayenne

Bibliographie

Plancheron F., 1998. Bilan des mesures 1998 de 4 plantations d'essences locales en Guyane, compte-rendu d'analyse ONF, 8p. + annexe

Plancheron F., 1999. Bilan des mesures 1999 de 3 plantations d'essences locales et exotiques en Guyane. Compte-rendu d'analyse ONF, 16p. + annexe

Guitet S., 2005. Synthèse des essais de plantations d'essences forestières locales réalisés entre 2000 et 2004 en Guyane française. Rapport d'analyse ONF, 20p + annexes

Guitet S., 2005. Mieux valoriser la ressource en bois et réduire les impacts sur l'environnement : deux objectifs convergents pour une exploitation forestière durable en Guyane française. Rendez-vous techniques de l'ONF n°9. pp. 65-69

EMBRAPA, 2004. Espèces Arboreas da Amazonia n°5, Fiche technique Bagasse, projet Dendrogene, 6p.

Propriétés des extraits de bagasse : une valorisation possible dans le traitement des bois

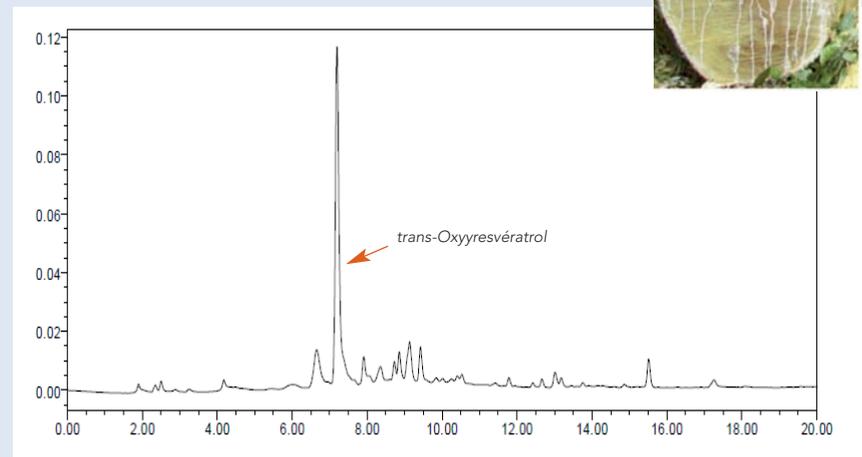
par Didier Stien, CNRS Guyane

Le programme XYLOTECH* vise à rechercher une valorisation des déchets de scieries et d'exploitation en isolant des produits naturels susceptibles d'intéresser la parfumerie, la cosmétique ou l'industrie lourde. Une première phase de criblage a permis de sélectionner et de tester plusieurs espèces dont les extraits présentent de telles propriétés. L'essai le plus probant a été obtenu à partir d'extrait méthanolique de bagasse qui a montré une activité antifongique comparable à la chlorotalonile, molécule de référence en la matière. Cet extrait est efficace à faible dose (2 kg/m³) et a été testé par différentes méthodes sur plusieurs souches de champignons (test de perforation, mesure d'indice d'activité, essai au sol de transfert de durabilité sur des bois blancs).

Suite à cette première phase, nous avons analysé les constituants du bois de bagasse (*Bagassa guianensis* Aubl., moracée) afin de comprendre l'origine de la durabilité naturelle exceptionnelle de ce bois. À partir de l'extrait de duramen à l'acétate d'éthyle, nous avons pu isoler et caractériser 18 métabolites secondaires. En comparant ces composés avec la littérature, il apparaît que ce sont sans doute les stilbènes (notamment l'arachidine 2 et le trans-oxyresvératrol) qui sont responsables de la durabilité naturelle du bois.

De surcroît, la composition chimique du bois de bagasse permet de mieux cerner la phylogénie extrêmement vague de cette espèce. Notamment la présence de moracines indique que cette espèce est apparentée aux espèces du genre *Morus* (les mûriers blanc et noir). Elle appartient donc bien à la famille des Moracées et plus précisément à la tribu des Moreae sensu stricto. Ainsi, nous pouvons aujourd'hui confirmer le reclassement effectué récemment par Weiblen basé sur analyse génétique.

Ces premiers succès ont abouti à une déclaration d'invention et dépôt de brevet pour le traitement des bois à partir d'extraits naturels. Un deuxième volet de recherche est prévu afin d'évaluer la qualité des produits de bagasse issus de plantation et accompagner la mise en marché de ces premiers extraits.



Profil de chromatographie liquide haute performance de l'extrait de bois de bagasse à l'acétate d'éthyle montrant la très forte proportion relative de trans-oxyresvératrol

* Le programme XYLOTECH est mené par le laboratoire L3MA de Cayenne avec des financements de l'Agence Nationale pour la Recherche, en partenariat avec l'ONF et d'autres entreprises dans le cadre d'un consortium.

L'étude des chantiers en exploitation forestière

Méthodes et protocoles

Avec l'évolution des modes de ventes et conditions d'exploitation, il est de plus en plus nécessaire pour les forestiers de bien cerner les avantages ou inconvénients de tel ou tel système d'exploitation en termes économiques, sociaux et environnementaux, et selon des « standards » qui permettent les comparaisons et analyses. Cette démarche, qui relève de la discipline des « études du travail », a fait l'objet pour les chantiers forestiers d'une nomenclature adaptée et de protocoles harmonisés (IUFRO, groupe de travail européen). Présentation et mode d'emploi.

Avec les évolutions récentes de la mécanisation forestière, la tâche des gestionnaires chargés de suivre et d'organiser des chantiers d'exploitation se complexifie. Les machines mises en œuvre sont de plus en plus sophistiquées (motorisation et systèmes hydrauliques de pointe, électronique et informatique embarquée, géoréférencement et liaisons GSM...) et leurs coûts journaliers de fonctionnement sont élevés. Dans ces conditions, la productivité du chantier est essentielle. Elle est en rapport direct avec les paramètres topographiques (pente, portance...) et sylvicoles habituels comme le volume moyen des tiges, le prélèvement par hectare et le volume total du chantier, mais d'autres facteurs sont tout aussi importants : l'organisation du chantier, la durée du travail possible (liée aux intempéries, aux sols humides, etc.) et les aspects logistiques à l'échelle de plusieurs chantiers. Par ailleurs, la qualité du travail et le respect de l'environnement forestier, exigés de tous les intervenants (cf. RNEF¹), sont également subordonnés à l'utilisation de la bonne machine au bon endroit.



A. Blumet ONF

La recherche de productivité passe le plus souvent par la détection des goulots d'étranglement dans l'organisation déployée et par la réduction des temps d'attente et temps morts. Il est donc nécessaire de bien comprendre et cerner l'enchaînement des tâches pour analyser correctement les systèmes d'exploitation forestière et pour optimiser les opérations de récolte au sens de la gestion durable : c'est-à-dire concilier l'efficacité économique avec la perfor-

mance environnementale (sol, eau...) et les aspects sociaux (santé-sécurité notamment).

Cela suppose une approche méthodologique rigoureuse, objective et partagée. Or les études et suivis qui sont mis en œuvre ici ou là sont parfois entachés d'ambiguïtés qui nuisent à leur interprétation. Pour éclairer les forestiers impliqués dans ce type de démarche, cet article vise à :

- préciser les grandes notions qui sont utilisées dans le domaine de

¹ Règlement national d'exploitation forestière. Téléchargeable sur le site www.onf.fr - filière bois http://www.onf.fr/filiere-bois/sommaire/informations/textes_essentiels

- l'étude du travail en exploitation forestière ;
- présenter succinctement les protocoles nécessaires à ces études du travail, y compris ce qui touche à l'appréciation qualitative du travail et ses effets sur l'environnement (impacts) ;
- ébaucher les perspectives à court et moyen terme concernant l'organisation du travail en forêt (entre autres celles qui portent sur les aspects santé – sécurité).

Rappels historiques sur « l'étude du travail »

Pour comprendre les réflexions actuelles sur le travail en forêt, il est utile de retracer brièvement l'histoire de l'étude du travail, discipline qui remonte au début de l'ère industrielle avec les travaux de l'ingénieur américain Frederick Winslow Taylor (1856-1915). Taylor cherche à rationaliser l'organisation plus ou moins empirique de l'époque, l'objectif étant d'obtenir la meilleure productivité possible et de réduire la fatigue des travailleurs. Il met au point ce qui va devenir l'organisation scientifique du travail ou plus simplement le *taylorisme* : les tâches sont décrites et chronométrées, certaines peuvent ensuite être regroupées en cycle de travail. Sa méthode consiste à (i) diviser le travail en tâches élémentaires, simples et répétitives, (ii) chercher les gestes les plus efficaces et (iii) adapter les outils aux tâches à réaliser.

Le *taylorisme*, ou *fordisme* dans son application aux usines d'Henry Ford, a fait l'objet de sévères critiques (cf. le film de C. Chaplin « Les temps modernes »). En cherchant à rationaliser scientifiquement le travail, il ne laissait aucune place à l'imprévu et les ouvriers perdaient leur autonomie. Pour remédier aux dysfonctionnements qui en résultent, entre autres la démotivation des travailleurs, le *post-taylorisme* s'attache alors à une organisation de travail qui met en œuvre diverses formes de participation des travailleurs aux décisions concernant la production.

Les grands principes du *post-taylorisme* restent souvent pertinents, notamment dans l'organisation du travail actuel en forêt : **la rotation des postes** (l'ouvrier occupe successivement différents postes de travail pour éviter la routine et pour avoir une vision plus globale du processus de production), **l'élargissement des tâches** (les tâches sont moins fragmentées, moins pénibles, moins répétitives), **l'enrichissement des tâches** (le travail de base s'étend à d'autres tâches telles que le réglage et l'entretien des machines ; cela implique une responsabilisation du travailleur), **l'autonomie** (des groupes d'ouvriers s'organisent librement pour atteindre un niveau de production fixé), et **le développement des cercles de qualité** (des groupes de travailleurs volontaires se concertent pour améliorer le processus de production et la qualité des produits). C'est une remise en cause de la division verticale du travail qui correspondait à une distinction stricte entre les tâches de conception du travail et celles d'exécution.

L'histoire se poursuit au Japon. Après leur défaite de la 2^e guerre mondiale, les Japonais doivent relancer leur économie. Le constructeur automobile Toyota médiatise une vision stratégique pour faire redémarrer l'économie japonaise : rattraper le niveau de production des Américains sous peine de disparaître. L'un de ses ingénieurs, Taiichi Ohno (1912-1990), « l'homme qui pensait à l'envers » (Mousli, 2010), renverse la façon d'appréhender la productivité et met au point un système de gestion de l'entreprise simple et efficace qui consiste à :

- réduire les coûts et éviter le gaspillage ;
- maintenir la qualité optimale des produits tout au long de la chaîne de production ;
- éviter l'offre excédentaire en réduisant la taille des séries pour les modèles qui se vendent moins, ce qui revient à baisser les stocks. Les pièces et les voitures sont fabriquées pratiquement à la demande :

- c'est la production à flux tendu, ou production *Juste à temps* ;
- prendre en considération l'avis des ouvriers, qui participent au diagnostic des problèmes et à leur résolution ;
- améliorer le système de façon continue, en une dynamique interne qui intègre tous les acteurs concernés, de l'ouvrier à l'ingénieur.

Une telle organisation tend à décloisonner les fonctions et les responsabilités ; alliant l'efficacité de production à une certaine reconnaissance psychologique des travailleurs, lesquels se sentent plus impliqués dans l'entreprise. Ce système adopté par Toyota en 1962 (le *toyotisme*) a mis toutefois plusieurs dizaines d'années à se diffuser au Japon.

Dans les années 1970-1980, des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology, qui étudiaient le système de production de Toyota l'ont transposé au contexte occidental en développant les concepts du *lean* (maigre) *management*. On peut distinguer 4 niveaux d'analyse dans le système *lean* : 1) définir la valeur produite par l'entreprise du point de vue du client ; 2) développer un schéma de production tiré par la demande client et la standardisation des tâches pour faciliter l'amélioration continue ; 3) promouvoir des attitudes managériales de consensus et orientées vers le terrain et 4) formuler une stratégie à long terme.

Popularisé à la fin des années 1990, le *lean management* est par principe applicable à tous les secteurs économiques, mais c'est dans l'industrie (et surtout l'industrie automobile) qu'il est le plus répandu.

Étudier le travail en foresterie

Dans le monde forestier, les études du travail datent du début des années cinquante en Scandinavie et aux USA et leur développement est directement lié à celui de la mécanisation forestière. La méthodologie utilisée initialement était très large-

ment inspirée du *taylorisme* avec les études de temps et de productivité. Elle a connu ensuite les évolutions de la discipline (cf. supra), en s'intéressant particulièrement à l'ergonomie des postes de travail (Santé Sécurité au Travail) et à l'incidence des opérations forestières sur l'environnement pour répondre aux exigences de la gestion durable.

Toutefois, lorsque des centres de recherche ou des constructeurs de machines ont voulu extraire de ces études des enseignements pratiques de portée plus générale, il est apparu que les termes utilisés n'avaient pas toujours la même signification, ce qui empêche les comparaisons ou extrapolations, et fausse parfois les interprétations.

Harmonisation des méthodes au niveau international

Un premier pas d'harmonisation a donc été réalisé au niveau international par l'IUFRO (Union Internationale des Organisations de Recherche Forestière) à la fin des années 80. Une nomenclature adaptée au secteur forestier a vu le jour lors du congrès forestier mondial de 1995 à Tampere en Finlande (Bjorheden 1995) pour standardiser les définitions des termes liés au travail de notre secteur en tenant compte de ses spécificités et de l'environnement « naturel » complexe de l'activité forestière par rapport à un système de production industriel « clos ».

Côté européen, et faisant suite à la nomenclature de l'IUFRO, un travail de présentation des données relatives aux études de temps a été finalisé en 1997 (CTBA 1997 ; Pishedda 1997) grâce à des programmes de financements européens (les programmes AIR) qui ont permis de regrouper l'ensemble des centres de recherches de l'UE. Cela consiste à présenter les calculs de façon concrète et harmonisée pour que, au-delà de la terminologie, l'interprétation des résultats soit facilitée. À cette occasion les

organismes participants ont exprimé la nécessité d'évaluer également la qualité du travail ou sa performance environnementale. Mais les études produites de par le monde sur ce type de performance étaient très lourdes à mettre en œuvre. Finalement, les débats ont abouti à l'adoption d'une méthodologie qui donne une sorte de photographie de l'état des lieux avant et/ou après les travaux. Suite aux tempêtes Martin et Lothar de décembre 1999, ce protocole européen a été modifié pour introduire les aspects spécifiques du travail d'exploitation en zone de chablis.

Une lacune de l'enseignement forestier en France

Pour la France, l'enseignement de la science du travail dans les écoles forestières est souvent limité voire inexistant en particulier pour l'activité spécifique de l'exploitation forestière. Ceci est peut-être dû au fait qu'historiquement les forestiers français, contrairement à leurs collègues germaniques ou scandinaves, n'étaient pas chargés de l'organisation et du suivi de la mobilisation des bois. Maintenant que la vente de bois façonné se développe à l'ONF, cette situation est ressentie comme une lacune, un manque de recul ou de vision globale pour juger de l'efficacité ou de la pertinence d'une organisation par rapport à une autre. D'où une difficulté assez générale à proposer des alternatives techniquement réalistes et économiquement viables lorsque les attentes ou les contraintes se cumulent.

Étudier le travail (les chantiers) dans le but de prendre des décisions quant à l'organisation, la planification, l'ergonomie ou les performances environnementales d'un système de mobilisation (système d'exploitation, voir encadré) ne s'improvise pas. Les compétences nécessaires à l'utilisation d'une méthodologie éprouvée doivent s'acquérir et faire l'objet de formations adaptées. L'expérience montre d'ailleurs qu'il

est recommandé de concentrer ce type d'efforts, vu leur spécificité, sur une sélection de quelques personnes avec par ailleurs une initiation générale aux principes de base de l'exploitation forestière.

Les études de temps et de productivité

Les études de temps sont le socle de la science du travail : c'est un outil pour évaluer la productivité (ce qui est un résultat en soi) et analyser en détail l'organisation de façon à identifier des points de blocage s'il y en a et proposer des améliorations. Cela suppose de scinder le travail en phases élémentaires dont on mesure précisément le temps d'exécution afin d'apprécier l'importance relative de chacune de ces phases. Ainsi, le temps d'un chantier se décompose en plusieurs niveaux permettant par la suite de comparer les organisations entre elles et leurs efficacités. Utilisées dans le strict respect des définitions admises tant au niveau européen que mondial (cf. encadré sur les définitions), ces notions permettent d'éviter les écueils et d'appréhender correctement la productivité.

Ne pas confondre systèmes et méthodes

Méthode d'exploitation forestière :

degré de transformation du produit que l'on veut obtenir. On distingue ainsi les méthodes de base suivantes : bois en courtes longueurs (en anglais CTL - Cut to length), bois en grandes longueurs, arbres entiers, bois en plaquette. Sur un chantier, on peut utiliser plusieurs méthodes selon les produits recherchés (= méthode mixte).

Système d'exploitation forestière :

c'est l'ensemble des processus de la récolte de bois (méthode, équipement, organisation) depuis l'abattage des arbres jusqu'à la livraison en usine.

(Source : ARMEF - CTBA 1993)

L'identification des phases de travail

Le travail en forêt est divisé en phases ou tâches qui semblent connues pour la plupart des forestiers (abattage, ébranchage, débusquage, débarquement, empilement, etc.). Pourtant quand on veut suivre un cycle de travail en forêt, l'une des premières vérifications consiste à bien reconnaître et délimiter ces phases sans trop en multiplier le nombre. La « visualisation » préalable de ces phases est nécessaire (estimer précisément sur le chantier où elles commencent et où elles finissent), surtout lorsque plusieurs personnes peu expérimentées participent au chronométrage. Une mauvaise délimitation des phases à chronométrer brouillerait les résultats et compromettrait leur interprétation.

Cette mise au point est particulièrement importante pour l'étude des systèmes d'exploitation mécanisés où les phases s'enchaînent rapidement. Toutefois, depuis quelques années, les systèmes informatiques embarqués dans les machines de bûcheronnage sont capables de donner la répartition des tâches principales et de transférer les données de production vers le bureau de l'entrepreneur.

Les mesures de temps

La mesure des temps de travail en forêt nécessite un chronomètre et recourt généralement à deux types de protocoles, selon les objectifs recherchés (comparaisons entre plusieurs systèmes d'exploitation, amélioration du système utilisé...):

- le chronométrage en continu pendant une période suffisamment représentative (de 3 à 6 heures avec quelques répétitions à un ou plusieurs jours d'écart suivant le système);
- l'approche statistique (appelée OI pour Observations Instantanées) avec un relevé tous les x secondes où l'on note la phase de travail en cours; on l'utilise pour déterminer l'influence d'un paramètre ou d'une technique de travail sur la productivité globale du chantier.

Études de temps et de productivité

Quelques définitions

La figure 1 page suivante donne une représentation des différents types de temps définis ci-dessous selon la nomenclature IUFRO (Björheden, 1995).

Phase de travail (ou tâche) : unité élémentaire du temps de travail parfaitement définie et délimitée correspondant à une action exécutée par l'homme ou une machine. Lorsque le résultat de la production est un élément matériel, la tâche précise la modification physique - de l'objet à travailler - entre un état initial bien défini et un état final tout aussi défini.

Temps de présence : ensemble de tous les temps sur le chantier ou le poste. Pour les travaux forestiers, il court de l'instant où les opérateurs arrivent sur le chantier jusqu'à leur départ. Il inclut les temps d'approche ou de transfert (par exemple en montagne où les temps d'accès du parking à la coupe sont pris en compte), mais pas ceux depuis leurs hébergements.

Temps d'activité : ensemble des temps sur le chantier y compris les temps d'interférence ou d'attente, mais sans les temps de transfert et sans les temps de repas (certains emploient le terme *temps de présence active*).

Temps de travail : ensemble des temps sur le chantier où l'opérateur se consacre aux tâches qu'il doit réaliser y compris les temps de préparation, de planification, d'entretien, de ravitaillement et de réparation voir de montage ou de démontage des installations (par exemple une ligne de câble).

Temps productif : temps où l'opérateur se consacre à l'exécution de la (les) tâche(s) pour laquelle (lesquelles) il est employé (abattre, débarder, etc.).

Temps horamètre (ou heures productives machines) : temps où la machine est réellement employée à l'exécution de ses tâches. Généralement un compteur horamètre se trouve dans les machines et décompte le temps de fonctionnement dès que le moteur tourne.

Productivité : quantité de produit obtenue par unité de temps pour un système de production donné. Dans les systèmes de production de l'exploitation forestière, elle est exprimée en m^3/h , st/h ou $tonnes/h$. C'est souvent l'objectif principal de l'étude chronométrique du travail (étude de temps). Ne pas confondre avec le rendement qui est la notion inverse.

Rendement : quantité de temps dépensée par unité produite pour un système de production donnée. Il est donc exprimé en $minute/m^3$. C'est une notion très intéressante lorsque l'activité se décompose en une multitude de phases, car elle peut s'exprimer pour une phase indépendamment des autres. On utilise le rendement lorsque l'on veut, par exemple, comparer le même travail sur des zones différentes.

Taux de travail productif : fraction du temps de présence (appelé aussi temps sur poste) pendant laquelle un opérateur travaille à l'exécution de la tâche pour laquelle il est employé. C'est le ratio des heures productives sur les heures de présences de l'opérateur.

Taux d'utilisation machine : fraction du temps de présence (appelé aussi temps sur poste) pendant laquelle une machine est utilisée pour l'exécution de la fonction pour laquelle est elle conçue. C'est le ratio des heures horamètres sur les heures de présence du (des) conducteur(s).

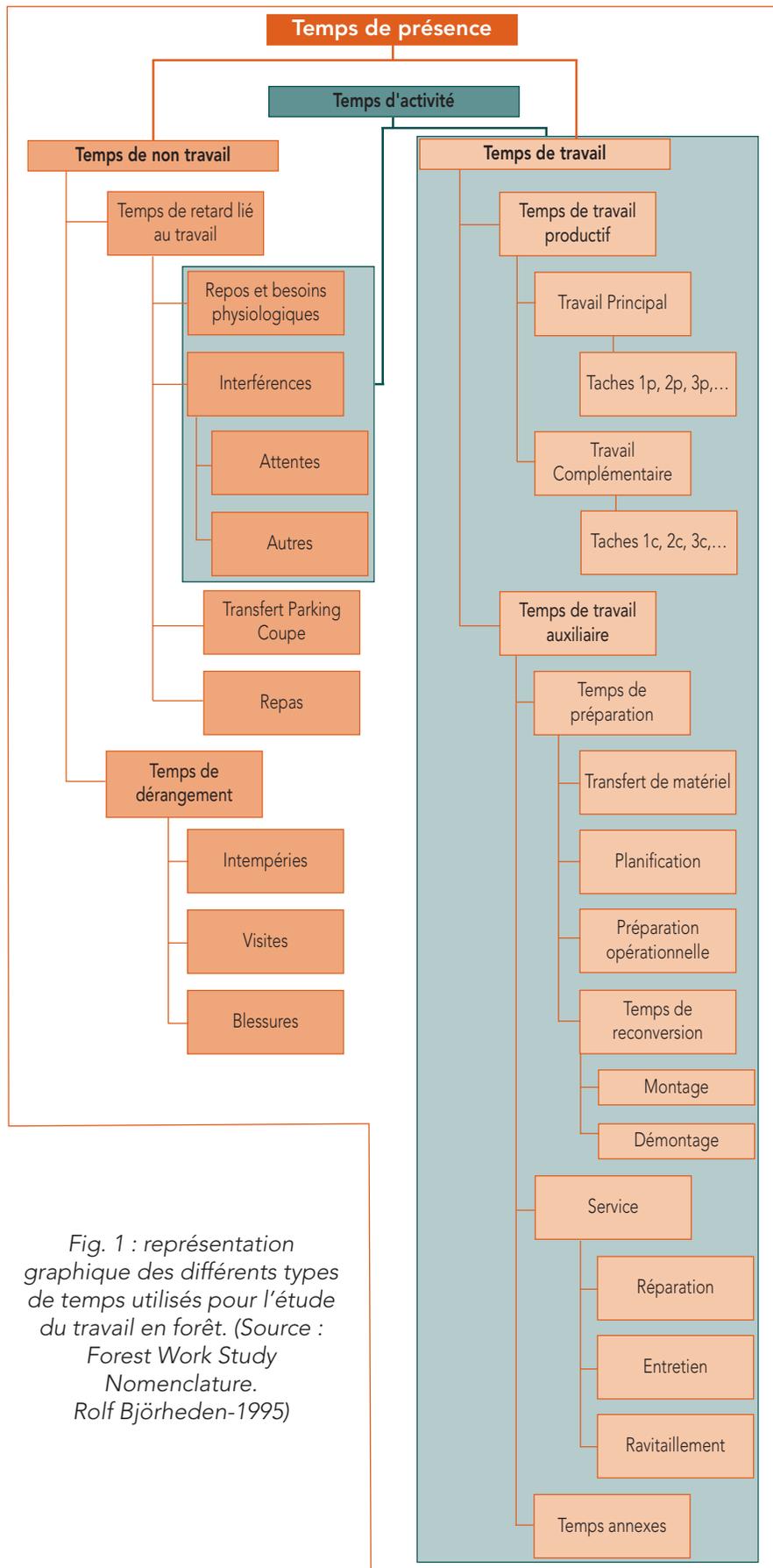


Fig. 1 : représentation graphique des différents types de temps utilisés pour l'étude du travail en forêt. (Source : Forest Work Study Nomenclature. Rolf Björheden-1995)

Les temps par phase sont souvent exprimés en centièmes de minute (cmin), car les calculs sont plus faciles avec cette unité qu'avec les secondes. Ces temps (ou phases, dans le cas n° 2) sont reportés sur papier, voire directement sur des PC de terrain « durcis » munis d'un logiciel de suivi. En effet certaines phases sont tellement courtes (ex. : billonnage avec des machines de bûcheronnage) qu'il est très difficile de les suivre sans un équipement adapté.

Parfois, le travail ne se déroule pas en phases successives mais parallèles, entre autres quand deux personnes ou plus travaillent en équipe. Une bonne connaissance initiale du système est un atout pour suivre correctement leurs enchaînements et éviter les confusions entre les phases. Les opérateurs réalisant ce type d'observation doivent donc avoir de l'expérience, disposer des outils de terrain adéquats et avoir une méthode de travail stabilisée pour permettre par la suite une analyse rigoureuse des résultats.

Les calculs de productivité

Nous ne développerons pas ici ce qui concerne la production des bois façonnés et la mesure du volume produit. En effet le sujet nous est plus familier même si, là aussi, des évolutions de pratiques sont en cours avec entre autres la réception et le cubage usine.

La productivité doit être exprimée par rapport à un temps de référence pour ne pas laisser d'incertitudes d'interprétation. Généralement, elle est ramenée au temps de présence ou au temps de travail productif (cf. définitions et figure 1), voire au temps horamètre pour les machines, et elle s'exprime par conséquent en m³ par heure de présence ou en m³ par heure productive. Le choix d'un temps de référence pertinent dépend du taux de travail productif (tâches manuelles) ou du taux d'utilisation machine.

Dans le cas d'une machine de bûcheronnage, par exemple, le taux d'utilisation est ordinairement de 85 à 90 % : il y aura peu de différence entre la productivité par heure productive ou horamètre et celle par heure de présence. Mais si on considère des opérations comme le bûcheronnage manuel, le débardage par skidder en montagne ou le débardage au câble, ce taux est parfois de moins de 50 %. Le choix de la référence pour exprimer la productivité est alors particulièrement important : en l'occurrence, il est conseillé d'utiliser la productivité par heure de présence, qui reflète le mieux les conditions générales du chantier.

Toutefois, il subsiste entre les conventions collectives territoriales de l'ONF des différences au sujet des temps de repas et de transfert ; pour contourner la difficulté sans avoir à entrer dans le détail de chaque situation, il peut être préférable de ramener la productivité au temps d'activité (cf. figure. 1).

D'autre part, la plupart des organismes de recherches forestières utilisent ce que l'on appelle l'heure H_0 , qui se rapporte aux chronométrages où le moindre arrêt de production est noté comme tel (sans limite inférieure de temps). Cependant certains font encore des chronométrages à l'heure H_{15} (par habitude des premiers instruments moins précis qu'aujourd'hui) c'est-à-dire que les arrêts ne sont comptés comme tels que s'ils sont supérieurs à 15 minutes. Ces notions sont généralement précisées dans les rapports de recherche.

Présentation standardisée des résultats

Les résultats de l'étude des temps et les calculs correspondants de rendement et de productivité peuvent alors (et doivent) être présentés dans le tableau synthétique standard du protocole AIR3 (CTBA 1997) qui permet de visualiser l'ensemble des tâches suivies et leur regroupement par grandes familles (tableau 1).

Analyse économique

L'analyse économique vise ordinairement à calculer le coût de revient d'une machine forestière, d'un système de récolte ou d'une organisation de travail spécifique pour en déterminer les points d'amélioration en fonction des hypothèses économiques du moment.

Remarquons tout d'abord que la comparaison des coûts ne doit se faire qu'à l'échelle nationale, car de grosses différences existent d'un pays à l'autre, y compris au sein de l'Union européenne, sur les facteurs constitutifs de ce calcul. Par ailleurs, il convient de respecter la terminologie économique : on a trop souvent tendance à mélanger les notions de coût et de prix (cf. encadré coût/prix). Dans le cadre de cet article, nous nous concentrerons uniquement sur le coût de revient : éléments constitutifs et méthode de calcul.

Les éléments constitutifs du coût de revient

L'analyse économique nécessite de bien renseigner les 4 grandes familles de charges (frais fixes, frais variables, frais de personnels et frais divers).

Les frais fixes ont pour caractéristique principale d'être indépendants de la durée d'utilisation du matériel. Ils se décomposent en amortissement, frais financiers, primes d'assurances. L'amortissement est considéré comme linéaire et est obtenu en divisant le prix d'achat (investissement) par le nombre d'annuités n (1 an pour les tronçonneuses, 5 à 7 ans pour les plus gros matériels). Pour le calcul, il est préférable d'utiliser le montant réel de l'investissement sans les subventions pour ne pas induire de biais dans le coût du travail. En effet, les subventions sont souvent versées plusieurs mois après l'achat et elles ne contribuent pas réellement à qualifier le travail, mais plutôt les aspects financiers de l'entreprise.

Les frais financiers correspondent aux intérêts versés (I) sur les sommes empruntées ou aux revenus qu'auraient pu rapporter les sommes investies. Ils sont calculés à l'aide de la formule :

$$I = \frac{\text{Montant investissement} \times \text{Taux d'intérêt} \times (n + 1)}{2n}$$

Les primes d'assurances sont fonction du type de matériel assuré et des risques couverts ; le cas échéant, on peut les estimer par un pourcentage du montant de l'investissement (entre 1,5 et 2 %). Il faut aussi intégrer l'assurance responsabilité civile professionnelle dont le coût n'est pas négligeable.

Les frais variables sont en relation directe avec la durée de fonctionnement du matériel à l'année. Ils peuvent se décomposer selon les postes suivants : carburants et lubrifiants, matières consommables (guide chaîne, pignons, pneumatiques, câbles, chenilles, etc.), entretien et réparation. Les consommations de carburant et d'huile (ainsi que les prix) doivent être connues en détail, car elles peuvent être très différentes d'un matériel à l'autre, d'une part, mais aussi suivant le style de conduite du chauffeur. Pour l'entretien et la réparation, on peut procéder, si on ne dispose pas des factures, à une estimation en pourcentage du montant de l'investissement (entre 10 et 12 %).

Les frais de personnel représentent les salaires, primes charges sur les salaires et les indemnités diverses. Il est conseillé de ne pas sous-évaluer ce poste qui représente le coût de la main-d'œuvre avec toutes les contraintes qui s'y rapportent pour un employeur. D'autre part, les opérateurs doivent pouvoir se reconnaître dans les salaires affichés dans ce type de calcul.

Les frais divers, enfin, regroupent tous les autres frais. Par exemple le coût des véhicules de l'entreprise, les dé-

[Répartition du temps de présence]		Temps (cmin)		Temps (%)		Rendement (min/m³)		Productivité (m³/h)			
Temps de travail productif (direct)	Travail principal	Dégagement du pied de l'arbre à abattre	5 562	2,74			0,83		Temps productif 2,83		
		Repérage de la direction de chute	3 250	1,60			0,48				
		Egobelage	992	0,49			0,15				
		Tronçonnage de l'entaille	6 730	3,32			1,00				
		Trait de scie de chute	7 724	3,81			1,15				
		Utilisation de masse et de coins	3 334	1,64			0,50				
		Parage du pied de la grume	14 019	6,91			2,09				
		Façonnage de la grume et arasement des nœuds	62 232	30,69			9,27				
		Démantèlement du houppier	1 410	0,70	51,90		0,21	15,68			
		Déplacement du bûcheron sur la coupe	8 791	4,34			1,31				
Temps de travail complémentaire	Travail complémentaire	Cubage des bois abattus	15 087	7,44			2,25		Temps de travail 2,43		
		Repérage visuel des arbres à abattre	13 016	6,42	18,19	70,10	1,94	5,50		21,18	
		Réparations	1 732	0,85			0,26				
		Entretien-Maintenance	0	0,00			0,00				
		Ravitaillements	17 711	8,73	9,59		2,64	2,90			
		Temps annexes	0	0,00	0,00		0,00	0,00			
		Transfert matériel	0	0,00			0,00				
		Planification	0	0,00			0,00				
		Préparation opérationnelle	4 092	2,02			0,61				
		Temps de reconversion	0	0,00	2,02	11,61	0,00	0,61		3,51	24,68
Temps de retard lié au travail	Interférences	Attente	0	0,00			0,00		Temps de présence 1,99		
		Autres	0	0,00	0,00		0,00	0,00			
		Repos et besoins physiologiques	12 618	6,22	6,22		1,88	1,88			
		Transfert parking / coupe	2 068	1,02			0,31				
		Repas	13 030	6,43	7,45		1,94	2,25			
		Intempéries	0	0,00			0,00				
		Visites	9 383	4,63			1,40				
		Blessures	0	0,00	4,63		0,00	1,40			
					12,07		0,00				
					100,00						
Temps de non travail	TOTAL		202 781	100,00	100,00	100,00	30,21	30,21	30,21	volume récolté = 67,12 m³	

Tab. 1 : synthèse d'une étude de temps selon le protocole AIR3 ; exemple d'un chantier de bûcheronnage manuel en grumes feuillues

Ne pas confondre coût et prix

Le coût de revient est le montant des charges nécessaires à l'acquisition ou à la production d'un bien ou d'un service. Il se compose des charges fixes (amortissement, intérêts, assurances), des charges variables (carburant, huile, consommables, entretien...), des charges de personnels, et des charges diverses. Il **ne contient pas la marge bénéficiaire** souhaitée par l'entreprise. On l'appelle aussi prix de revient, terme qu'il vaut mieux éviter, car il occasionne des confusions avec le prix de prestation.

Le prix de prestation est l'expression monétaire de la valeur d'échange d'une unité de bien ou de service. Le prix est le résultat de la rencontre de l'offre et de la demande sur un marché. Il comprend, entre autres, la marge de l'entreprise.

Données de calcul pour le débardage au débusqueur		Montants (€/an HT)
Investissement, équipement complet (€)	160 000	
Amortissements (sur x ans)	5	32 000
Intérêts (taux x %)	3,4	3 264
Assurances (x % de l'inv.)	1,5	2 400
Total frais fixes		37 664
Consommation de fuel (l/jour)	100	13 800
Prix du fuel (€/l)	0,6	
Entretien/réparations (% de l'inv.)	10	16 000
Total frais proportionnels		29 800
Personnel (nombre par équipe)	1	
Jours de travail/an ^(a)	230	
Heures /jour ^(a) (Tps de présence)	9	
Salaire horaire (€/h incl. charges soc.)	20	
Total frais de personnel		41 400
(soit 230x9hx20€)		
Transport personnel :		8 050
nombre de voiture(s)	1	
kilométrage (km/Jour)	70	
coût kilométrique (€/km)	0,5	
Transport matériel (€/an)	5 000	5 000
Administration (€/an)	4 000	4 000
Total frais divers		17 050
Résultat : coût de revient Montants par unité de temps ou par unité produite		Montants (€/unité HT)
Coût de revient annuel (€/an)		125 914
Coût de revient journalier^(b) (€/jour)		547
Coût de revient horaire^(b) (€/heure)		60,83
(Productivité ^(c) en m ³ /h de présence)	10	
Coût de revient au m³ (€/m³)		6,08

(a) estimations à faire valider par les professionnels concernés
 (b) Pour simplifier l'exemple, il n'est pas fait ici de distinction entre le nombre d'heures annuel du chauffeur et celui de la machine
 (c) Hypothèse à ajuster suivant le système, le chantier...

Tab. 2 : exemple de calcul de coût de revient pour un débusqueur à câble

placements des engins d'un chantier à l'autre, etc. Les frais administratifs tels que tout ce qui a trait au secrétariat, à la prospection, à la facturation, à la publicité de l'entreprise... relèvent aussi de cette catégorie.

Le calcul du coût de revient

Le coût de revient peut être exprimé à l'année, par jour, à l'heure ou au mètre cube. Il faut donc estimer le nombre de jours travaillés par an (sans les jours fériés, les congés, les jours de non-travail habituels dus aux intempéries ou aux prescriptions particulières des chantiers étudiés...) ainsi qu'une durée moyenne de travail quotidien. Ces estimations sont à faire valider par les professionnels concernés, car il existe de grosses différences d'une région à l'autre.

Pour un coût de revient au m³, il faut estimer la productivité moyenne du ou des chantiers : productivité par heure de présence de préférence pour tenir compte de l'ensemble des tâches exécutées sur le chantier et pas seulement les tâches productives. La productivité étant très liée au type de chantier et aux caractéristiques de la coupe (volume unitaire moyen, prélèvement, volume total) il est possible, avec un peu d'expérience et sous réserve de validation technique, de faire des estimations en fonction de ces paramètres.

Un exemple de calcul est donné dans le tableau 2, pour un débusqueur à câble.

Analyse d'impacts environnementaux

L'étude d'un travail en forêt doit aussi intégrer les impacts sur l'environnement en établissant les effets des différentes opérations sur le milieu (autres que ceux qui sont légitimement attendus d'une opération sylvicole). En matière d'exploitation, cela concerne particulièrement les arbres restants et le sol.

Le protocole AIR3 propose un ensemble de paramètres à relever sur des placettes échantillons ou selon des transects perpendiculaires à l'axe principal de vidange. Cette seconde méthode, adoptée par plusieurs centres de recherche au Canada, en Nouvelle-Zélande et aussi en France (Curran et Thompson 1991 ; Mc Mahon 1995 a et b et Cacot 2008), a montré son efficacité, car elle permet d'être en phase avec les voies de sorties des bois. Pour assurer la fiabilité des résultats et disposer d'un nombre suffisant de points par classe de perturbation, le nombre de points de relevé est situé entre 100 et 500 suivant la taille du chantier étudié. La méthode est divisée en 4 étapes détaillées ci-après.

Étape 1 : identifier et mesurer les limites de la zone de travail

Comme les relevés serviront à déterminer les modifications du site dues aux opérations forestières, il est particulièrement important d'établir les limites et l'extension de la zone de travail. En sont exclues les parties de

parcelles non travaillées ainsi que les zones non productives donc non circulées (rochers, ruisseaux, zones humides, etc.). De plus, un certain degré d'uniformité doit être recherché pour les zones de suivi en ce qui concerne les caractéristiques du peuplement et les opérations qui y sont réalisées. Si nécessaire, la zone de travail sera divisée en blocs homogènes et faisant l'objet de relevés distincts.

Étape 2 : planter et déterminer l'espacement des transects

L'espacement entre les transects est déterminé par le calcul du nombre de points nécessaires à la précision de description recherchée. La règle générale est que le premier transect doit être au moins à 10 m de la sortie principale puis l'espacement est de 20 m pour une zone de travail de moins de 1 ha, 50 m si elle couvre 1 à 5 ha, 100 m pour 5 à 10 ha et 200 m au-delà de 10 ha.

Étape 3 : répertorier les perturbations

Pour répertorier les impacts, les transects sont implantés à angle droit de

la direction principale de vidange. Ils peuvent être matérialisés si nécessaire. Tous les mètres, la perturbation principale est relevée dans un cercle de 30 cm de diamètre pour le sol et sur les arbres les plus proches (1 à 2 m autour de ce point). La description et la codification des classes de perturbation au sol et celle des impacts aux arbres sont présentées respectivement dans les tableaux 3 et 4.

Étape 4 : analyse des données

Les données obtenues sont converties en pourcentage en divisant simplement le nombre de points de chaque catégorie par le nombre total de points relevés. On peut ainsi construire un graphique par principales catégories de dommages et faire des comparaisons entre chantiers (Cacot 2008 – RDVT n° 19 p. 28).

L'analyse des données doit être accompagnée d'informations générales telles que :

- le pourcentage de surface circulée par les opérations forestières (Cacot 2008) ;
- la distance moyenne entre les cloisonnements de débardage ou les

Classes de perturbations	Type de perturbation	Code	Description
Non perturbé		1	La litière originelle est en place, le sous-étage intact et pas de branches
Perturbation de Surface	Litière déplacée, horizon organique intact	2	Litière entièrement ou partiellement déplacée exposant l'horizon organique intact
	Litière et horizon organique mélangés	3	Mélange de la surface du sol, la structure originelle du sol peut être encore présente
Perturbation sévère	Perturbation inférieure à 5 cm	4	Litière et horizon organique perturbé largement
	Ornière de 5 à 15 cm de profondeur	5	Formées par les roues, chaînes, câbles ou par les grumes ou les branches. Cela peut être considéré comme des couloirs d'évacuation même si des ornières discontinues ne posent pas ce problème. La profondeur est relative à la paroi de l'ornière.
	Ornière de 16 à 30 cm de profondeur	6	
	Ornière > 30 cm de profondeur	7	
	Roche mère apparente	8	Dépôt non consolidé de la roche mère en surface du sol
Couche de branche	10 à 30 cm d'épaisseur	9	La surface du sol ne peut être observée
	> 30 cm d'épaisseur	10	
Non-Sol	Rocher, marécage, souche, arbre...	11	Zones non productives

Tab. 3 : description et classification des perturbations du sol

Type d'information		Code ou valeur
Diamètre à 1,30 m		valeur
Espèce		code (à définir)
Hiérarchie	dominant	1
	codominant	2
	sous-étage	3
Statut/futur (avant le chantier)	arbre d'élite	1
	arbre d'accompagnement	2
Nombre de blessures 0 pour les arbres intacts	nouvelles	Nombre
	anciennes	Nombre
Description de la blessure la plus grave		
Position	racines	1
	souche	2
	0,3 – 1 m de haut	3
	> 1 m de haut	4
Extension	< 10 cm ²	1
	10-50 cm ²	2
	50-200 cm ²	3
	> 200 cm ²	4
Nature	sur l'écorce	1
	écorçage	2
	fibres arrachées	3
Cause à préciser dans les notes	abattage	1
	débardage	2
	autres	3
	inconnue	4
Distance par rapport à la piste, au cloisonnement ou au couloir	0 – 2 m	2
	2 – 4 m	4
	4 – 6 m	6
	6 – 8 m	8
	8 – 10 m	10
Notes Observations particulières		

Tab. 4 : description et codification des impacts aux arbres

- couloirs ;
- la circulation des engins (sur les cloisonnements de débardage exclusivement ou en dehors) ;
- les conditions de débardage (humides - sèches).

L'étude complète et détaillée de ces impacts reste une opération assez lourde et coûteuse à cause du nombre de points à mesurer et suivant le nombre de transects installés sur la zone de travail. Aussi est-elle en général réservée à des projets particuliers. Pour une utilisation « en routine » par les gestionnaires, on peut admettre une version simplifiée à un seul transect, installé en travers de la zone de travail. Il convient alors de

bien s'assurer qu'il traverse effectivement les cloisonnements ou la direction principale de vidange, avec un minimum d'une centaine de points de mesure pour garder une représentativité correcte des catégories d'impacts.

Perspectives et conclusion

Le monde rural connaît de profonds changements structuraux déterminés par de nouvelles orientations sociales et environnementales de la société en général. Il en résulte entre autres une désaffection persistante pour le travail en zone rurale : les secteurs agricoles et forestiers ont donc à faire face à une situation chronique

de manque de main-d'œuvre ce qui, au-delà de la recherche de productivité, impose le recours croissant à la mécanisation.

Avec le développement du phénomène et la rationalisation des équipements et des tâches de travail, les organisations sont en évolution constante et nécessitent des opérateurs hautement qualifiés. Cette situation entraîne de nouveaux défis d'adaptation concernant les entreprises et le travail en forêt ; en conséquence la science du travail évolue, notamment en ce qui concerne les aspects de santé et sécurité.

Ainsi, même si la mécanisation a fait baisser les risques d'accidents graves, d'autres risques apparaissent tels que les problèmes dus à une demande élevée en concentration ou les troubles musculo-squelettiques (TMS) liés à ces nouveaux postes de travail. Force est de constater que ces risques, dans un tissu professionnel composé d'entreprises de petite taille, sont encore souvent négligés, principalement par manque d'information.

Pour appréhender et comprendre le travail en forêt, il faut donc élargir la réflexion de façon qu'elle ne soit plus sectorielle, mais globale et qu'elle intègre d'autres approches comme la sociologie, la coopération d'acteurs, la mixité hommes/femmes, la durabilité sociale... Le monde de la recherche forestière est en mutation dans ce domaine pour mieux répondre à cette situation évolutive.

Les expériences en cours ont déjà montré les avantages d'une organisation *post-tayloriste* du travail permettant 1) la rotation des postes de travail, 2) la diversification des tâches trop monotones, 3) la délégation du travail en groupes autonomes et 4) la formation complémentaire pour les opérateurs de machines. Cela contribue à donner du « sens » au travail et même, plus ou moins directement, à

ménager la santé des personnels. (Lewark et Kastenholz 2007 ; Hanse et Winkel 2008). Et bien sûr cela participe à l'efficacité globale du système, au sens du développement durable.

Pour aller plus loin, il est d'ores et déjà possible de soutenir des organisations de travail élargies qui intègrent par exemple :

- la coopération inter-entreprise en vue de réduire les TMS ;
- les réseaux de communication informels permettant une meilleure information sur les risques sanitaires ;
- la vulgarisation des questions de santé et sécurité, dont dépendent aussi la qualité du travail et son efficacité.

Au-delà des notions et protocoles présentés dans cet article, les forestiers concernés par la récolte de bois, notamment dans le cadre de la production de bois façonné, devront donc s'approprier ces réalités pour mettre en place des organisations de travail pertinentes ; du reste, les organismes spécialisés sur ces thématiques s'y attachent de plus en plus (Pischedda 2003 ; Lewark 2005). En résumé, la science du travail au sens large est un champ de compétence à développer dans le cadre des activités de notre établissement.

Didier PISCHEDDA

ONF-DTCB

Département Commercial Bois

Remerciements

Je remercie Maryse Bigot et Emmanuel Cacot du FCBA pour leur relecture technique quant aux protocoles d'étude de temps et d'impacts et leurs aimables contributions au sujet des perspectives concernant la science du travail en forêt.

Bibliographie

ARMEF, CTBA, 1993. Manuel d'exploitation forestière, tome 1. 442 p.

ARMEF, CTBA, 1994. Manuel d'exploitation forestière, tome 2. 415 p.

Björheden R., 1995. Forest work study nomenclature. IUFRO WP3.04.02. Swedish University of Agricultural Sciences.

Cacot E. *et al.*, 2006. Observatoire des bonnes pratiques environnementales en exploitation forestière. Rapport final, convention DGFAR/AFOCEL n°61.45.80.41/04. AFOCEL. 48p + annexes.

Cacot E., 2008. Observatoire des impacts de l'exploitation forestière. Rendez-vous techniques de l'ONF n° 19, pp. 26-33

CTBA, 1997. Harmonisation des recherches européennes en cours dans le domaine de l'exploitation forestière et optimisation des méthodes d'exploitation au regard des contraintes de l'environnement et de l'économie (spécialement en conditions de montagne ou de pente) Protocole harmonisé AIR3-CT94-2097

Curran M., Thompson S., 1991. Measuring soil disturbance following timber harvesting. B.C. Ministry of Forest Land Management Handbook Field Guide Insert 5, 25p.

Hanse JJ. Winkel J., 2008. Work organisation constructs and ergonomic outcomes among European forest machine operators. *Ergonomics* Vol.51, n°7, pp. 968-981

Lewark S. ed, 2005. Scientific reviews of ergonomic situation in mechanized forest operation. EU ERGOWOOD project. 182 p.

Lewark S., Kastenholz E., 2007. Sustainability of work as challenge for forest work science. In International symposium « Bottlenecks, solutions and priorities in the context of functions of forest resources ». Proceedings of oral presentations. Harbiye/Istanbul, Turkey : Univ. of Istanbul, faculty of forestry. pp. 375-74

Mc Mahon S., 1995a. A survey method for assessing site disturbance. Project report number 54, New Zealand Logging Industry Research Organisation. 16 p.

Mc Mahon S., 1995b. Accuracy of two ground disturbance methods for assessing site disturbance. *Journal of Forest Engineering*, vol. 6, n°2 pp. 27-34

Mousli M., 2010. Taiichi Ohno, l'homme qui pensait à l'envers. *Alternatives économiques* n° 287

Pischedda D., 1997. L'exploitation forestière en montagne sous l'égide européenne. *Le Bois international* 22/11/1997

Pischedda D., 2003. Conférence internationale sur l'ingénierie forestière CTBA-info n° 103 pp. 33-36 (ou *La forêt privée* n° 275 jan-fev 2004)

Pischedda D., 2003. L'ingénierie forestière ; l'affaire de tous. *JMF* n° 38



n°3 | Automne 2010

Fiche technique - Biodiversité :

Les arbres à conserver pour la biodiversité Comment les identifier et les désigner ?



Contexte général

Le maintien d'arbres disséminés favorables à la biodiversité figure dans les règles de gestion depuis 1993.

Dès 2006, et dans le cadre de la mise en œuvre de sa certification ISO 14001, l'ONF a affiché en objectif 1.3 de sa politique environnementale : « **Maintenir une densité d'arbres morts, sénescents ou vieillissants favorable à la biodiversité** ».

> L'**instruction 09-T-71** sur la conservation de la biodiversité dans la gestion courante en réaffirme l'importance, en l'intégrant dans le principe d'une **trame de vieux bois**. Une trame qui est destinée à maintenir la biodiversité présente, mais aussi à permettre l'expression de sa dynamique par la mobilité des espèces.

Cette trame comprend :

1. les réserves biologiques et réserves naturelles ;
2. les îlots de vieux bois (sénescence ou vieillissement) ;
3. des arbres disséminés à conserver pour la biodiversité.

> Les arbres à conserver pour la biodiversité sont marqués à la **peinture chamois**, conformément à l'**instruction 09-T-69** sur la désignation des coupes.



Crédit : Vmar / ONF



Cette fiche technique...

- indique les **grandes catégories d'arbres** à conserver pour la biodiversité ;
- en rappelle l'**intérêt et les modalités de gestion**, conformément aux règles en vigueur à l'ONF (directives pour les forêts domaniales, orientations à proposer à l'accord du propriétaire pour les autres forêts relevant du régime forestier).

Il est couramment admis que près d'un quart des espèces animales et fongiques forestières sont dépendantes du bois mort et des micro-habitats associés, en particulier les cavités.

Les exigences varient selon les espèces, des petites branches mortes pour certains insectes xylophages (longicornes) jusqu'aux grandes cavités remplies de terreau pour d'autres insectes (cétosines).

L'observation des micro-habitats présents permet d'évaluer l'intérêt potentiel pour la biodiversité et de déterminer les arbres à conserver en priorité lors des martelages.



Comment apprécier l'intérêt d'un arbre pour la biodiversité ?

1. Rechercher chaque intérêt potentiel pour la biodiversité

Le tableau ci-dessous présente l'intérêt potentiel d'un arbre pour la biodiversité, notamment saproxylique, en fonction de son état sanitaire et de ses diverses caractéristiques :

		État sanitaire de l'arbre			
		Vivant et sain	Sénescent ou dépérissant	Mort	
Présence de micro-habitats	Bois mort (tronc ou grosses branches sèches)				
	Champignons lignivores	sans objet			
	Cavités Durables sur les arbres vivants, elles disparaissent rapidement sur les arbres morts	Cavités basses	en formation		
			mature, de grande taille		
	Certaines espèces sont spécialisées dans l'interface bois vivant – bois mort	Cavités hautes de pics	une cavité récente		
			une ou plusieurs cavités évoluées		
			Cavités "naturelles" et fentes	une cavité de petite dimension	
			plusieurs cavités ou une grosse cavité		
Autres intérêts	Nids de rapace ou d'échassiers : un arbre mort ne présente plus de structure stable pour constituer la base du nid			sans objet	
	Lierre : cette liane constitue un abri et une ressource alimentaire pour les abeilles et les oiseaux				

Intérêt potentiel pour la biodiversité, notamment pour les espèces dépendantes du bois mort	
Faible	
Certain	
Majeur pour les espèces sensibles ou rares	

2. Évaluer l'intérêt potentiel global d'un arbre pour la biodiversité

L'intérêt potentiel global de l'arbre pour la biodiversité réside dans le **cumul théorique des intérêts potentiels** liés à ses micro-habitats et habitats d'espèces, selon son état physique.

Ainsi, par exemple, un arbre mort avec des champignons lignivores et une cavité est potentiellement plus intéressant qu'un arbre mort sans micro-habitat particulier.

> 2

Méthodes et savoir-faire



Typologie des arbres à conserver pour la biodiversité

1. Arbres morts

> Arbres morts sur pied : chandelle ou arbre sur pied avec absence d'écorce ou fort décollement



Crédit : Amaboldi / ONF

Les chandelles et volis de chêne avec une exposition ensoleillée sont favorables à la colonisation par de nombreux insectes saproxyliques

Les chandelles de résineux sont le support de nombreux polypores, constituant eux-mêmes des micro-habitats pour certains coléoptères



Crédit : Fuchs / ONF

Intérêts

> Espèces saproxylophages recherchant des bois secs, variables selon l'exposition de l'arbre au soleil.

> Support pour la recherche de nourriture des pics et terrain de chasse favorable aux chiroptères.

En forêt de Rambouillet, des recherches ont montré que les Coléoptères rares étaient majoritairement associés aux grosses chandelles de chêne.

Gestion

> A l'échelle de la parcelle, conserver au minimum 1 arbre sénéscent ou mort de plus de 35 cm par hectare.

Voir instruction 09-T-71

> Marquer avec un triangle à la peinture couleur chamois.

Voir instruction 09-T-69

> Valeur bois nulle ou déjà fortement dépréciée.

> Repérage simple lors des martelages.

> Arbres morts au sol : chablis, volis ou souche



Crédit : Touraillat / ONF

Chablis de hêtre vieux de 4 ans

Hêtre décomposé par le champignon lignicole *Hericium coralloides*



Crédit : Grafhn / ONF

Intérêts

> Le bois mort au sol est plus humide que sur pied et est apprécié par :

- les champignons lignivores ;
- certaines mousses telle *Buxbaumia viridis* ;

- des insectes saproxyliques de milieu frais et ombragés tels *Rhysodes sulcatus*.

> Les souches de chêne sont l'habitat du Lucane cerf-volant (*Lucanus cervus*) et constituent également un abri pour la faune vivant au sol : Troglodyte, Salamandre...

Gestion

> Cas général : conserver les arbres isolés tombés au sol depuis plus de deux ans, dont les qualités technologiques du bois sont altérées.

> Aucun marquage nécessaire.

> 3

Méthodes et savoir-faire

Les arbres à conserver pour la biodiversité
Comment les identifier et les désigner ?

2. Arbres sénescents

> **Décollements d'écorces, descente de cime, champignons lignivores.** Jaunissement du houppier



Crédit : Micas / ONF

◀ Chêne sénescant, à descente de cime, branches mortes et caries. Habitat du Grand capricorne



Crédit : Lathullère / ONF

▶ Chêne dépérissant en bordure d'une parcelle en régénération

Intérêts

> Attrait pour les insectes xylophages primaires (bois non déstructuré).
> Support pour la recherche de nourriture des pics et terrain de chasse favorable aux chiroptères.

> Générateur de bois mort, qui permettra le développement des différents cortèges de décomposeurs.

On trouve plus de micro-habitats dans les vieux arbres sénescents que dans les jeunes arbres dépérissants.

Gestion

> **A l'échelle de la parcelle, conserver au minimum 1 arbre sénescant ou mort de plus de 35 cm, par hectare.**

Voir instruction 09-T-71

> **Sélectionner des arbres de qualité médiocre (C ou D).**

> **Marquer avec un triangle à la peinture couleur chamois.**

Voir instruction 09-T-69

> Repérage délicat hors saison de végétation.

> Valeur des bois variable.

3. Arbres à micro-habitats (vivants)

> **Arbres à cavité basse :** cavité issue de **blessures au pied** (ancien traitement en taillis, jumelle, frottis...)



Crédit : Amaboldi / ONF

▲ Cavité basse en formation sur un hêtre, issue de la coupe d'une jumelle.



Crédit : ONF

▲ Cavité basse en développement, suite à une blessure à la base du tronc et à l'action des champignons lignivores.



Crédit : Amaboldi / ONF

▲ Cavité basse évoluée sur un charme

Intérêts

> Micro-habitat peu fréquent, les cavités les plus grosses abritant une faune aujourd'hui menacée, notamment le Taupin violacé (*Limonicus violaceus*).

> Abri utilisé par les mammifères (genette, chat sauvage...), lorsque la cavité est de grande taille.

L'étude des cavités basses en forêt de Grésigne (Tarn) a montré que le traitement en futaie sur souche favorise l'obtention des grandes cavités basses propices au Taupin violacé.

Gestion

> **A l'échelle de la parcelle, conserver au minimum 2 arbres vivants pour la biodiversité (à cavités, vieux ou très gros) par hectare.**

Voir instruction 09-T-71

> **Marquer avec un rond à la peinture couleur chamois.**

Voir instruction 09-T-69

> Reconnaissance simple pour les grandes cavités ; effort à fournir

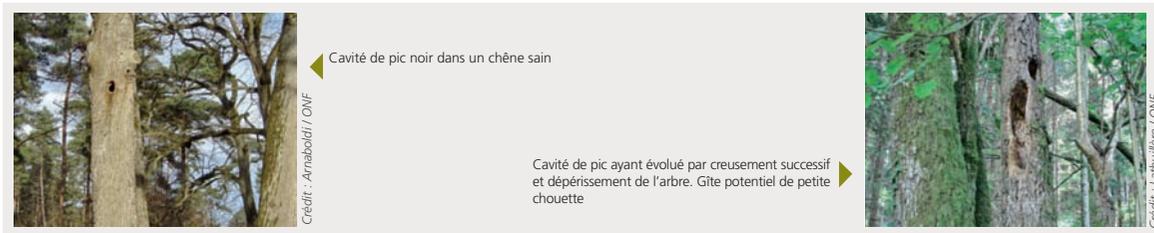
pour conserver les cavités en formation.

> Valeur partiellement dépréciée : bois nécessitant une purge dans la partie de plus gros diamètre.

> 4

Méthodes et savoir-faire

- > **Arbres à cavité haute de pic** : présence de **trous de pics** de forme ovale, de 8 x 10 cm environ, souvent à grande hauteur



Intérêts

> Les pics sont les seuls animaux à creuser des cavités, notamment pour assurer leur nidification. Celles du pic noir présentent un intérêt majeur par leur grande taille.

Une étude dans le Pays de Bitche a montré que, dans 60 % des cas, les pics réutilisent des trous existants. Si on supprime ces arbres, ils en creusent de nouveaux.

> D'autres animaux profitent ensuite de ces cavités : oiseaux (petites chouettes, pigeons colombins, sittelles...), chiroptères, divers mammifères (loir) et insectes lorsque la cavité vieillit.

Gestion

> **A l'échelle de la parcelle, conserver au minimum 2 arbres vivants pour la biodiversité (à cavités, vieux ou très gros) par hectare.**

Voir instruction 09-T-71

> **Sélectionner des arbres de qualité médiocre (C ou D).**

> **Marquer avec un rond à la peinture couleur chamois.**

Voir instruction 09-T-69

> Repérage plus ou moins facile (regarder l'arbre de plusieurs côtés).

> Valeur des bois peu dépréciée.

- > **Arbres à cavité haute « naturelle » et à fentes : cavité haute** due à une chute de branche entraînant pourriture, foudroiement, dégâts d'abattage, fentes provoquées par le vent



Intérêts

> Nidification du Gobemouche à collier.
> Gîte à chiroptères : les fentes, y compris sur des arbres de diamètres modérés constituent le gîte principal de nombreuses chauves-souris forestières.

> La présence de terreau de bois décomposé permet le développement de nombreux insectes rares, tels le Pique-prune (*Osmoderma eremita*).

> Certains insectes rares sont spécialisés dans le contact entre le bois vivant et le bois mort dans la cavité, tel *Necydalis ulmi*.

Gestion

> **A l'échelle de la parcelle, conserver au minimum 2 arbres vivants pour la biodiversité (à cavités, vieux ou très gros) par hectare.**

Voir instruction 09-T-71

> **Marquer avec un rond à la peinture couleur chamois.**

Voir instruction 09-T-69

> Reconnaissance simple, lorsque la cavité est de grande dimension et pas trop haute.

> Dépréciation du bois souvent plus forte que pour les cavités de pics.

> 5

Méthodes et savoir-faire

Les arbres à conserver pour la biodiversité
Comment les identifier et les désigner ?

4. Autres arbres vivants

> Arbres structurants pour la biodiversité : gros ou vieux arbres



Grand chêne présentant de nombreuses branches mortes et petites cavités

Credit : Lathuilière / ONF

Arbre remarquable, repéré à titre paysager. Son maintien en forêt jusqu'à effondrement permettra la genèse de nombreux micro-habitats



Credit : ONF

Intérêts

> Outre leur rôle paysager, ils servent d'abri actuel et futur pour les espèces liées aux vieux bois.

> Large houppier servant de perchoir pour les rapaces.

Ces arbres possèdent en général des micro-habitats (cavités, branches charpentières mortes).

> Présence de lichens et mousses sur le tronc.

Gestion

> **A l'échelle de la parcelle, conserver au minimum 2 arbres vivants pour la biodiversité**

(à cavités, vieux ou très gros) par hectare.

Voir instruction 09-T-71

> **Marquer avec un rond à la peinture couleur chamois.**

Voir instruction 09-T-69

> **Arbres à gros nid** : arbres à **houppier souvent développé, gros nids** très visibles hors saison de végétation



Credit : Saver / ONF

▲ Les gros nids, tels ceux de Cigogne noire ci-dessus, sont très visibles en hiver.



Credit : Perthuis / ONF

▲ Nid de Balbuzard pêcheur



Credit : Perthuis / ONF

▲ Nid de Balbuzard : les nids sont moins facilement repérables en saison de végétation et sur les résineux.

Intérêts

> Certaines espèces construisent ces gros nids pour y nidifier : Balbuzard pêcheur, Autour des palombes, Cigogne noire...

> D'autres en construisent un nouveau chaque année : Épervier.

Certains insectes, tels les *Trox*, sont inféodés à la matière organique se trouvant dans ces gros nids.

> La plupart réutilisent leurs nids d'une année sur l'autre : Autour des palombes, Milans.

Gestion

> **Vérifier l'utilisation du nid et identifier l'espèce qui l'occupe** (par réseau avifaune ONF ou partenaires associatifs).

tion pendant la nidification et prévoir des prescriptions particulières.

> **Réaliser la coupe hors période sensible** (15 mars – 15 août ; à adapter selon l'espèce).

> **Selon les espèces, mettre en place un périmètre de protec-**

> Éviter de marteler l'arbre et ses voisins dans un rayon égal à la hauteur du peuplement.

Les gros nids n'ont aucun effet sur la valeur du bois.

Principes généraux de désignation

Comment les répartir dans l'espace ?

> À l'échelle du massif

Les habitats et leur intérêt pour la biodiversité varient selon l'exposition (ombre / soleil), la structure du peuplement avoisinant, l'essence et le diamètre de l'arbre.

Il n'y a pas un type d'arbre idéal convenant à l'ensemble des espèces, mais plusieurs types complémentaires, correspondant aux préférences écologiques des différentes espèces.

Le forestier doit donc rechercher **une combinaison de tous les types de micro-habitats à l'échelle du massif**. Il lui faut conserver **suffisamment d'arbres relais** pour que la disparition d'habitats favorables à un endroit donné ne menace pas la dynamique des espèces présentes.



Arbre sec dispersé dans un vieux peuplement

> À l'échelle de la parcelle

Pour assurer le rôle de relais évoqué ci-dessus, la conservation pour la biodiversité de **3 arbres par hectare** (1 arbre mort ou sénescant, 2 arbres à cavité ou gros ou vieux, structurants pour la biodiversité) doit se faire de façon volontaire et raisonnée, **à l'échelle de la parcelle**, lorsqu'ils existent.

- En futaie irrégulière, ces arbres peuvent être relativement disséminés.
- En futaie régulière, il est conseillé de chercher des bouquets d'arbres favorables, pour faciliter la gestion au stade régénération et assurer une meilleure durabilité de l'habitat.

A quel stade les désigner ?

Ces arbres favorables à la biodiversité ont vocation à subsister jusqu'à effondrement, y compris lors de la coupe définitive en futaie régulière. Voir instruction 09-T-71

Leur choix doit donc concilier production et protection ; ils doivent être **sélectionnés parmi ceux ayant une moindre valeur économique**. Leur désignation, gage de pérennité, doit s'effectuer **si possible au milieu ou en fin de phase d'amélioration. Plus le peuplement est de qualité, plus la désignation doit être réalisée tôt**, pour éviter des sacrifices économiques ultérieurs.

Quels sont les risques encourus ?

La responsabilité du forestier peut être mise en cause en cas de chute de branche entraînant des blessures. Pour limiter ce risque, il faut :

- **choisir ces arbres à une distance raisonnable de toute zone fréquentée par le public**

(aires de pique-nique, chemin de randonnée...) : la distance minimale correspond à la hauteur dominante du peuplement ;

- **ne pas inciter le public à en approcher.**

Les risques phytosanitaires sont en général très réduits. Il faut malgré tout **être vigilant dans les peuplements résineux soumis aux attaques fréquentes de scolytes**. Même dans ce cas, on peut :

- conserver les arbres morts depuis plus de deux ans (plus aucune dispersion n'est possible et ils constituent des réservoirs utiles de prédateurs) ;
- privilégier la désignation des arbres feuillus présents dans le peuplement.

Lien avec la réglementation

Il n'existe aucune réglementation précise relative au maintien d'arbres pour la biodiversité. Cependant, de nombreuses espèces protégées sont associées aux arbres à cavités et au bois mort et la destruction volontaire de l'habitat de ces espèces est interdite, dans le cas où elle remet en cause la bonne réalisation de leurs cycles biologiques (art. L411-1 du code de l'environnement et arrêtés de protection des espèces).

Le gestionnaire forestier doit donc **veiller au maintien des arbres favorables aux espèces protégées** à l'échelle de la forêt.



Le *Rhyssodes sulcatus*, est une espèce d'intérêt communautaire associée aux gros résineux morts au sol

Plus d'informations

Sources externes

- > BRANQUART E., LIEGEOIS S.
Normes de gestion pour favoriser la biodiversité dans les bois soumis au régime forestier.
[Ministère de la Région Wallonne, 2005](#)
<http://environnement.wallonie.be/publi/dnf/normes.pdf>
- > DODELIN B. 2010. Bois et forêts à arbres vieux ou morts.
[Les cahiers techniques. Région Rhône-Alpes, 2010](#)
<http://sitecren.cenrhonealpes.org/images/stories/documents/CTpdf/cahiertechnique/CTboismort.pdf>
- > VALLAURI D., ANDRE J., DODELIN B., EYNARD-MACHET R. et RAMBAUD D.
Bois morts et à cavité. Une clé pour des forêts vivantes. Actes du colloque de Chambéry 2004.
[Lavoisier, éditions TEC & DOC, 2005](#)
- > GOSSELIN M., LAROISSINIE O.
Biodiversité et gestion forestière. Connaître pour préserver. Synthèse bibliographique.
[Cemagref et GIP-Ecofor, Etudes, Gestion des territoires, 2004](#)

Sources internes

- > Directives Régionales d'Aménagement (DRA) et Schémas Régionaux d'Aménagement (SRA)
- > Instruction 09-T-71 : Conservation de la biodiversité dans les forêts publiques
- > Instruction 09-T-69 : Modalités de désignation des coupes et contrôle de l'exploitation
- > Instruction 10-P-3 : Politique environnementale de l'ONF
- > Guide 9200-08-GUI-SAM-004 : Prescriptions environnementales
- > Note de service 07-G-1443 : Diffusion des arrêtés de protection des espèces de faune et de leur habitat.
- > Note de service 09-T-310 : Îlots de vieux bois
- > Dossier thématique : Le bois mort en forêt
[Rendez-vous techniques n° 25-26](#)
- > Dossier pratique : Biodiversité et gestion forestière
[Rendez-vous techniques n° 16](#)
- > Guide technique : Arbres morts, arbres à cavité. Pourquoi ? Comment ?
[ONF, DR Alsace, 1998](#)
- > BRUSTEL H.
Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises.
[ONF, Dossiers forestiers n° 13, 2004](#)
- > Intraforêt n° eae7 comportant de la documentation et des liens vers les documents de référence.
- > Intraforêt n° f6c0 concernant la présentation des réseaux naturalistes

Contact

Julien TOUROULT
julien.touroult@onf.fr

Laurent TILLON
laurent.tillon@onf.fr

Réseaux naturalistes de l'ONF :

- > Entomologie
- > Ornithologie
- > Mammifères
- > Mycologie

Cette fiche est éditée grâce au FEDD, conformément au plan d'action de la politique environnementale (SPE : action H10).

Direction de la publication

ONF – DEDD/DTCB/DGCOM

Rédaction

Jean-Michel MOUREY
Julien TOUROULT

Automne 2010



Direction Générale
2, avenue de Saint-Mandé
75570 Paris Cedex 12
Tél. 01 40 19 58 00
www.onf.fr

Certifié ISO 9001 et ISO 14001

à suivre

Prochain dossier :

Téledétection appliquée à la gestion des forêts et milieux naturels

Ce dossier apportera un ensemble de connaissances de base sur la télédétection et ses applications forestières : intérêts, limites -voire « fausses pistes »- et perspectives à moyen terme. Il ne visera pas à faire un état de l'art exhaustif, mais une présentation globale, illustrée par des exemples concrets d'applications dans des thématiques importantes pour l'ONF.

Retrouvez *RenDez-Vous techniques* en ligne

Sur intraforêt : pour les personnels ONF, tous les articles sont accessibles au format pdf dans le portail de la direction technique et commerciale bois (Recherche et développement / La documentation technique) ; pour un article particulier, utiliser le moteur de recherche de la base documentaire.

Sur internet : <http://www.onf.fr/>(rubrique Lire, voir, écouter / Publications ONF / Périodiques)

La revue ***RenDez-Vous techniques*** est destinée au personnel technique de l'ONF, quoique ouverte à d'autres lecteurs (étudiants, établissements de recherche forestière, etc.). Revue R&D et de progrès technique, elle vise à étoffer la culture technique au-delà des outils ordinaires que sont les guides et autres instructions de gestion. Son esprit est celui de la gestion durable et multifonctionnelle qui, face aux défis des changements globaux, a abouti à l'accord conclu en 2007 avec *France nature environnement* : « Produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité ». Son contenu : état de l'art et résultats de la recherche dans les domaines de R&D prioritaires, mais aussi porté à connaissance de méthodes et savoir-faire, émergents ou éprouvés, clairement situés vis-à-vis des enjeux de l'établissement ; le progrès technique concerne toutes les activités de l'ONF en milieu naturel et forestier, en relation avec le cadre juridique.

Sous l'autorité du directeur de publication assisté d'un comité directeur *ad hoc*, la rédaction commande des articles, suscite des projets, collecte les propositions, organise la sélection des textes et assure la relation avec les auteurs. N.B. : certaines propositions, parfaitement légitimes en soi, ne se justifient pas forcément dans *RDV techniques* et méritent d'être orientées vers d'autres revues forestières. Enfin le comité éditorial, siégeant une fois par an, est informé de cette activité et émet ses avis, critiques ou suggestions.

Si vous désirez nous soumettre des articles

prenez contact avec :

ONF - Département recherche

Christine Micheneau

Tél. : 01 60 74 92 25

Courriel : rdvt@onf.fr

