

DIX FACTEURS CLÉS POUR LA DIVERSITÉ DES ESPÈCES EN FORÊT

**Comprendre l'Indice de Biodiversité
Potentielle (IBP)**

C. Emberger
L. Larrieu
P. Gonin



DOCUMENT TECHNIQUE

AIDE À LA LECTURE



Tout au long de cette brochure, des pictogrammes sont utilisés pour représenter des groupes d'espèces. Pour connaître leur signification, reportez-vous au verso des deux rabats.

Attention :

- le pictogramme représente un ensemble d'espèces pouvant avoir des formes plus ou moins proches ! Par exemple, le coléoptère  symbolise le groupe des insectes. Il peut donc représenter tout autant les coléoptères que les papillons, les punaises, les fourmis...
- l'utilisation d'un pictogramme dans les graphiques signifie que des espèces du groupe sont concernées, mais rarement la totalité des espèces de ce groupe.

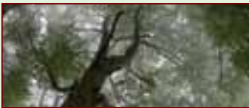


Quelques notions de vocabulaire sont préalables à la compréhension du texte. Les termes de :

- groupe taxonomique,
 - espèce forestière,
 - espèce saproxylique,
 - champignon mycorhizien,
 - richesse spécifique,
 - cortège et assemblage,
 - cycle sylvigénétique
- ont été définis à la page 5.

LA DIVERSITÉ DES ESPÈCES FORESTIÈRES EN UN CLIN D'ŒIL : QUI SONT CES HABITANTS DES FORÊTS ?						
Groupes taxomiques ⁽¹⁾ (nombre d'espèces forestières par groupe)		Quelques exemples d'espèces pour les principaux groupes du règne animal présents en forêt de France métropolitaine				
ANIMAUX	MAMMIFÈRES CHAUVES-SOURIS 20 espèces 	Barbastelle d'Europe  © L. A.	Murin de Beichtein  © L. A.	Noctule commune  © L. A.	Noctule de Leisler  © L. A.	Oreillard commun  © L. A.
	RONGEURS 10 espèces 	Campagnol roussâtre  © M.-P. V.	Écureuil roux  © M. B.	Loir gris  © C. B.	Castor d'Eurasie  © L. P.	Muscardin  © R. DUT.
	CARNIVORES 8 espèces 	Martre des pins  © K. D.	Lynx d'Europe  © ONCFS	Chat forestier  © L. L.	Loutre d'Europe  © C. P.	Genette d'Europe  © L. G.
	AUTRES MAMMIFÈRES musaraignes ongulés lapins / lièvres 7 espèces 3 espèces 2 espèces	Musaraigne  © K. C.	Cerf élaphe  © C. S. /MRA	Sanglier  © E. M.	Isard  © M. B.	Lièvre d'Europe  © M. B.
	OISEAUX 73 espèces 	Mésange charbonnière  © M. B.	Pic noir  © P. G.	Grand tétras  © H. S.	Troglodyte mignon  © M. M. /IDF	Rouge-gorge familier  © M. B.
	AMPHIBIENS 9 espèces 	Sonneur à ventre jaune  © L. L.	Grenouille rousse  © P. G.	Crapaud commun  © S. G. /CRPP CA	Salamandre tachetée  © L. L.	Triton alpestre  © C. J.
	REPTILES 7 espèces 	Couleuvre à collier  © S. G. /CRPP CA	Couleuvre d'Esculape  © J.-L. S.	Tortue de Hermann  © M. B.	Lézard des souches  © F. B.	Lézard vivipare  © M. S.
	ARTHROPODES INSECTES ~10 000 espèces 	Coléoptère/ Pique-prune  © L. V.	Hyménoptère/ Sirex géant  © N. G.	Hyménoptère/ Fourmi rousse  © M. B.	Lépidoptère/ Sylvain azuré  © B. D.	Diptère/ Éristale des fleurs  © J.-P. S.
	ARACHNIDES 	Araignée/ Tegenaria inermis  © S. D.	Araignée/ Pisaura mirabilis  © L. L.	Opillon  © E. J.	Pseudoscorpion  © J.-P. B.	Acarien/ Tique  © L. L.
	AUTRES ARTHROPODES 	Myriapode/ lule  © P. D.	Myriapode/ Polydesme  © S. G. /CRPP CA	Crustacé/ Cloporte  © L. L.	Hexapode/ Diploure  © P. OR	Hexapode/ Collembole  © J.-P. B.
VERS 	Ver de terre commun  © H. H.	Aporrectodea caliginosa  © H. H.	Lumbricus castaneus  © H. H.	Octolasion cyaneum  © H. H.	Lumbricus rubellus  © J. K. L.	
MOLLUSQUES 	Limace rouge  © L. L.	Clausilia dubia  © J. O.	Escargot des bois  © L. L.	Limace léopard  © B. F.	Soucoupe commune  © J. B.	

(1) Ces groupes correspondent à des niveaux taxonomiques variables. Nombre d'espèces forestières : comprend à la fois les espèces strictement forestières et les espèces au comportement mixte, présentes de façon équilibrée en milieu forestier et dans les milieux ouverts. Valeur encadrée par un trait plein : issue de MAAPRAT-IFN, 2011 / un trait pointillé : estimation à dire d'expert.

LA DIVERSITÉ DES ESPÈCES FORESTIÈRES EN UN CLIN D'ŒIL : QUI SONT CES HABITANTS DES FORÊTS ?									
Quelques exemples d'espèces pour les principaux groupes des règnes végétal et fongique présents en forêt de France métropolitaine							Groupes taxomiques ⁽¹⁾ (nombre d'espèces forestières par groupe)		
<i>Fomitopsis pinicola</i>  © L.L.	<i>Oudemansiella mucida</i>  © L.L.	<i>Amadouvier - Fomes fomentarius</i>  © L.L.	<i>Pluteus aurantiorugosus</i>  © L.L.	<i>Hericium flagellum</i>  © L.L.	 CHAMPIGNONS SAPROXYLIQUES ~ 5 000 espèces CHAMPIGNONS SAPROTROPHES de litière, humus... milliers d'espèces CHAMPIGNONS PARASITES (sur organismes vivants) ~ 15 000 espèces centaines d'espèces CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS milliers d'espèces LICHENS	CHAMPIGNONS ET LICHENS			
<i>Lepista nebularis</i>  © G.C.	<i>Stopharia aeruginosa</i>  © G.C.	<i>Lepista nuda</i>  © G.C.	<i>Cystoderma amianthinum</i>  © G.C.	<i>Marasmius bulliardii</i>  © G.C.					
<i>Collybia fusipes</i>  © G.C.	<i>Armillaria ostoyae</i>  © G.C.	<i>Tremella aurantia</i>  © G.C.	<i>Dumontinia tuberosa</i>  © G.C.	<i>Cordiceps militaris</i>  © G.C.					
<i>Cortinarius violaceus</i>  © G.C.	<i>Tuber aestivum</i>  © G.C.	<i>Ramaria neoformosa</i>  © G.C.	<i>Lactarius torminosus</i>  © G.C.	<i>Boletus pinophilus</i>  © J.G.					
follicole / <i>Byssoloma subdiscordans</i>  © V.D.	muscicole / <i>Peltigera elisabethae</i>  © V.D.	lignicole / <i>Sclerophora peronella</i>  © C.B.	corticole crustacé  © V.D.	corticole foliacé / <i>Lobaria pulmonaria</i>  © M.B.					
<i>Primevère élevée</i>  © M.B.	<i>Ail des ours</i>  © M.B.	<i>Ronce</i>  © M.B.	<i>Brize</i>  © M.B.	<i>Anémone des bois</i>  © M.B.	 PLANTES HERBACÉES FOUGÈRES ARBUSTES 938 espèces ARBRES LIANES MOUSSES	VÉGÉTAUX			
<i>Cystoptéris des montagnes</i>  © L.L.	<i>Polystic de Braun</i>  © L.L.	<i>Blechnum en épi</i>  © M.B.	<i>Osmonde royale</i>  © L.L.	<i>Fougère aigle</i>  © M.B.					
<i>Cornouiller sanguin</i>  © M.B.	<i>Aubépine monogyne</i>  © CRPF PACA	<i>Houx</i>  © L.L.	<i>Noisetier</i>  © M.B.	<i>Buis</i>  © M.B.					
<i>Sapin pectiné</i>  © M.B.	<i>Mélèze d'Europe</i>  © M.M./IDF	<i>Pin à crochets</i>  © M.B.	<i>Chêne pédonculé</i>  © M.B.	<i>Hêtre commun</i>  © O.M.					
<i>Chèvrefeuille des bois</i>  © S.G./CRPF CA	<i>Tamier commun</i>  © S.G./CRPF CA	<i>Clématite</i>  © M.B.	<i>Salsepareille</i>  © CRPF PACA	<i>Lierre</i>  © M.M./IDF					
<i>Thuidium tamariscinum</i>  © P.H.	<i>Paraleucobryum longifolium</i>  © P.H.	<i>Isothecium alopecuroides</i>  © P.H.	<i>Plagiothecium unudulatum</i>  © P.H.	<i>Buxbaumia viridis</i>  © J.C.					

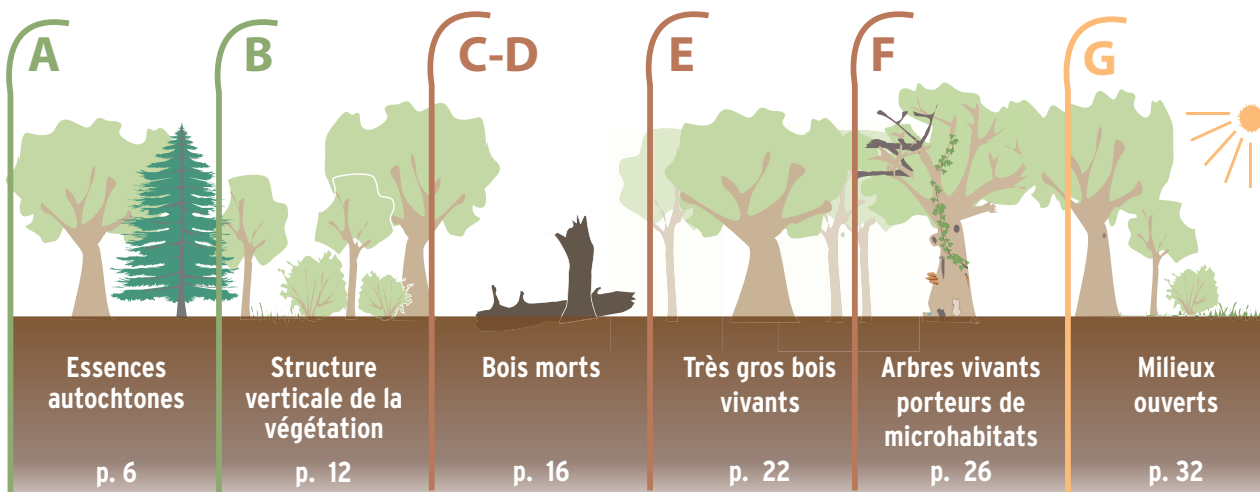
(1) Ces groupes correspondent à des niveaux taxomiques variables. Nombre d'espèces forestières : comprend à la fois les espèces strictement forestières et les espèces au comportement mixte, présentes de façon équilibrée en milieu forestier et dans les milieux ouverts. Valeur encadrée par un trait plein : issue de MAAPRAT-IFN, 2011 / un trait pointillé : estimation à dire d'expert.

sommaire

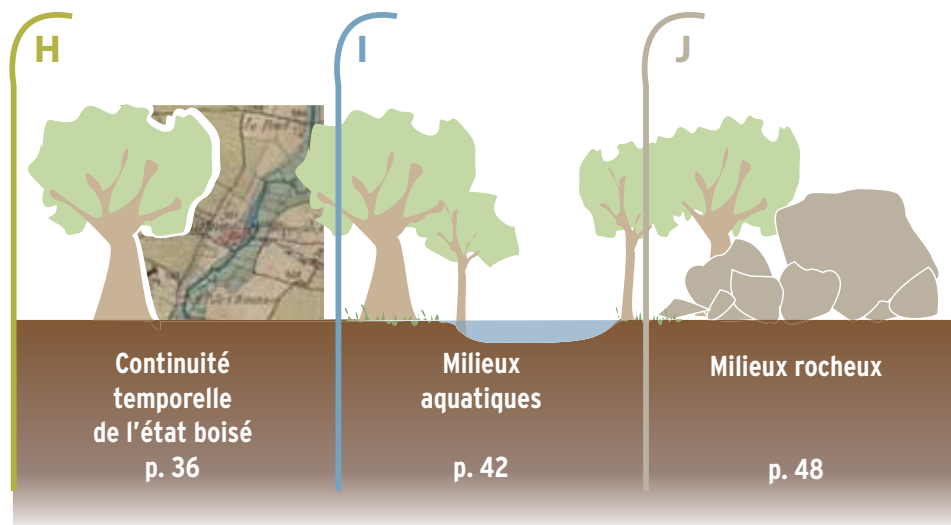
Appréhender la diversité des espèces : une étape importante vers la gestion durable des forêts.....	2
Quelques notions de vocabulaire	5
Les facteurs de l'IBP : relations avec la biodiversité et préconisations de gestion.....	6 à 53
Retenons l'essentiel !	54
Pour aller plus loin	55

LES 10 FACTEURS DE L'IBP

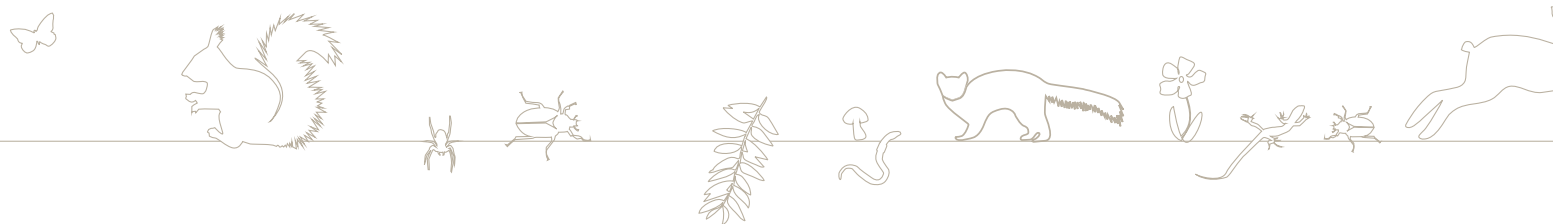
7 facteurs liés au peuplement et à la gestion forestière



3 facteurs essentiellement liés au contexte



Appréhender la diversité des espèces : une étape importante vers la gestion durable des forêts



Qu'est-ce que la biodiversité forestière ?

Si les arbres dominent les paysages forestiers, on a parfois tendance à oublier qu'ils n'en sont pas les seuls acteurs. Derrière ces protagonistes remarquables, de nombreux autres organismes vivants entrent en scène plus discrètement, mais avec des rôles non moins importants. En effet, **la forêt est un écosystème complexe, régi par des interactions entre de nombreux organismes**. Les forêts sont les types d'habitats qui hébergent le plus grand nombre d'espèces vivantes (plusieurs milliers d'espèces dans une même forêt). Végétaux, animaux, champignons et organismes unicellulaires agissent ensemble pour former et faire fonctionner cet écosystème (Fig. 1, p. 4).

La diversité des espèces constitue une forme de « **biodiversité** ». Ce terme englobe en effet plus largement la **diversité du monde vivant, sous toutes ses formes** : diversité des espèces (diversité taxonomique), diversité au sein d'une espèce à l'échelle d'une ou plusieurs populations (diversité génétique), diversité des écosystèmes. On y intègre également la diversité fonctionnelle, en considérant la variété des fonctions assurées par les différents groupes d'espèces au sein de l'écosystème.

10 facteurs clés pour la diversité taxonomique en forêt, réunis au sein d'un outil d'aide à la gestion : l'IBP

La complexité des interactions biologiques en forêt rend difficile l'appréhension de l'ensemble des dynamiques influant sur la biodiversité. De nombreux scientifiques travaillent à la compréhension des relations qui lient la richesse en espèces d'une forêt aux caractéristiques des

peuplements et des milieux associés (notamment ouverts, rocheux, aquatiques). **Plusieurs facteurs jouant un rôle clé vis-à-vis de la biodiversité forestière ont ainsi pu être identifiés**. L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) agrège dix de ces facteurs, dans le but :

- d'évaluer la capacité d'accueil en espèces (animales, végétales, de champignons) d'un peuplement forestier sans préjuger de la biodiversité réellement présente ;
- de diagnostiquer les éléments déjà favorables à la biodiversité ou améliorables par la gestion.

Le diagnostic IBP consiste ainsi à apprécier :

- la diversité des essences autochtones (A) ;
- la structure verticale de la végétation (B) ;
- la densité de gros bois morts sur pied et au sol (C et D) ;
- la densité de très gros bois vivants (E) ;
- la densité d'arbres vivants porteurs de microhabitats (F) ;
- la présence de milieux ouverts (G) ;
- la continuité temporelle de l'état boisé (H) ;
- la diversité des milieux aquatiques (I) ;
- la diversité des milieux rocheux (J).

Les sept premiers facteurs sont directement dépendants du peuplement forestier et de sa gestion, les trois derniers sont plutôt liés au contexte. Pour chaque facteur, une valeur de 0, 2 ou 5 est donnée en comparant les observations de terrain avec une échelle de seuils, traduisant respectivement une situation peu favorable (et non un niveau nul), moyennement favorable ou assez favorable pour la biodiversité.

JE PEUX UTILISER L'IBP POUR

ÉVALUER UN NIVEAU DE BIODIVERSITÉ :

- **taxonomique** ;
- **potentielle** : la capacité d'accueil liée à la structure, la composition et l'ancienneté de ma forêt ;
- **forestière** : les espèces strictement forestières ou fréquemment observées en milieu forestier ;
- **ordinaire** : la diversité de l'ensemble des espèces d'une forêt, indépendamment de leur valeur patrimoniale ;
- **à l'échelle du peuplement forestier** : pour un diagnostic IBP dans une propriété forestière composée de peuplements différents, il est nécessaire de calculer un IBP pour chaque peuplement.

ÉTABLIR UN DIAGNOSTIC lors des descriptions de parcelles pour l'élaboration de documents de gestion, de visites préalables au marquage des coupes... **afin d'orienter le gestionnaire dans ses choix**, s'il souhaite agir sur le niveau de biodiversité de son peuplement.

JE NE PEUX PAS UTILISER L'IBP POUR

ÉVALUER UN NIVEAU DE BIODIVERSITÉ :

- **génétique et écosystémique** ;
- **réelle** : actuellement présente dans ma forêt. Ceci nécessite des inventaires complexes, non réalisables en routine ou par des non-spécialistes ;
- **« exhaustive »** : l'ensemble des espèces de tous les types de milieux, forestiers ou non ;
- **remarquable** : selon des critères prédéfinis (ex : espèces ciblées par le réseau Natura 2000 ou les inventaires des ZNIEFF) ;
- **à l'échelle d'un massif forestier** : composé de peuplements divers. Des dynamiques complexes agissent à cette échelle spatiale et l'IBP ne permet pas de les prendre en compte.

ÉVALUER UN DEGRÉ DE NATURALITÉ qui intègre certains facteurs non pris en compte par l'IBP, en particulier ceux relatifs à l'intervention humaine.

MESURER L'ÉTAT DE CONSERVATION des habitats naturels forestiers qui nécessite un diagnostic plus global et implique la comparaison à un état de référence.

L'IBP est un outil d'aide à la décision qui ne constitue ni une norme, ni une note de la qualité de la gestion. Bien que des préconisations en faveur de la biodiversité taxonomique puissent être déduites du diagnostic IBP, il revient au gestionnaire d'arbitrer entre les différents éléments à considérer en fonction de ses objectifs : durabilité de la gestion, contraintes liées à l'exploitation, sécurité pour l'accueil du public, protection contre certains risques naturels, etc.

La gestion durable d'une forêt passe par le maintien de la biodiversité forestière

La plupart des forêts laissées à leur dynamique naturelle évoluent selon des cycles de près d'un demi-millénaire (cycles sylvigénétiques). Le sylviculteur, à l'échelle d'une vie humaine, ne peut pas observer les conséquences de ses actions à long terme, qui peuvent pourtant engendrer des modifications du fonctionnement de l'écosystème sur une très longue durée, voire irréversibles à des pas de temps historiques. Il est donc nécessaire, dans une optique de gestion durable, de garder à l'esprit les éléments et les dynamiques qui conditionnent le maintien de la forêt à long terme et de les prendre en compte lors des interventions sylvicoles.

La présence d'une grande diversité d'espèces dans une forêt est une des conditions nécessaires à son bon fonctionnement. À ce titre, le maintien de la biodiversité forestière est l'un des six critères de la « gestion forestière durable », définie au niveau européen lors de la conférence d'Helsinki en 1993.

Ainsi, outre les enjeux paysagers, éthiques et sociaux liés au maintien de la biodiversité, le sylviculteur y trouvera un certain nombre d'intérêts économiques, en particulier :

- un maintien de la fertilité des sols, donc de la productivité et du volume de bois récolté ;
- une régénération naturelle spontanée, réduisant les coûts liés à l'achat de plants et aux travaux de plantations ;
- des capacités de résistance et de résilience du peuplement face à des perturbations (tempêtes, incendies, attaques de « ravageurs » ou pathogènes) qui limiteront les éventuelles dépenses occasionnées par une restauration ;
- une forme d'assurance face à la variation du cours du prix des bois, lorsque les essences ligneuses sont diversifiées.

Ces bénéfices sont difficiles à chiffrer. Ils varient d'un peuplement à l'autre, selon la station, la structure, la composition et la sylviculture pratiquée. Toutefois, on peut retenir que la présence d'une diversité d'espèces permet au sylviculteur d'éviter des surcoûts liés aux dysfonctionnements de l'écosystème forestier.

Ce document se propose de présenter l'influence de chacun des dix facteurs de l'IBP sur la biodiversité forestière, afin de répondre aux questions suivantes :

- **En quoi ce facteur conditionne-t-il la présence d'une diversité d'espèces dans le peuplement forestier ?**
- **Pourquoi et comment en tenir compte dans la gestion courante ?**

FIG. 1 - LA FORÊT, UN SYSTÈME RÉGI PAR DES INTERACTIONS ENTRE DE NOMBREUSES ESPÈCES



QUELQUES EXEMPLES D'INTERACTIONS BIOLOGIQUES ESSENTIELLES AUX ARBRES, INTERVENANT AU NIVEAU DE

LA RÉGÉNÉRATION

1 a

Pollinisation des fleurs

Les arbres ont des fleurs, bien que parfois discrètes, qui leur permettent d'assurer une reproduction sexuée. L'ovule y est fécondé par le pollen issu de l'organe mâle. Pour un certain nombre d'arbres (fruitiers, Châtaignier, Érables...) le pollen est disséminé par des insectes, essentiellement des mouches de la famille des Syrphidae, des Abeilles, Guêpes et Bourdons, des papillons ou encore des coléoptères.

1 b

Dispersion des graines

Les fruits et les graines sont consommés par de nombreux animaux. À travers leurs déplacements, les mammifères, oiseaux et insectes (en particulier les fourmis) les éloignent de l'arbre parent. Les graines, consommées seulement en partie ou retrouvées dans les excréments, pourront germer plus loin, augmentant la capacité de dispersion des arbres concernés.

1 c

Préparation de substrat propice à la régénération de certaines espèces

Un certain nombre d'insectes et de champignons contribuent à la décomposition du bois mort. Le bois mort altéré constitue un substrat privilégié, dans certaines conditions, pour la germination des graines de plusieurs essences, telles que l'Épicéa commun ou le Sorbier des oiseaux.

LA CROISSANCE ET LA PRODUCTIVITÉ

2 a

Maintien de la fertilité du sol par la décomposition de la matière organique morte

De nombreux organismes participent à la restitution des nutriments dans le sol en recyclant la matière organique morte. Le groupe des saproxyliques (champignons, insectes...) décomposent le bois mort alors que d'autres organismes (acariens, collembolles, vers de terre, champignons...) se chargent des feuilles.

2 b

Redistribution des nutriments et du carbone

Le déplacement des organismes cités ci-dessus permet de disperser la matière organique recyclée dans le peuplement. Un réseau souterrain de champignons mycorhiziens (associés aux racines des végétaux) permet également une redistribution du carbone de certains végétaux qui en ont le plus vers ceux qui en manquent.

2 c

Les mycorhizes : association plante-champignon pour une nutrition plus efficace

Les filaments des champignons mycorhiziens sont beaucoup plus fins que les racines des arbres. En s'associant aux végétaux, les champignons leur permettent d'aller chercher de l'eau et des nutriments dans de très petits pores du sol, augmentant de beaucoup le volume exploré par les racines.

LA PROTECTION FACE À DES « AGRESSIONS EXTÉRIEURES »

3 a

Régulation d'espèces à fortes dynamiques de population (pullulations)

Les prédateurs et parasites naturels d'insectes « ravageurs » contribuent à réguler les dynamiques de populations d'insectes qui pullulent cycliquement, pouvant provoquer ponctuellement des dégâts considérables sur les arbres.

3 b

Protection contre des pathogènes racinaires

Les filaments des champignons mycorhiziens s'agglomèrent autour de la racine, formant un véritable manteau. Le champignon joue le rôle d'une barrière mécanique et physiologique, limitant l'accès aux racines et capable de dégrader des substances produites par les pathogènes pour attaquer les tissus racinaires.

3 c

Capacités de résistance et de résilience face à des perturbations

L'ensemble de la biodiversité participe à garantir une partie de la robustesse (capacité de résistance) et de la résilience (capacité de cicatrisation et de reconstitution) des écosystèmes forestiers suite à une perturbation, telle qu'une tempête ou un incendie.

QUELQUES NOTIONS DE VOCABULAIRE... préalables à la compréhension du texte

REGROUPONS LES ESPÈCES

Selon des critères biologiques :
les **GROUPE**S TAXONOMIQUES

Chaque espèce peut se positionner au sein d'un arbre taxonomique se divisant en un grand nombre de ramifications : règne, embranchement, classe, famille... jusqu'à l'espèce.

L'Écureuil roux (*Sciurus vulgaris*), par exemple, appartient au genre *Sciurus*, de la famille des Sciuridae, au sein de l'ordre des rongeurs, classe des mammifères, sous-embranchement des vertébrés, embranchement des chordés du règne animal.

Les espèces regroupées au sein de ces groupes taxonomiques partagent des caractéristiques communes, des plus subtiles aux plus générales. Plus on remonte dans la classification, plus la diversité écologique et morphologique peut être importante au sein d'un même groupe.

Dans ce document, le terme de « groupe » ou de « groupe taxonomique » fait référence à un groupe d'espèces, quel que soit son niveau dans l'arbre hiérarchique : il peut s'agir d'une famille, d'un ordre, d'un embranchement, etc. Lorsque ce terme est utilisé sans précision particulière, on se place par défaut au niveau des groupes définis sur les rabats intérieurs de la couverture.

Selon leur milieu de vie :

les **ESPÈCES FORESTIÈRES**, de milieux ouverts, de landes...

Le terme d'espèce forestière caractérise ici les espèces que l'on observe préférentiellement en forêt, car dépendantes d'éléments retrouvés plutôt dans cet habitat (litière, arbre...). Certaines d'entre elles peuvent, néanmoins, être présentes également dans d'autres types de milieux.

Selon des critères fonctionnels :

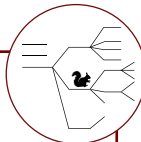
Deux groupes un peu particuliers !

Les organismes **SAPROXYLIQUES** (de *sapro* : pourri, en décomposition et *xylon* : bois)

On parle d'espèces saproxyliques pour désigner les organismes qui dépendent, à un moment de leur cycle de vie, (i) du bois en décomposition sur des arbres vivants, dépérissants ou morts ou (ii) des autres organismes saproxyliques. Vous en saurez davantage à la lecture des chapitres « Bois morts » et « Microhabitats ». On parle de saproxylation pour désigner le processus de décomposition du bois mort. Ce processus est couramment divisé en cinq phases sur une échelle de saproxylation, illustrée sur le rabat de droite.

Les champignons **MYCORHIZIENS**

Ils s'associent aux racines des végétaux avec lesquels ils forment des symbioses (associations permettant des échanges mutuels). En condition naturelle, il n'existe pas d'arbre sans mycorhizes !



DÉCRIVONS LA BIODIVERSITÉ TAXONOMIQUE

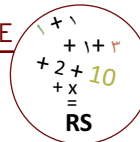
Un descripteur quantitatif :
la **RICHESSE SPÉCIFIQUE**

La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces différentes observées dans une situation ou un lieu donné. On peut mesurer la richesse spécifique totale d'un site particulier ou au sein d'un groupe taxonomique. C'est une valeur purement quantitative, insuffisante pour évaluer la valeur biologique d'un milieu. On la complète généralement par l'examen de la composition de l'assemblage (voir ci-après).

Des descripteurs quantitatifs :
CORTÈGE et **ASSEMBLAGE**

Un cortège désigne un ensemble d'espèces partageant des caractéristiques écologiques communes et que l'on retrouve dans un même habitat. Les espèces d'un même cortège peuvent appartenir à des groupes taxonomiques très divers. On parle par exemple du cortège des organismes décomposeurs de litière, de celui des organismes saproxyliques ou encore du cortège des hêtraies-sapinières.

On peut parler d'assemblage pour caractériser la composition en espèces d'un relevé ou d'une situation précise. L'assemblage peut alors être composé d'une fraction d'un ou plusieurs cortèges et les différentes espèces présentes ne sont pas forcément liées par des caractéristiques fonctionnelles (contrairement à la notion de cortège). On parle, par exemple, d'un assemblage d'insectes capturés dans le piège n°4 de la parcelle 18 de la forêt de Fontainebleau.



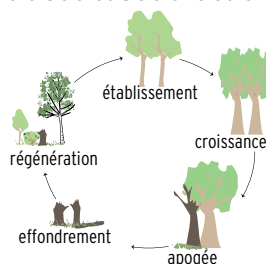
RÉSUMONS LA DYNAMIQUE NATURELLE D'ÉVOLUTION DES FORÊTS

Le **CYCLE SYLVIGÉNÉTIQUE** :

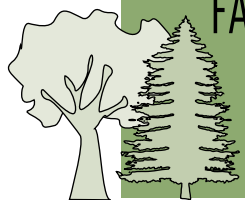
évolution naturelle des « éco-unités »

Une forêt naturelle se compose d'éco-unités, surfaces homogènes en termes de composition, de structure et de dynamique, dont la juxtaposition forme une mosaïque. La vie des éco-unités est rythmée par la succession de plusieurs phases. Chacune d'entre elles présente des dynamiques et des caractéristiques spécifiques évoquées dans plusieurs chapitres.

On distingue généralement cinq phases, dont les éléments caractéristiques sont représentés dans le schéma ci-dessous. Le cycle complet dure en général entre 300 et 500 ans selon les essences.



(terminologie d'après
Winter et Brambach, 2011)



Essences autochtones

Les essences composant le peuplement influencent fortement l'ensemble de la biodiversité présente

La diversité des essences ligneuses au sein d'une forêt constitue, pour le forestier, la forme de biodiversité la plus évidente. Cependant, au-delà de la seule diversité des arbres, les essences influent plus largement sur une grande partie des organismes vivants dans le peuplement.

Les arbres sont des éléments dominants de l'écosystème forestier. Leurs caractéristiques influencent fortement les espèces présentes en forêt. **L'essence, en particulier, conditionne beaucoup de propriétés biologiques, physiques et chimiques de l'arbre. Elle va de ce fait orienter la composition des différents groupes qui lui sont liés** tout au long de sa vie et même après sa mort (cf. facteurs C/D « Bois morts »). De nombreux groupes, dont les espèces entretiennent des relations fonctionnelles spécifiques avec les arbres, sont concernés : la flore sous couvert forestier, les insectes du feuillage et du bois, les mammifères se nourrissant des fruits, les champignons mycorhiziens associés aux racines et les champignons saproxyliques se développant sur le tronc des arbres, parmi bien d'autres exemples (Fig. 2, p. 7).

Ainsi, **la composition du cortège d'espèces associées est, pour partie, propre à chaque essence.** Les cortèges, très différents entre feuillus et résineux, assez différents d'un genre à un autre, sont plus similaires d'une espèce à l'autre au sein d'un même genre. Ces tendances sont néanmoins à nuancer selon les groupes : les oiseaux, par exemple, font peu de distinction d'une essence feuillue à une autre et c'est davantage le caractère décidu ou sempervirent des essences qui va conditionner les espèces présentes. Chez les insectes, en revanche, la plupart des espèces se nourrissant des végétaux ne sont retrouvées que sur quelques essences-hôtes, appartenant généralement au même genre ou à la même famille.

Il a été observé que certaines essences accueillent une diversité d'espèces plus forte que d'autres. D'une manière générale, **la richesse spécifique des cortèges associés aux feuillus autochtones est plus élevée que celle associée aux résineux autochtones, elle-même plus élevée que celle associée aux essences allochtones** (cf. encadré p. 8). On peut parler de « potentiel biologique » variable (Fig. 1).

FIG. 1 - DES POTENTIELS BIOLOGIQUES VARIABLES D'UNE ESSENCE À L'AUTRE

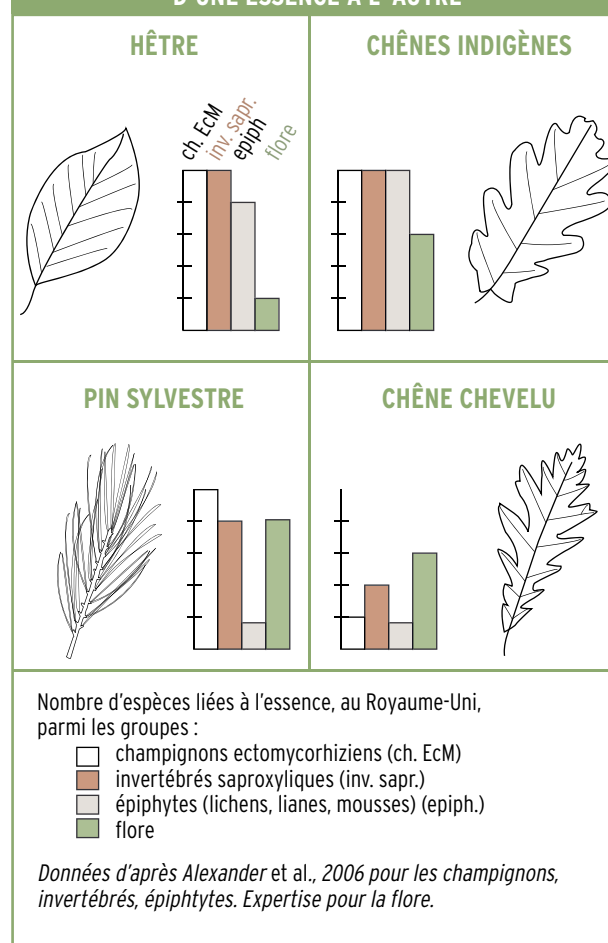
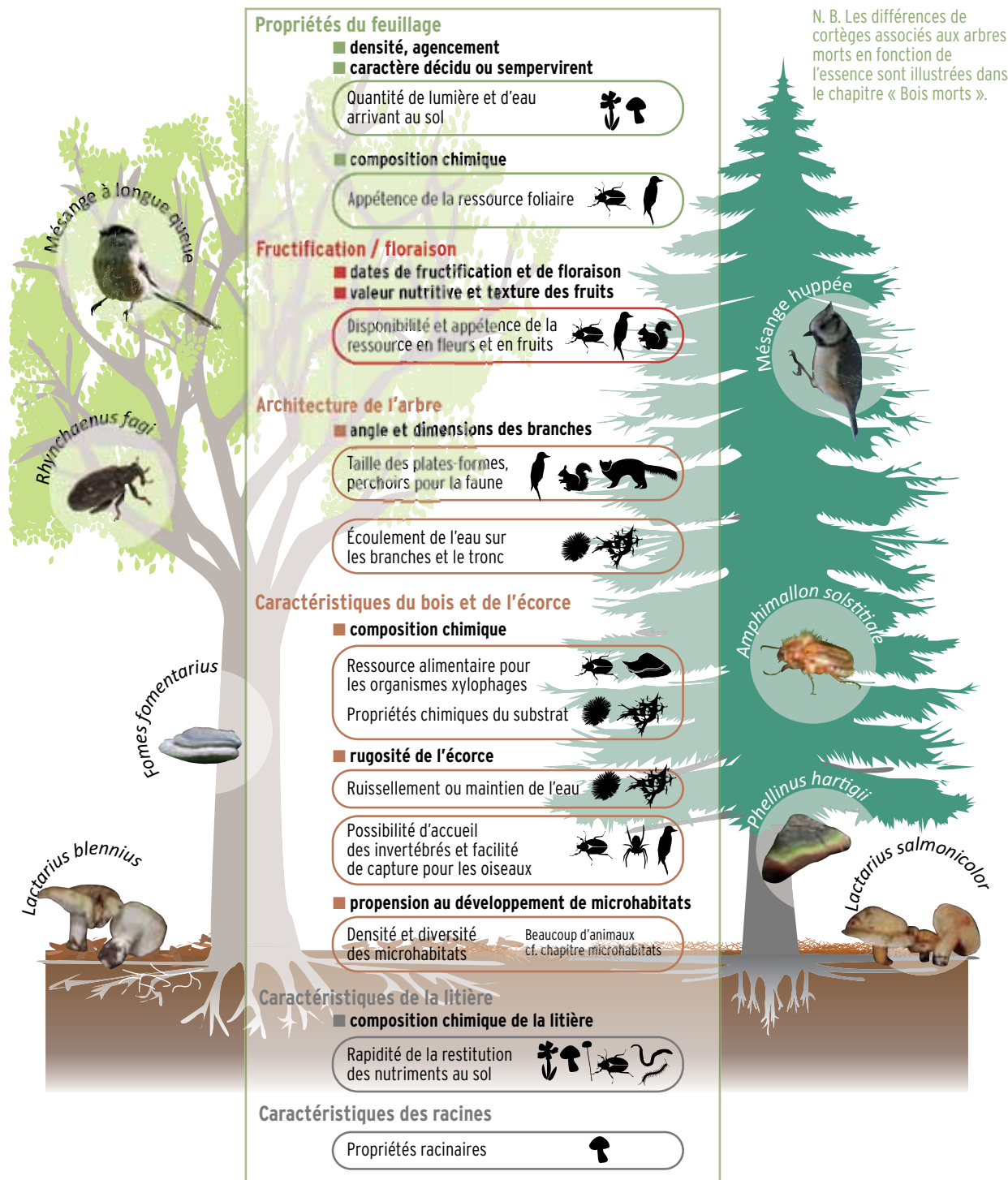




FIG. 2 - QUELQUES CARACTÉRISTIQUES INFLUANT SUR LA BIODIVERSITÉ ASSOCIÉE AU HÊTRE ET AU SAPIN VIVANTS



Lecture du graphique :

Ex. d'espèce associée au Hêtre

■ caractéristique de l'arbre influant sur :

facteur impactant la biodiversité associée, en particulier des espèces au sein des groupes :



Ex. d'espèce associée au Sapin

(Se référer aux rabats pour la signification des pictogrammes)

Photos : Mésanges : M. B. ; Fomes fomentarius : C. E. ; Phellinus hartigii : L. L. ; L. blennius et L. salmonicolor : G. C. ; Rhynchaenus fagi : U. R. ; Amphimallon solstitiale : I. A.



POURQUOI LES ESSENCES ALLOCHTONES SONT-ELLES ASSOCIÉES À UNE BIODIVERSITÉ PLUS FAIBLE QUE LES ESSENCES AUTOCHTONES ?

Une essence allochtone ?

Ce terme désigne une essence dont l'aire naturelle est extérieure au territoire dans lequel elle se trouve et qui y a été introduite par l'Homme, relativement récemment. L'autochtonie ou l'allochtonie d'une essence s'apprécie à une échelle locale : en France, des essences sont autochtones dans certaines régions et allochtones dans d'autres. L'Épicéa commun, par exemple, est autochtone (c'est-à-dire présent naturellement) dans la plupart des zones montagneuses de l'est de la France. Il a été planté dans de nombreuses régions, en plaine comme en montagne, dans le Massif central, les Pyrénées, etc., hors de son aire naturelle, où il constitue alors une essence allochtone. Pour connaître l'aire naturelle d'une essence, il est possible d'utiliser les cartes réalisées par le programme EUFORGEN, à l'échelle européenne, en accès libre sur internet (Fig. a) : http://www.euforgen.org/distribution_maps.html, ou encore les cartes de la *Flore Forestière Française*.

On considère généralement qu'une essence présente depuis plusieurs siècles sur un territoire et s'y développant désormais spontanément est acclimatée. En fonction de son ancienneté sur le territoire, on peut distinguer les « archéophytes », présents avant le début du commerce mondial en 1500, et les « néophytes » introduits après cette date. Pour l'IBP, les « archéophytes » tels que le Châtaignier et le Noyer commun sont considérés comme des essences autochtones.

Quelles différences pour la biodiversité ?

Plusieurs études comparant la diversité d'espèces associées à des essences autochtones et allochtones mettent en évidence une différence quantitative et qualitative des cortèges. D'une part, la richesse spécifique est en moyenne plus faible au sein du cortège associé aux essences allochtones que de celui associé aux essences autochtones. D'autre part, les espèces associées aux essences allochtones sont plus communes et moins spécialisées (Fig. b).

Cette tendance est plus ou moins marquée selon les groupes taxonomiques. Les lichens et les champignons mycorhiziens, par exemple, semblent être particulièrement sensibles au caractère indigène de l'essence.

Pourquoi ?

Deux hypothèses sont souvent avancées pour expliquer ce constat :

- Ces essences ont été importées sous forme de graine et donc sans le cortège d'espèces qui leur sont associées naturellement dans leur aire d'origine.

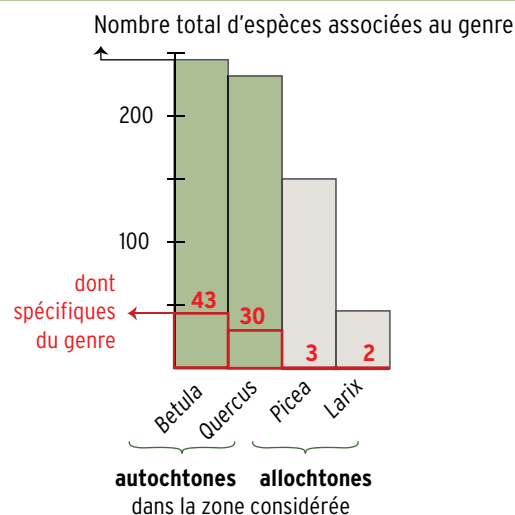
- Leur faible ancienneté sur le territoire a laissé peu de temps jusqu'à présent pour que s'opèrent des mécanismes de spécialisation à travers lesquels des espèces « locales » pourraient se spécialiser pour ces essences. De ce fait, il est probable qu'un gradient de diversité puisse s'observer en fonction de l'ancienneté d'introduction d'une essence. Ce phénomène a été observé dans deux études au Royaume-Uni pour les insectes phytophages (se nourrissant des végétaux) et les champignons mycorhiziens (Fig. c).

FIG. a - CARTE EUFORGEN DE L'AIRE NATURELLE DE L'ÉPICÉA COMMUN



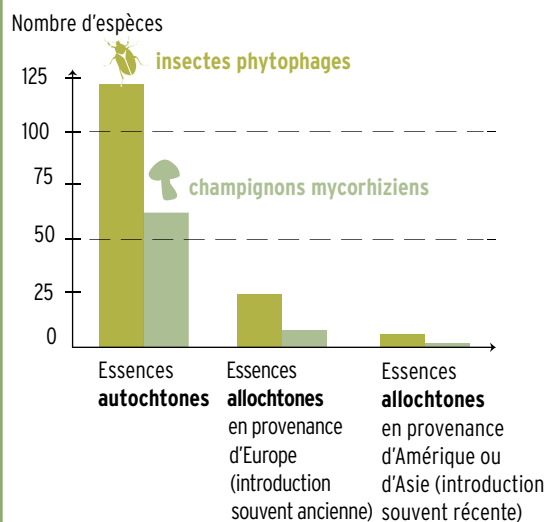
© EUFORGEN

FIG. b - RICHESSE EN CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS D'ESSENCES ALLOCHTONES ET AUTOCHTONES AU ROYAUME-UNI



Données issues de Newton et Haigh, 1998

FIG. c - RICHESSE DES INSECTES PHYTOPHAGES ET DES CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS ASSOCIÉS AUX ESSENCES AUTOCHTONES ET ALLOCHTONES DE DIFFÉRENTES PROVENANCES, AU ROYAUME-UNI



D'après Kennedy et Southwood, 1994 et Newton et Haigh, 1998
in Brantfort et Liégeois, 2005



Il ne s'agit pas pour autant de chercher à hiérarchiser les essences, en particulier car :

- ces grandes tendances cachent de fortes disparités d'un groupe taxonomique à un autre. Le Hêtre par exemple, qui est globalement favorable à une forte diversité d'espèces, possède néanmoins un feuillage très couvrant qui limite le développement d'une flore en sous-étage. Les essences ne contribuent donc pas de manière égale à la diversité des différents groupes, c'est pourquoi elles sont complémentaires vis-à-vis de la biodiversité dans son ensemble ;
- les cortèges propres à une essence, même lorsqu'ils sont composés de peu d'espèces, possèdent une certaine originalité ;
- la diversité des espèces liées aux essences est également dépendante du contexte : les essences plantées hors de leur habitat naturel sont accompagnées d'un cortège appauvri d'espèces. Il ne s'agit donc pas de sélectionner les essences pour leur seul « potentiel biologique » théorique, mais de tenir compte du contexte local.

Le mélange d'essences en forêt permet d'accueillir une diversité d'espèces importante

La terminologie forestière considère généralement comme « mélangé » un peuplement composé d'au moins deux essences dont le taux de couvert libre relatif est inférieur à 75 %. Néanmoins, on désignera ici par le terme de « mélange » la présence de plusieurs essences au sein du peuplement, quelles qu'en soient les proportions. Il peut ainsi s'agir d'essences secondaires, ou encore d'arbres en sous-étage.

L'impact du mélange d'essences sur la biodiversité soulève deux questions majeures : le mélange en lui-même a-t-il un effet sur la biodiversité ? Quelle est l'incidence des caractéristiques du mélange (nombre, proportion des essences...) sur la diversité ? Un certain nombre d'études donnent des éléments de réponse, sans qu'il soit très facile de faire ressortir des tendances claires tant les effets peuvent être changeants d'une situation à une autre et d'un groupe taxonomique à l'autre.

Néanmoins, **il semble que les effets du mélange sur la biodiversité soient plus souvent positifs** que neutres, et rarement négatifs, en particulier en raison de deux mécanismes principaux. Dans un peuplement mélangé, la biodiversité globale est plus importante, du fait de la présence :

- d'espèces spécifiques à chacune des essences (effet additif) ;
- d'espèces liées au mélange, ayant besoin de la complémentarité des ressources qu'elles apportent (effet synergique). Pour la Gélinotte des bois, par exemple, les peuplements mixtes garantissent une ressource alimentaire tout au long de l'année : elle se nourrit de baies et de bourgeons des feuillus au printemps et en été, du feuillage des résineux l'hiver. Les coléoptères floricoles à l'âge adulte, mais dont les larves se développent dans le bois des conifères, telles

que les espèces du genre *Anastranglia*, constituent un autre exemple. En effet dans certaines zones de montagne, la ressource en fleurs se trouve principalement sur les arbres et arbustes feuillus (Érables, Tilleuls, Sureaux, Aubépines...) de telle sorte que la présence d'essences feuillues et résineuses relativement proches constitue une condition obligatoire pour la survie de ces espèces.

Quant aux paramètres du mélange, ils ont une forte influence sur l'abondance et la diversité des espèces présentes, mais les réponses sont très différentes d'un groupe taxonomique à un autre. Les paramètres les plus importants semblent être la **nature des essences mélangées et la représentation relative de chacune d'entre elles**. En effet, sur ce premier point, la biodiversité présente dans un mélange de Douglas et d'Épicéa, par exemple, sera très différente, tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif, de celle présente dans un mélange de Hêtre et de Sapin (cf. première partie). On peut noter néanmoins une tendance générale : **les mélanges feuillus-résineux sont plus favorables à l'accueil d'une forte diversité d'espèces que les peuplements purs résineux**.

Pour ce qui est de l'importance relative des essences, on distingue des réponses variables selon les groupes d'espèces associées et les situations :

- certains peuvent présenter une richesse spécifique maximale dès lors qu'un seul arbre de l'essence dont ils dépendent est présent dans le mélange, tel que cela a été observé sur des communautés de lichens dans les forêts boréales ;
- d'autres groupes présentent une diversité associée à une essence proportionnelle à la part qu'elle occupe dans le mélange. Quelques études sur les oiseaux mettent en évidence cette tendance ;
- d'autres groupes encore sont sensibles à des effets de seuil : certaines espèces ne peuvent être présentes tant que l'essence dont ils dépendent n'occupe pas une proportion minimum. Certains oiseaux et insectes phytophages semblent réagir de cette manière.

Ainsi, **une diversité dans les paramètres du mélange (nature des essences mélangées, nombre et surface relative de chacune d'entre elles) permet d'offrir des habitats différents, favorables à la présence d'espèces aux exigences variées**.

Un mélange d'essences, à quelle échelle ?

Le mélange d'essences peut exister à plusieurs échelles.

- Au niveau du peuplement (qui est aussi l'échelle de description de l'IBP), en distinguant :
 - une échelle fine, avec un mélange intime dans lequel chaque arbre est en contact avec un individu d'une autre essence (mélange « pied à pied ») ;
 - une échelle intermédiaire, avec un mélange par petits bouquets monospécifiques.
- Au niveau du paysage, à large échelle, avec des juxtapositions de peuplements monospécifiques de différentes essences.



Il est difficile de définir une échelle optimale du mélange d'essences qui permettrait de maximiser la diversité des espèces associées aux arbres. En particulier, les interactions dynamiques agissant à l'échelle du paysage sont encore peu connues. Parmi les questions qui se posent, l'intérêt des peuplements monospécifiques est discuté. En effet, si à l'échelle du peuplement, on s'attend à ce qu'un mélange d'essences permette d'accueillir une diversité plus forte que la présence d'une seule essence, à l'échelle du paysage, on ne sait pas évaluer aujourd'hui si l'introduction de parcelles monospécifiques dans un massif composé de peuplements mélangés aurait un effet favorable sur la richesse spécifique :

- pour certains auteurs, les grandes parcelles monospécifiques pourraient être favorables à l'abondance de quelques espèces, d'oiseaux notamment ;
 - pour d'autres, la dissociation des essences résultant de ces grandes parcelles est préjudiciable aux espèces peu mobiles ou dépendantes de la complémentarité entre essences.
- Par ailleurs, comme la plupart de nos forêts laissées à une dynamique naturelle évoluent vers des mélanges d'essences à une échelle fine ou intermédiaire, on peut penser qu'un bon nombre d'espèces sont adaptées à cette échelle de mélange.

Prendre en compte la diversité des essences

Pourquoi ?

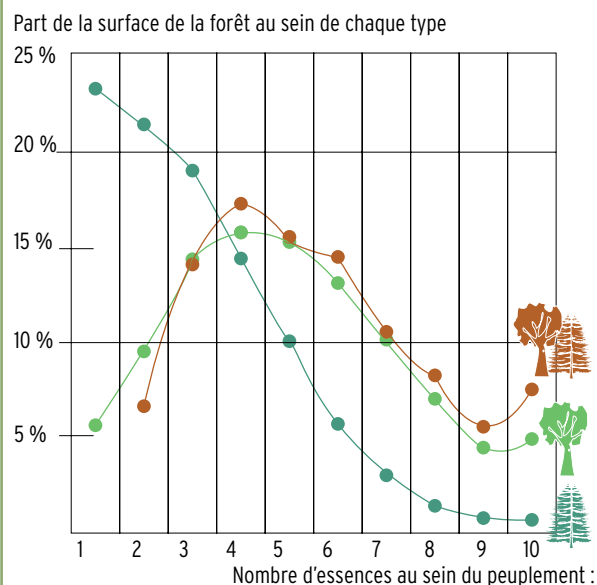
■ **Le mélange d'essences est favorable à la diversité des espèces** au sein de nombreux groupes taxonomiques, du fait d'**effets additifs et synergiques**.

■ **Il contribue au bon fonctionnement de l'écosystème** à travers des aspects qui peuvent avoir des répercussions directes sur la production sylvicole. Les effets sont là encore très dépendants des paramètres du mélange, mais on observe que celui-ci peut concourir à :

- une productivité en bois accrue (en particulier dans le cas de mélange d'essences aux niches écologiques disjointes, telles que des essences héliophiles et sciaphiles) ;
- une meilleure résistance aux pathogènes (dilution de l'offre alimentaire, barrière physique et chimique aux pathogènes, plus grand nombre de prédateurs et de parasitoïdes naturels) ;
- une meilleure résilience suite à une perturbation (présence de semenciers au sein de groupes différents vis-à-vis de la succession végétale – pionniers, nomades, dryades – permettant une rapide cicatrisation).

La plupart des forêts naturelles d'Europe sont caractérisées par une grande diversité d'essences. Dans les forêts exploitées, la concentration sur une ou quelques essences objectif a souvent pour effet la réduction de cette diversité. Dans les forêts françaises, aujourd'hui, l'inventaire forestier national (IGN) recense en moyenne 5 essences dans les peuplements, avec des différences notables entre forêts feuillues, résineuses et mixtes (Fig. 3).

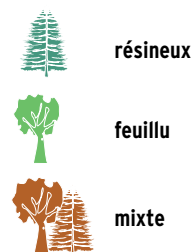
FIG. 3 - NOMBRE D'ESSENCES REPRÉSENTÉES DANS LES FORÊTS FRANÇAISES



D'après MAAPRAT-IFN, 2011

Données d'inventaire 2006 - 2009

Arbres recensables (D à 1,30 m >7,5 cm), forêt de production



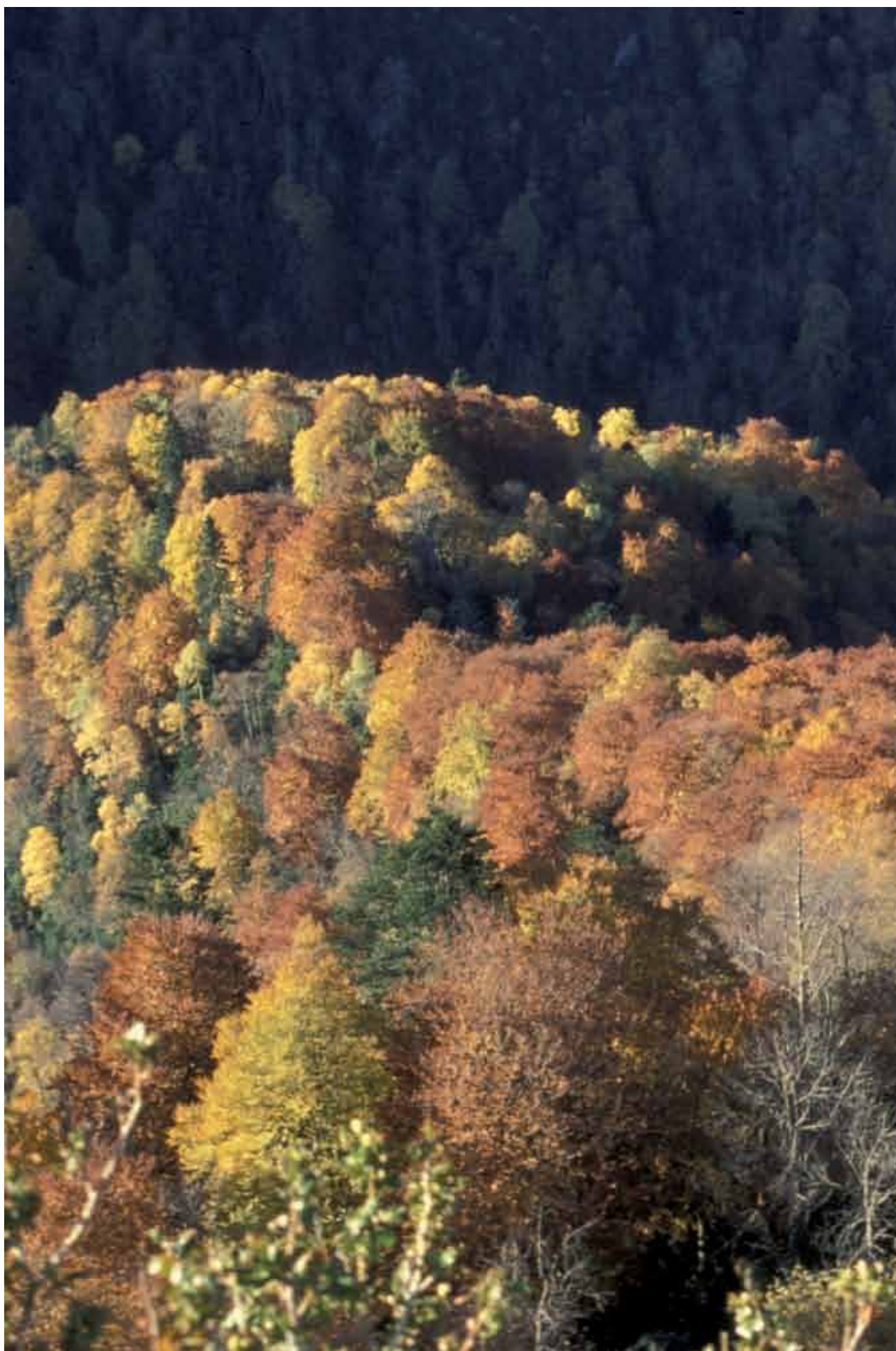
Comment ?

■ La présence d'une diversité d'essences ligneuses, même minoritaire, est déjà favorable à la diversité de certains groupes. Ainsi, dans les peuplements purs au sens sylvicole habituel (avec une essence très majoritaire dont le couvert est supérieur à 75 %), il est possible de favoriser cette diversité en saisissant différentes occasions : maintien des bordures (bande feuillue en limite de plantations résineuses...), conservation des essences pionnières au sein des trouées, préservation des essences du sous-étage, conservation de bouquets d'essences locales sur les stations les moins aptes à la production...

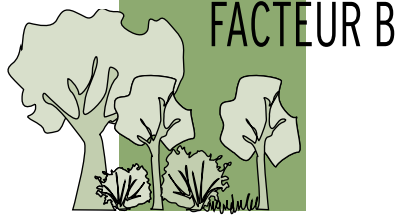
■ Favoriser des essences en harmonie avec le contexte local : dans leur aire naturelle et adaptées à la station.

■ Conserver la mixité des peuplements lorsque celle-ci est naturellement existante.

■ Conserver les bois morts d'un maximum d'essences différentes (accorder une attention particulière au bois mort des essences sous-représentées). Les cortèges d'espèces saproxyliques associés à chacune d'entre elles possèdent souvent une originalité propre (cf. facteurs C/D).



© L.L.



Structure verticale de la végétation

La structure verticale de la végétation dépend de facteurs naturels et de choix de sylviculture

La structure de la végétation traduit l'aspect général d'un paysage végétal, la manière dont s'agencent dans l'espace les différents éléments. Elle peut s'apprécier dans une dimension horizontale (juxtaposition de taches de végétation homogènes, on parle également de « texture ») ou verticale (superposition de strates de végétation de hauteurs différentes, on parle également de « stratification »).

Contrairement à l'usage habituel en foresterie, on considérera ici les **strates en termes d'encombrement par le feuillage et non de hauteur totale de l'arbre**. Un même arbre peut ainsi appartenir à plusieurs strates.

Au sein d'un peuplement, de nombreux facteurs influencent la structure verticale de la végétation, parmi lesquels l'âge des arbres et la phase du cycle sylvigénétique, la densité, les choix de gestion sylvicole (mode de traitement, régime, interventions), la station, la nature des essences présentes, les perturbations naturelles (Tab. 1, p. 13). Le nombre de strates présentes et leur agencement peuvent ainsi être très variables d'un peuplement à un autre.

La variété des strates permet la multiplication des habitats pour l'accueil d'une grande diversité d'espèces

Un grand nombre d'espèces forestières sont sensibles à la stratification des peuplements. Les oiseaux, en particulier, sont connus pour répondre fortement à ce facteur, mais ils ne sont pas les seuls. On peut distinguer deux types de réponses des espèces :

➤ **Certaines espèces sont dépendantes des attributs d'une strate en particulier.** Chaque strate constitue en effet un habitat spécifique, avec une composition floristique et des caractéristiques microclimatiques et lumineuses propres. Par exemple, la strate arborescente haute est caractérisée par une température et une insolation plus

élevées que les strates inférieures ; les strates herbacées et arbustives sont souvent plus riches en fleurs que les strates arborescentes. Chaque strate répond ainsi plus ou moins bien aux besoins, très variés, des espèces. Par exemple, la plupart des reptiles et des papillons de jour recherchent la présence de strates basses, les premiers pour réguler leur température corporelle et les seconds du fait de la spécialisation de nombreuses chenilles envers des espèces herbacées et arbustives pour leur alimentation. On observe des oiseaux, des insectes et des rongeurs dans toutes les strates, mais on note des préférences nettes envers une ou plusieurs strates, variant selon les espèces (Fig. 1a, p. 14).

➤ **D'autres espèces sont dépendantes d'une stratification plus ou moins complexe de la végétation** et donc de l'encombrement général du peuplement. Le groupe des chauves-souris, par exemple, est sensible à cette caractéristique, en particulier du fait de modes de chasse différents selon les espèces. Certaines, telles que le Grand murin, nécessitent un sous-étage dégagé ; d'autres, telles que l'Oreillard roux, préfèrent un fort encombrement au sein des strates arbustive et arborescente (Fig. 1b, p. 14). La richesse en arachnides semble être également liée à une stratification complexe des lisières de peuplement.

La diversité des modalités de stratification (nature des strates représentées, encombrement général du peuplement) est donc favorable à l'accueil d'espèces aux exigences différentes.

Allier structure verticale et texture complexes à différentes échelles pour répondre aux besoins des différentes espèces

Dans les forêts subnaturelles d'Europe tempérée, la taille réduite des éco-unités (de 50 à 500 m² en moyenne) et la diversité des situations stationnelles aboutissent à une richesse de la structure verticale et de la texture à toutes les échelles, y compris sur de petites surfaces (Fig. 2, p. 15). La succession de l'ensemble des phases du cycle sylvigénétique



TAB. 1 – PRINCIPAUX FACTEURS INFLUANT SUR LA STRUCTURE VERTICALE DE LA VÉGÉTATION

	EN FORÊT NATURELLE	EN FORÊT EXPLOITÉE
L'âge du peuplement, les interventions sylvicoles en forêt exploitée	Succession de phases au sein d'un cycle sylvigénétique au cours desquelles la structure verticale varie : la phase d'effondrement (mortalité massive des vieux arbres) engendre des ouvertures temporaires dans le peuplement, déclenchant les phases de régénération et d'établissement (ou phase initiale) au cours desquelles se juxtaposent puis se succèdent les strates herbacée, arbustive et arborescente. Ces trois phases sont les plus riches en strates. Durant les phases de croissance (optimale) et d'apogée (terminale), la densité de la strate arborescente limite généralement le développement de strates basses.	Succession de stades au sein d'un cycle sylvicole. La structure verticale du peuplement évolue dans le temps en fonction : ➤ du régime (taillis, futaie, mélange futaie-taillis) qui influence la durée du cycle sylvicole, très inférieure à celle d'un cycle naturel. Les taillis sont limités aux premières phases de régénération et d'établissement, alors que les futaies sont généralement exploitées au cours de la phase de croissance. Dans ces deux cas, les phases d'apogée et d'effondrement observées en forêt naturelle ne sont pas atteintes et les strates les plus hautes rarement occupées. ➤ du mode de traitement (régulier ou irrégulier) qui influe en particulier sur la taille des éco-unités (en considérant la forêt comme une mosaïque d'unités végétales homogènes en termes de composition, structure, dynamique). Dans un traitement irrégulier pied à pied ou par plages de petite taille, les petites ouvertures engendrées ponctuellement entraînent une proximité des différentes strates au sein du peuplement. Le traitement régulier engendre davantage de larges étendues stratifiées de manière homogène, avec une ou plusieurs strates. ➤ des modalités d'éclaircie de la futaie (rotation, intensité, nature, type) qui influent sur la conservation ou la suppression de certaines strates (sous-étage en particulier) et sur l'éclaircissement au sol, duquel dépend la possibilité de développement de strates basses. Les travaux peuvent également modifier la répartition des strates dans l'espace, tandis que les modalités de régénération (artificielle ou naturelle, progressive ou unique, par bandes ou bouquets...) conditionnent la combinaison des strates.
La densité du peuplement	Dépendante principalement de la concurrence naturelle entre individus. Plus le peuplement est dense, plus un élagage naturel des arbres s'opère, réduisant l'encombrement du feuillage sous la strate supérieure ainsi que le développement de strates basse et intermédiaire.	Dépendante principalement des interventions sylvicoles (voir ci-dessus).
Les perturbations naturelles	Les incendies, tempêtes, attaques parasitaires massives... peuvent créer des ouvertures temporaires dans le peuplement et engendrer une nouvelle dynamique de succession de strates (cf. facteur G « Milieux ouverts »).	
La station	Elle peut être responsable de trouées permanentes, liées par exemple à l'affleurement ponctuel du substrat rocheux qui maintient par endroits le peuplement forestier ouvert. Ces trouées créent un effet de lisière propice au développement de strates basses. La fertilité de la station influence également la hauteur maximale pouvant être atteinte par les arbres.	
Les essences	Le couvert peut être plus ou moins dense selon l'essence et limiter le développement de strates basse et intermédiaire. Par exemple, les Bouleaux possèdent un feuillage clairsemé laissant passer une quantité de lumière au sol beaucoup plus importante que le Hêtre ou le Charme qui sont, à l'inverse, des essences très couvrantes. Par ailleurs, les hauteurs maximales atteintes par les arbres varient d'une essence à l'autre.	

permet l'expression de toute la gamme de diversité de structures qui lui sont associées. Cette complexité des structures dans l'espace et dans le temps, permet :

- aux espèces à faible pouvoir de dispersion de recoloniser plus facilement l'habitat leur convenant lorsque celui-ci disparaît du fait de la succession de strates ;
- aux espèces ayant besoin de la complémentarité des différentes strates de se maintenir. Cela peut être le cas de prédateurs chassant des proies associées à différentes strates ou d'insectes floricoles (diptères Syrphidae, coléoptères Cerambycidae, Cetoniidae...) qui butinent les fleurs des strates arbustive et herbacée, et nécessitent pour le stade larvaire des attributs des microhabitats liés aux arbres âgés de la strate arborescente.

Dans les forêts exploitées, une diversité de structures peut exister à l'échelle du paysage à travers la juxtaposition de

modes de traitements et de régimes variés. Les itinéraires sylvicoles menés de manière uniforme à l'échelle des unités de gestion, en moyenne bien plus vastes que les éco-unités des forêts naturelles, entraînent en revanche souvent une homogénéisation de la stratification à une échelle fine. Pour autant, une certaine hétérogénéité de structures peut être maintenue à l'échelle du peuplement, en respectant quelques précautions lors des interventions sylvicoles (cf. ci-après).

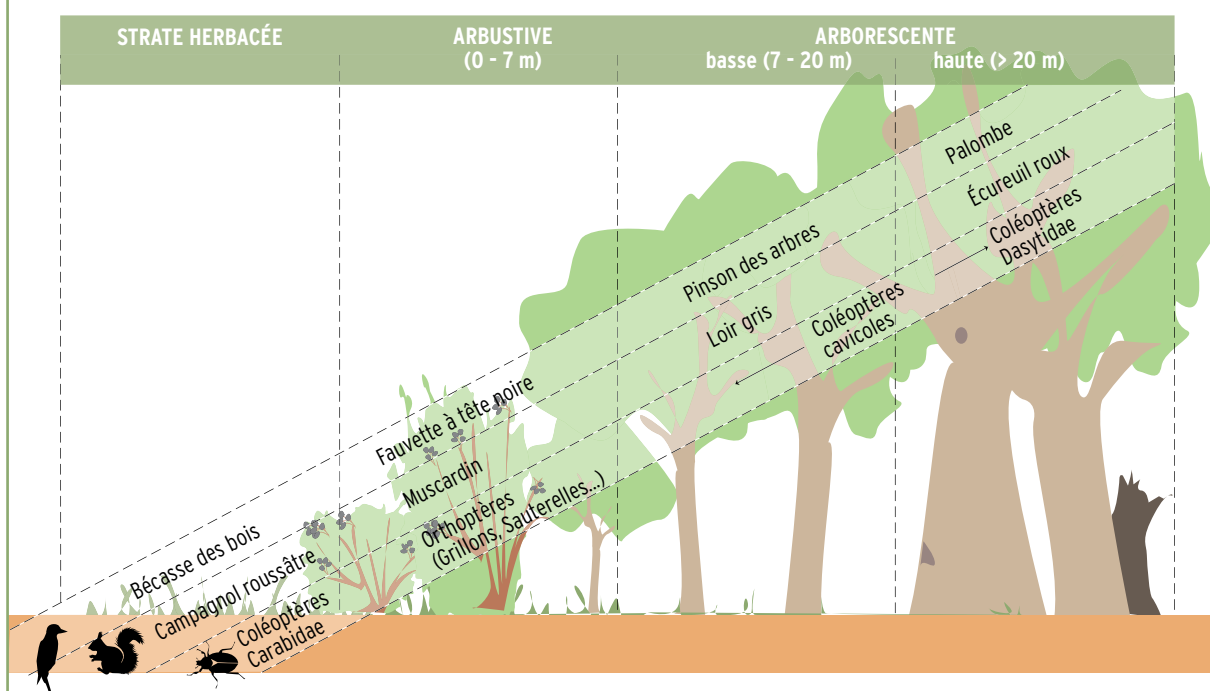
Prendre en compte la structure verticale de la végétation

Pourquoi ?

En France, les modes de gestion de la forêt ont évolué au fil du temps. Les taillis et taillis sous futaie, longtemps



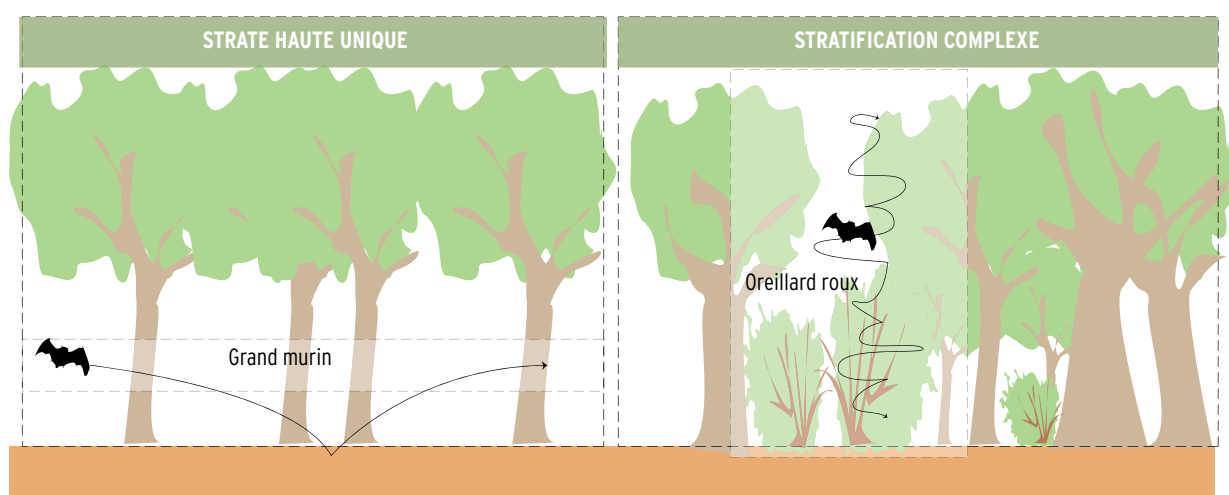
FIG. 1a - CERTAINES ESPÈCES SONT LIÉES À UNE STRATE SPÉCIFIQUE



Les exemples d'espèces d'oiseaux et de rongeurs sont placés dans la strate dans laquelle ils sont rencontrés préférentiellement ou exclusivement. Pour les insectes, les groupes sont positionnés dans la strate qui accueille la majorité des espèces. Il existe néanmoins des exceptions, par exemple chez les coléoptères Carabidae, certaines espèces telles que le Carabe embrouillé (*Carabus intricatus*) montent dans les houppiers.

Des exigences différentes entre les espèces expliquent la fréquentation de strates distinctes. Par exemple pour les rongeurs, le Campagnol roussâtre fait son nid sous terre et se déplace principalement au sol, utilisant la strate herbacée comme protection contre les prédateurs. Le Muscardin fait son nid dans les buissons où il se nourrit de bourgeons, de fleurs, de baies, d'insectes. Le Loir gris vit le jour au sein des cavités des arbres et sort la nuit pour se nourrir. Bon grimpeur il se déplace aisément au sein de la strate arborescente basse pour manger bourgeons, feuilles, fruits et capturer de petits invertébrés. L'Écureuil roux vit le plus souvent perché, dans les strates arborescentes basse ou haute. Bien qu'il descende régulièrement au sol, pour changer d'arbre ou pour ramasser des graines, il cherche sa nourriture en premier lieu dans la canopée : graines, bourgeons, insectes.

FIG. 1b - D'AUTRES ESPÈCES SONT LIÉES À UNE STRATIFICATION PLUS OU MOINS COMPLEXE



Bien que le Grand murin soit cavernicole et n'utilise que rarement les arbres comme gîte, il chasse principalement en milieu forestier, en volant lentement entre 2 et 5 m du sol, où il capture des gros insectes terrestres.

L'Oreillard roux utilise régulièrement les arbres comme gîte. Il recherche les forêts nettement stratifiées avec un encombrement important des strates arbustive et arborescentes. Maîtrisant le vol stationnaire, il glane des insectes à la surface des feuilles, du sol à la canopée.



majoritaires, ont été en partie convertis en futaie au cours des dernières décennies et sont, le plus souvent, exploités avec des traitements réguliers. La futaie régulière est ainsi devenue fortement majoritaire. La futaie irrégulière est, à l'inverse, particulièrement peu représentée, mis à part dans les massifs montagneux.

La stratification des peuplements constitue une composante importante de l'habitat des espèces forestières. La diversité des structures à une échelle fine permet, d'une part l'accueil d'une grande diversité d'espèces aux exigences variées du fait de la juxtaposition et de la superposition de strates différentes, d'autre part une facilité de recolonisation par les espèces à faible capacité de dispersion, du fait de la proximité de strates similaires.

Outre les intérêts pour la biodiversité, un sous-étage bien développé contribue à un élagage naturel des essences objectif et assure une première protection contre les dégâts des grands herbivores (en particulier les Cervidés).

Comment ?

■ Il est assez facile d'obtenir une structure diversifiée dans les peuplements irréguliers, en particulier avec un traitement pied à pied. Les peuplements réguliers peuvent également présenter une structure verticale complexe avec une sylviculture appropriée :

► Conserver les arbres et arbustes du sous-étage lors des travaux et des éclaircies.

► Lors des coupes finales dans les futaies régulières et les taillis, maintenir quelques arbres adultes, isolés ou en îlots, afin d'ajouter de l'hétérogénéité structurale à cette phase de régénération, dont la structure est souvent très simplifiée. Il est parfois facile de conserver au moins des arbres adultes dans les bordures, le long des chemins ou des parcelles.

► Au cours de la vie du peuplement, la structure passera par des états plus ou moins complexes ; l'objectif est alors de limiter la réduction de la stratification lors des stades peu favorables, au moins sur une partie de la surface.

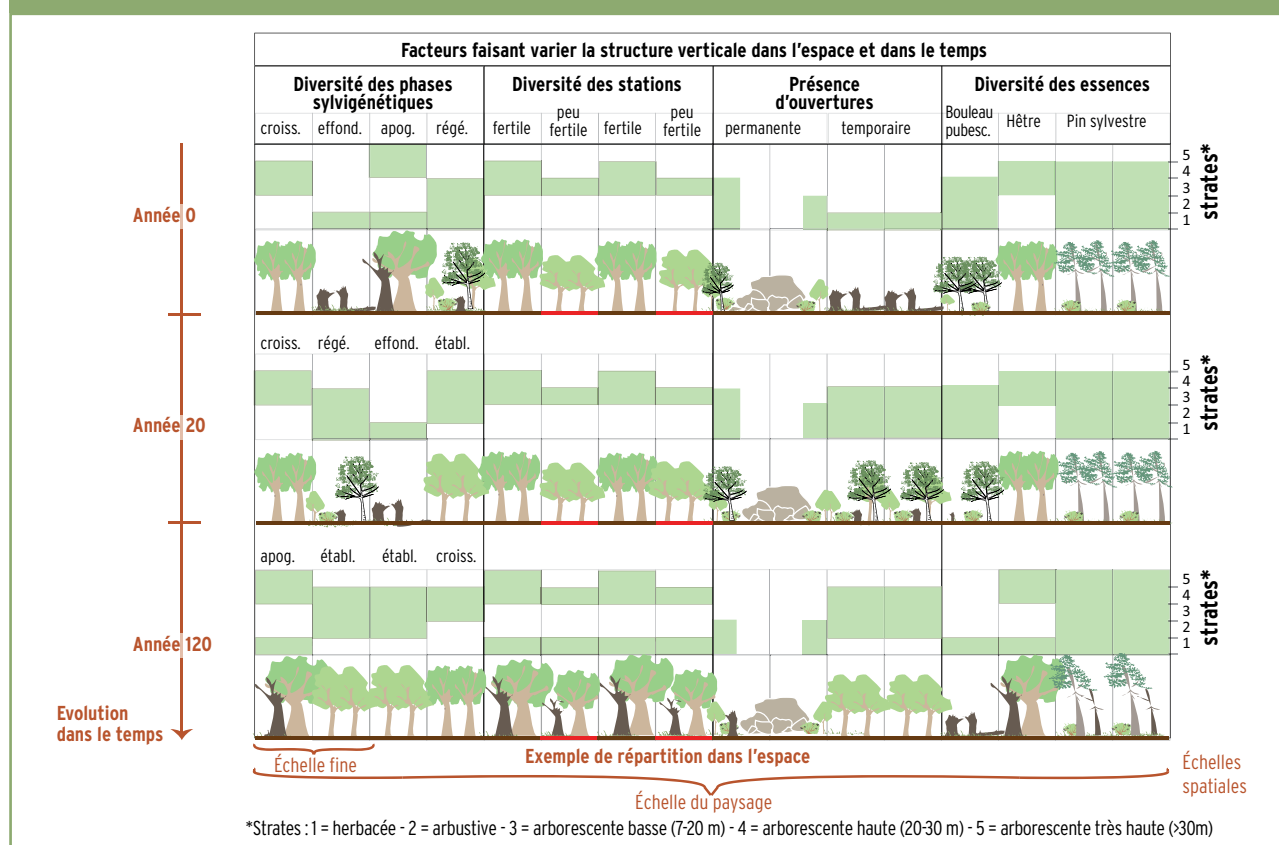
■ Favoriser une « sylviculture d'arbre » ou des sylvicultures permettant la gestion d'éco-unités de taille modeste.

■ Laisser une partie du peuplement (arbres isolés et îlots) accomplir son cycle sylvigénétique complet pour que la succession d'une diversité de strates s'opère naturellement.

■ Lors de l'entretien des chemins et des ripisylves, chercher à maintenir une lisière structurée (voir également facteur G « Milieux ouverts »).

■ Moduler localement ces recommandations en tenant compte des risques d'incendie ou encore d'inondation (se référer notamment à la réglementation des plans de défense contre les incendies de forêt ou à celle applicable en zones inondables), de la station et de l'autécologie des essences présentes.

FIG. 2 - UNE STRUCTURE VERTICALE COMPLEXE DANS LES FORÊTS NATURELLES



Bois morts

Le bois mort est naturellement présent en forêt

Durant des siècles, l'Homme a mené une chasse au bois mort dans les forêts. Tantôt récolté pour se chauffer, tantôt extrait en raison de mesures hygiénistes, sa place a été pendant longtemps fortement réduite, en particulier dans un contexte sylvicole dans lequel les arbres sont exploités avant de vieillir. De ce fait, nous sommes peu habitués à voir du bois mort en forêt et certains ont tendance à associer sa présence à un signe de mauvais état sanitaire ou de mauvaise gestion. Ce n'est pourtant pas le cas, au contraire ! Le bois mort est naturellement présent dans l'écosystème forestier à tout moment de la vie du peuplement et il joue un rôle important dans son fonctionnement.

Ainsi, **dans les forêts européennes évoluant naturellement depuis longtemps, le volume de bois mort représente en moyenne entre 20 et 40 % du volume total de bois** (vivant + mort). Cette valeur varie bien sûr en fonction de la phase sylvigénétique, du type de forêt et des essences principales, entre autres facteurs.



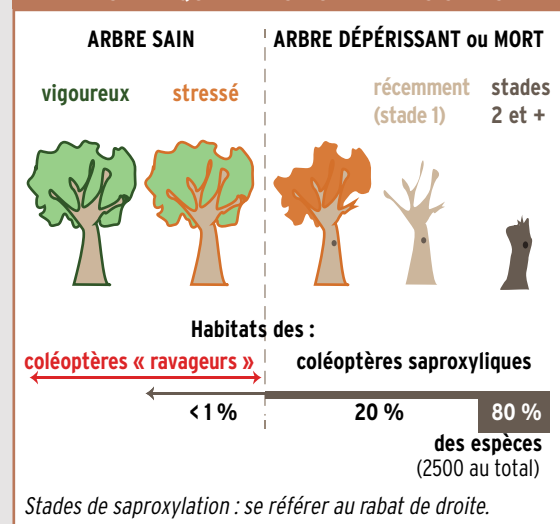
Une hêtraie-sapinière subnaturelle, riche en gros bois morts.

LES ARBRES MORTS NE SONT PAS DANGEREUX POUR LA FORÊT

Le groupe des insectes « ravageurs » pouvant causer des dommages aux arbres sains (dits « parasites primaires ») est très différent de celui des insectes saproxyliques. Alors que le premier comprend des espèces se nourrissant de tissus vivants, principalement des feuilles ou du cambium, le second compte des espèces se nourrissant de tissus morts (organismes saproxylophages) ou dépérissants (parasites de faiblesse ou « secondaires »). Parmi ces dernières, seules quelques espèces ont la capacité d'attaquer des arbres peu affaiblis, pouvant paraître sains (Fig. a). Elles peuvent créer des dégâts dans le peuplement, engendrant des pertes économiques, principalement en cas de pullulations et dans des contextes artificialisés (peuplements monospécifiques, mauvaise adéquation essence-station...).

Une fois que l'arbre est mort, les insectes parasites de faiblesse ne restent dans le bois que jusqu'à la fin de leur développement larvaire. Ils ne sont donc présents que sur du bois mort récemment, avant de céder leur place aux organismes saproxylophages.

FIG. a - LES COLÉOPTÈRES SAPROXYLIQUES NE S'ATTAQUENT PAS AUX ARBRES SAINS



Un milieu de vie pour plusieurs milliers d'espèces

En Europe, on considère que **20 à 25 % des espèces forestières sont dépendantes du bois mort ou déperissant, à un moment de leur cycle de vie. On parle d'espèces « saproxyliques »**. Elles peuvent être associées au bois mort de différentes manières : certaines le consomment et utilisent les éléments nutritifs qu'il contient alors que d'autres l'utilisent comme support ou habitat. Les espèces consommatrices, prédatrices ou parasites d'organismes saproxyliques sont également elles-mêmes considérées comme saproxyliques (Fig. 1). On compte des espèces saproxyliques parmi de nombreux groupes : mousses, lichens, oiseaux, mammifères, amphibiens, reptiles, mollusques, mais **ce sont chez les insectes, en particulier les coléoptères, et les champignons qu'elles sont les plus nombreuses** (Fig. 2).

Quels sont les mécanismes de distribution des espèces saproxyliques ?

Les assemblages d'espèces rencontrés peuvent varier fortement d'une pièce de bois mort à une autre. Plusieurs facteurs influencent la répartition des organismes saproxyliques. Pour les insectes et les champignons, **le diamètre, l'essence, le positionnement (au sol, sur pied ou dans le houppier) et le niveau de décomposition du bois (ou « stade de saproxylation ») constituent des facteurs clés de la distribution des espèces**. On rencontre ainsi des cortèges très différents selon les situations (Fig. 3, p. 18).

Les vertébrés à affinité saproxylique utilisent le bois mort ou déperissant principalement à travers les microhabitats

FIG. 1 - DIVERSITÉ DE RELATIONS AVEC LE BOIS MORT POUR LES ESPÈCES SAPROXYLIQUES

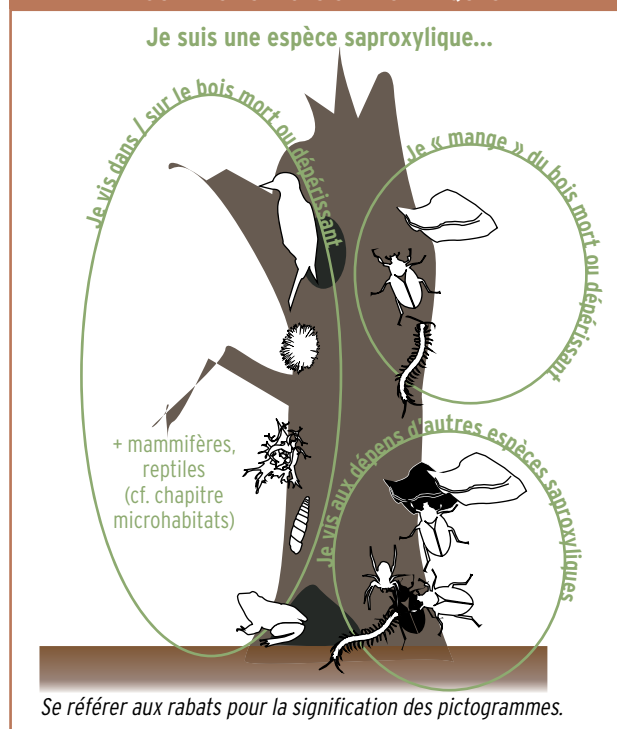
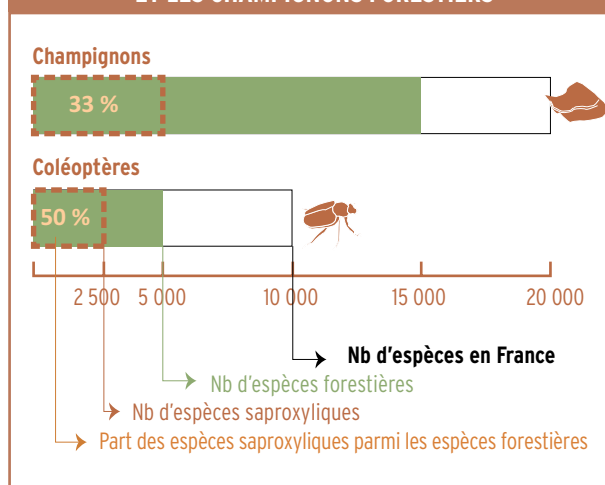


FIG. 2 - LES ESPÈCES SAPROXYLIQUES SONT TRÈS REPRÉSENTÉES CHEZ LES COLÉOPTÈRES ET LES CHAMPIGNONS FORESTIERS



qui s'y développent. C'est le cas par exemple des oiseaux cavicoles, de certaines espèces de chauve-souris (Noctules, Barbastelle, Murin de Beischtein), de reptiles, d'amphibiens et de mammifères utilisant le substrat ou les cavités pour se mettre à l'abri de la prédation ou encore hiberner (cf. facteur F « Arbres vivants porteurs de microhabitats »). Ces groupes sont donc principalement dépendants des caractéristiques des microhabitats, telles que la taille ou encore la hauteur des cavités par rapport au sol.

Une grande diversité de types de bois morts (essence, grosseur, stade de saproxylation, degré d'exposition...) est donc nécessaire à l'accueil d'une grande diversité d'espèces saproxyliques.

Les organismes saproxyliques jouent un rôle central dans la décomposition du bois mort et le fonctionnement de l'écosystème

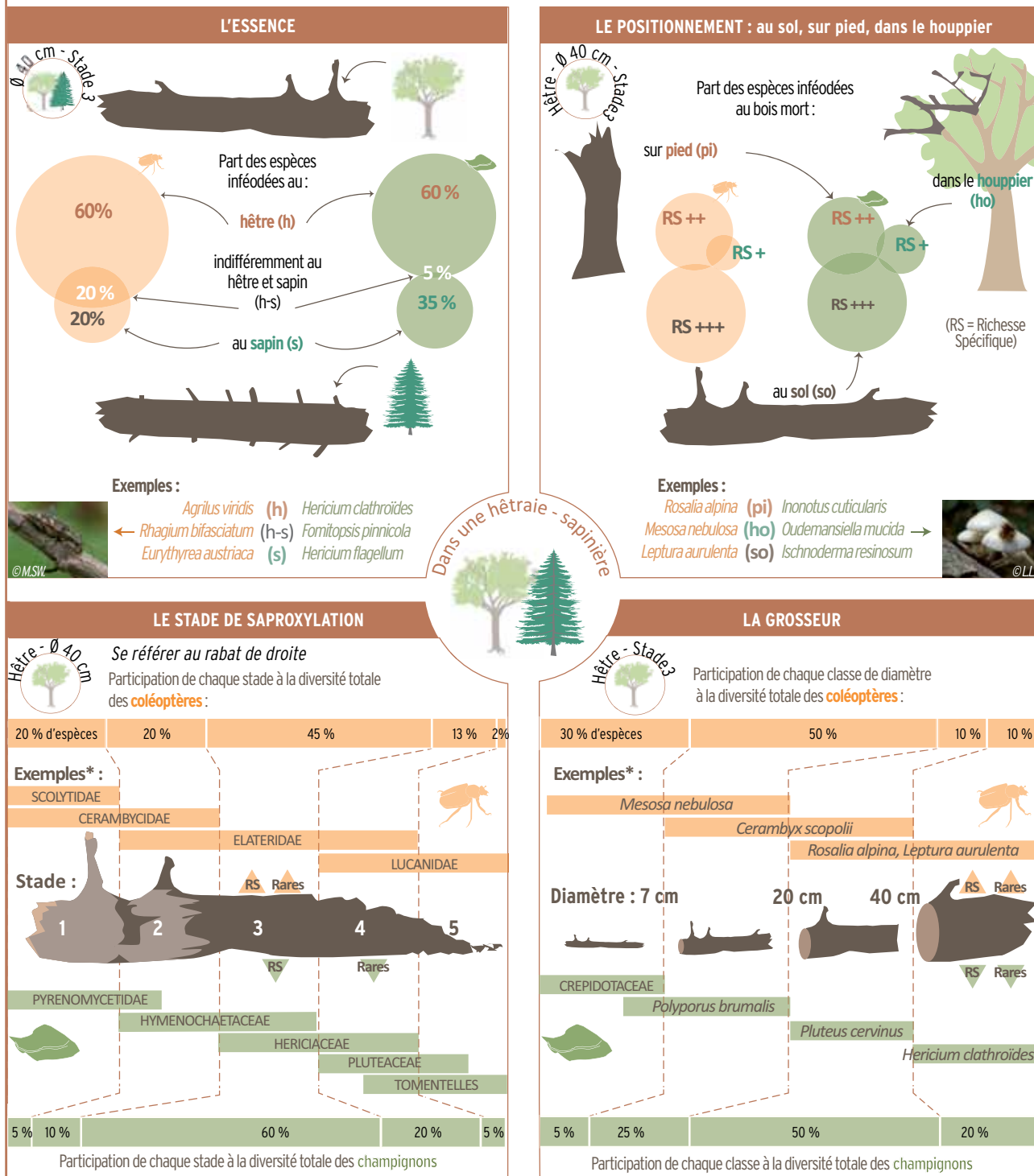
Le rôle fonctionnel des organismes saproxyliques dans l'écosystème mérite d'être souligné. **Ces organismes permettent de restituer au sol des éléments nutritifs contenus dans le bois.**

Le bois est constitué principalement de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine. Ces composés chimiques sont organisés en structures complexes. **Les champignons et insectes saproxyliques possèdent des enzymes qui permettent de briser les liaisons chimiques de ces composés pour les dissocier en éléments simples**, directement assimilables par les insectes et les champignons (sucres, éléments minéraux) ou les végétaux (éléments minéraux dissous dans la solution du sol). Certaines espèces de coléoptères, notamment le Pique-prune (*Osmoderma eremita*), seraient même capables d'enrichir le substrat par un phénomène de fixation de l'azote atmosphérique, grâce à des symbioses avec des bactéries.



FIG. 3 - QUATRE FACTEURS CLÉS DE LA DISTRIBUTION DES COLÉOPTÈRES ET DES CHAMPIGNONS SAPROXYLIQUES

Les cortèges et la richesse spécifique des coléoptères et champignons saproxyliques varient en fonction de



* Quelques exemples de familles ou d'espèces observées préférentiellement dans les classes mentionnées.

RS

Pic de richesse spécifique : stade ou classe qui accueille le plus grand nombre d'espèces.

Pour les classes de diamètre, le pic de richesse spécifique est atteint sur les gros bois de diamètre supérieur à 40 cm, bien que les espèces retrouvées uniquement à partir de cette grosseur ne soient pas majoritaires. Ceci s'explique par le fait que la plupart des espèces présentes à partir de diamètres inférieurs se retrouvent également dans les bois de plus de 40 cm.

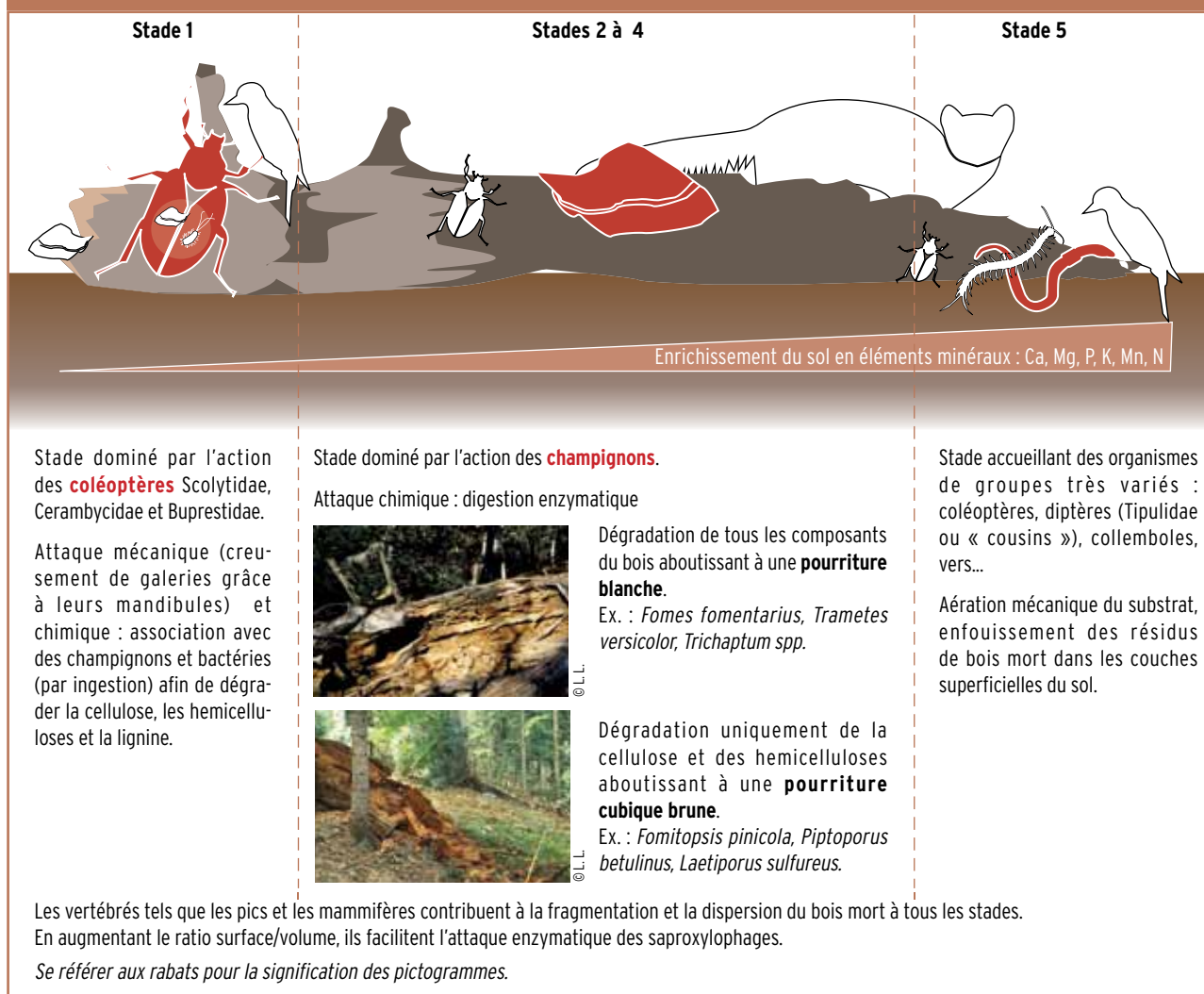
Rares

Pic de rareté : classe qui accueille le plus grand nombre d'espèces rares.

Les valeurs chiffrées sont des ordres de grandeurs estimés par des écologues taxonomistes (C. Bouget, A. Brin, H. Brustel, L. Valladares pour les coléoptères et G. Corriol pour les champignons).

Pour isoler les effets de chaque facteur, les exemples et valeurs sont donnés toutes choses égales par ailleurs (pour une essence, une position donnée, un stade de saproxylation, une grosseur - cf. cercle en haut à gauche de chaque encadré).

FIG. 4 - COMPLÉMENTARITÉ DES ACTEURS DU PROCESSUS DE SAPROXYLATION



Les arbres contiennent également des éléments minéraux : azote (N), calcium (Ca), potassium (K), magnésium (Mg), phosphore (P), sodium (Na), fer (Fe), en faible teneur, mais néanmoins essentiels à leur métabolisme. Ces éléments immobilisés au sein du bois durant toute la vie de l'arbre, représentent une part importante des nutriments de l'ensemble de l'écosystème. Par exemple, dans une hêtraie de la forêt de Fontainebleau, d'un volume de bois d'environ 300 tonnes/ha, on estime que la biomasse ligneuse contient près de 25 % du potassium, 20 % du calcium et 15 % de l'azote de l'ensemble de l'écosystème. **L'action des organismes saproxyliques permet de libérer ces éléments après la mort de l'arbre et ainsi maintenir le cycle des nutriments de l'écosystème forestier en équilibre.**

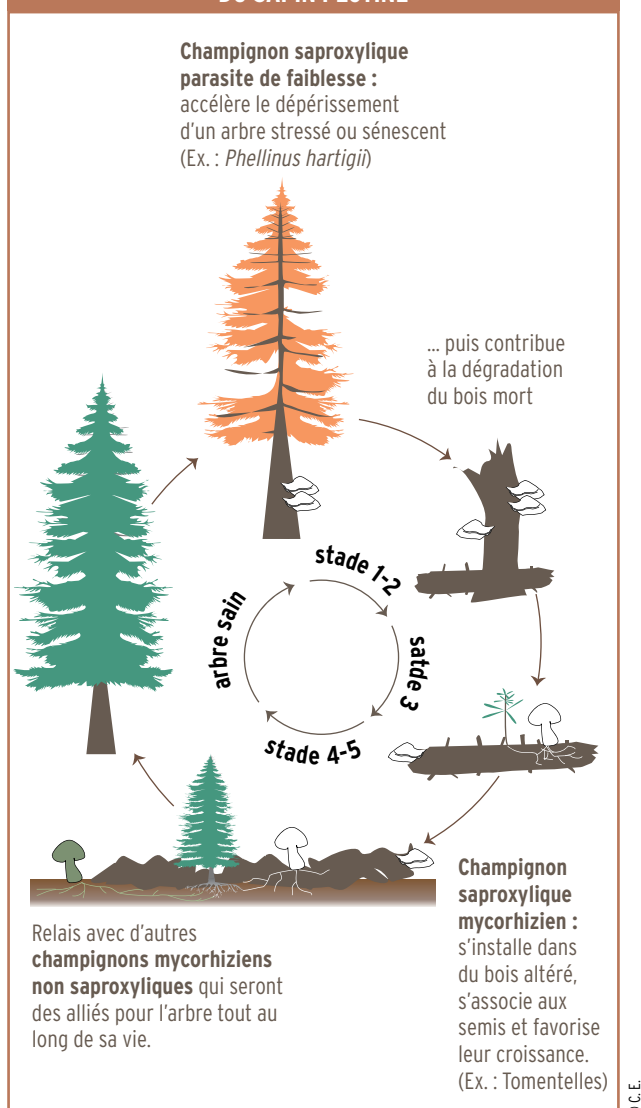
Les organismes saproxyliques possèdent des outils mécaniques et chimiques différents pour décomposer le bois. Alors que certains sont bien équipés pour l'attaquer physiquement, tels que les coléoptères Scolytidae ou les Pics, d'autres sont davantage performants pour le digérer chimiquement, grâce à des complexes d'enzymes diversifiés. Les champignons, bactéries et protozoaires constituent

les seuls groupes connus au sein desquels on trouve des espèces capables de dégrader tous les composants du bois (les insectes n'acquiescent la capacité de dégrader la lignine qu'à travers des symbioses avec des bactéries ou des champignons). Ainsi, il existe une forte complémentarité entre les différents organismes saproxyliques vis-à-vis de la décomposition du bois. **Une certaine diversité d'organismes saproxyliques est indispensable pour parvenir à la dégradation complète du bois mort** dans toutes les situations (Fig. 4).

Par ailleurs, les organismes saproxyliques jouent des **rôles moteurs dans le cycle de vie de certaines essences**. Pour l'Épicéa commun et le Sapin pectiné par exemple, ils accélèrent la mort d'arbres dépérissants ou en fin de vie, préparent un substrat favorable pour leur régénération par la dégradation du bois, permettant également à des champignons saproxyliques mycorrhiziens de s'installer et de s'associer aux racines des semis. Ces derniers vont constituer un soutien pour leur croissance et leur résistance aux pathogènes, avant de passer le relais à des champignons mycorrhiziens non saproxyliques (Fig. 5, p. 20).



FIG. 5 - DES MOTEURS DANS LE CYCLE DE VIE DU SAPIN PECTINÉ



Prendre en compte le bois mort dans la gestion courante

Pourquoi ?

La quantité de bois mort dans la plupart des forêts européennes est faible, bien en deçà de ce que l'on trouve dans les forêts naturelles. De ce fait, plus de 40 % des organismes saproxyliques en Europe sont menacés.

L'extraction systématique de cette composante de l'écosystème est préjudiciable :

- à la diversité des organismes saproxyliques, peu mobiles

pour beaucoup et donc particulièrement vulnérables à une discontinuité spatiale ou temporelle de leur habitat ;

- au fonctionnement global de l'écosystème, en conséquence du point précédent. Compte tenu du rôle des organismes saproxyliques dans les cycles biochimiques, la richesse minérale des sols peut en être directement affectée. Ceci peut entraîner une diminution de la production de bois, en particulier sur des sols acides déjà pauvres en éléments minéraux.

Comment ?

Chercher à maintenir en permanence du bois mort diversifié et suffisamment abondant, de manière à assurer une continuité spatiale et temporelle de la ressource.

■ Lors du martelage

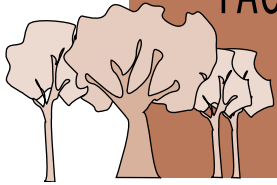
- Conserver les arbres morts sur pied et des très gros bois avec du bois mort dans le houppier.
- Conserver les vieux arbres dépérissants, à faible valeur commerciale.
- Dans les jeunes peuplements (accrus, plantations), ne pas exploiter systématiquement les essences pionnières se développant spontanément, telles que le Tremble, les Bouleaux et les Saules. Peu longévives sous nos climats, elles permettent qu'un premier stock de bois mort se mette rapidement en place, alors qu'elles présentent une faible valeur commerciale.

■ Lors de l'exploitation

- Ne pas extraire le bois mort au sol, en particulier les grosses pièces de niveaux de dégradation avancés qui sont les plus rares dans nos forêts.
- Ne pas extraire ni brûler les rémanents d'exploitation et les souches.
- Ne pas démanteler systématiquement les houppiers des arbres exploités. La diversité des formes et dimensions du branchage offre autant d'habitats différents pour les organismes saproxyliques et leur stratification verticale étale leur décomposition dans le temps.
- Effectuer les purges en forêt et les laisser sur place. En fin de chantier, pousser les purges de chargement des grumiers dans le peuplement le plus proche (avec l'accord du propriétaire).
- Enlever rapidement des bords de route les bois exploités, avant qu'ils ne soient colonisés par les espèces saproxyliques, qui seraient alors piégées lors du ramassage. Les grumes risqueraient, de plus, de perdre de leur valeur rapidement.



© L.L.



Très gros bois vivants

Qu'appelle-t-on « très gros bois » ?

Le terme de « très gros bois » (TGB) fait référence à une catégorie de grosseur utilisée en sylviculture désignant généralement les **arbres de diamètre supérieur à la classe 70 cm** (cf. encadré ci-dessous). Ces doyens des forêts constituent des éléments remarquables dans les paysages actuels, contribuant à la valeur patrimoniale des propriétés. Ils possèdent également une haute valeur écologique pour la conservation de la biodiversité en forêt.

Les TGB sont caractérisés par leur **grande dimension, mais aussi par un âge souvent relativement avancé**. En effet, les arbres les plus âgés s'observent généralement parmi les plus gros, bien que le diamètre soit également influencé par d'autres facteurs (notamment la concurrence entre les arbres liée à la densité du peuplement et la fertilité de la station). Dans nos forêts, les TGB sont souvent centenaires, mis à part dans le cas de quelques essences à croissance rapide (Douglas, Pin maritime, Peuplier noir...). Cependant, les arbres de 70 cm sont souvent loin d'avoir atteint la fin de leur cycle biologique. Dans les forêts françaises, ils

QUELLE DÉFINITION POUR LES TGB ?

On cherche à cibler par ce terme des arbres particulièrement gros dans un contexte donné.

En France, selon une définition classique en sylviculture, basée sur des critères d'exploitabilité, les TGB désignent les arbres de diamètre supérieur à la classe 65 cm pour les résineux et 70 cm pour les feuillus.

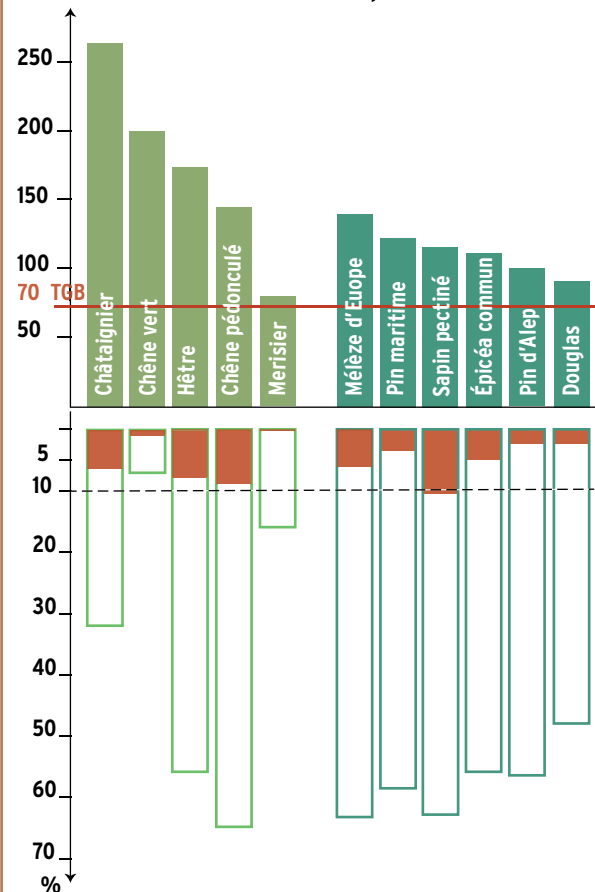
Cependant, par souci de simplification, il arrive aussi que le seul diamètre seuil de 70 cm soit retenu. Une telle définition est utilisée notamment par l'IGN pour l'inventaire forestier national.

Pour l'IBP, le seuil utilisé pour définir les TGB est celui de la classe 70 cm (feuillus comme résineux) de manière à simplifier le relevé et s'aligner sur la définition de l'IGN. Dans le cas d'essences qui ne peuvent pas atteindre de telles dimensions ou de stations très peu fertiles, on comptabilise également comme TGB les arbres ayant atteint la classe 45 cm de diamètre.

excèdent rarement 200 ans, ce qui est bien inférieur à la durée de vie des essences longévives. Le chêne sessile, par exemple, peut vivre entre 500 et 1000 ans.

FIG. 1 - LES TGB EXISTENT DANS LES FORÊTS FRANÇAISES MAIS SONT TRÈS PEU REPRÉSENTÉS

Diamètre maximal observé sur les placettes IGN (cm)



Part des placettes IGN contenant au moins :

- un TGB (D>70 cm),
- un GB (D>40 cm) de l'essence concernée.

Le diamètre maximal observé est fortement dépendant de la sylviculture et de la fertilité de la station. Il ne correspond pas au maximum biologique.

Données issues des points forêt de l'inventaire forestier de l'IGN 2005-2010.



Des capacités biologiques rarement exprimées dans les forêts gérées

La grande majorité des essences de nos forêts peuvent atteindre des diamètres supérieurs à 70 cm (Fig. 1, p. 22), sauf dans le cas de stations particulièrement peu fertiles. Au regard des relevés de l'inventaire forestier national de l'IGN, les essences autochtones (arbustes exclus) qui n'atteignent jamais ces dimensions sont limitées : Poiriers, Pommier, Arbousier, Cerisier à grappes, Bouleaux, certains Érables, Sorbiers et Aulnes.

Néanmoins, les TGB sont faiblement représentés dans nos forêts françaises. Les données de l'inventaire forestier national ne révélaient la présence de TGB que sur moins de 10 % de l'ensemble des placettes relevées entre 2005 et 2010. Cette faible représentation s'observe quelle que soit l'essence considérée (Fig. 1, p. 22). Ces proportions sont bien inférieures à celles que l'on observe en forêt naturelle. Par exemple, des données relevées sur des placettes de dimension similaire dans des hêtraies-chênaies de plaine non exploitées depuis 80 ans révèlent près de 25 % des placettes avec au moins un TGB.

Les très gros bois présentent des caractéristiques favorables à l'accueil d'un grand nombre d'espèces

Les TGB sont liés à une grande diversité d'espèces, essentiellement pour trois raisons.

Du fait de leur grande dimension, ils offrent des surfaces d'accueil particulières

➤ La grande dimension des branches et l'architecture particulière des charpentières offrent de vastes plates-formes pour la faune. Les mammifères arboricoles (Écureuil, Loir, Martre des Pins...) et les oiseaux (Cigogne noire, Autour des palombes...) les affectionnent particulièrement, pour se déplacer, chasser, faire leur nid ou encore simplement se reposer (Fig. 2, p. 24).

➤ L'accès à la canopée offert par les arbres de grande dimension permet d'accueillir les espèces dépendantes des strates les plus hautes, entre autres pour des raisons microclimatiques (lumière et chaleur accrues). C'est le cas, par exemple, d'espèces de coléoptères thermophiles de la famille des Dasytidae ou encore de lichens héliophiles. On note que les canopées de forêts âgées possèdent une diversité d'insectes plus importante que les canopées de forêts jeunes.

Leur âge avancé permet d'accueillir des espèces sensibles aux attributs du vieillissement et à la continuité du substrat

➤ Les caractéristiques des arbres évoluent avec le temps. Pour certaines essences, par exemple, l'écorce des vieux et gros arbres est bien différente de celle des jeunes individus. Chez les Chênes notamment, elle est plus épaisse et

plus crevassée. Elle offre généralement des microhabitats variés, liés à l'écorce elle-même et pouvant accueillir de nombreuses espèces d'invertébrés (notamment des coléoptères, araignées et mollusques). Les fissures facilitent également le maintien de l'eau et permettent l'installation sur le tronc d'espèces de mousses et de lichens recherchant l'humidité du substrat, absentes sur les jeunes arbres à écorce lisse (Fig. 2, p. 24). On observe ainsi une grande diversité d'espèces de lichens, et notamment d'espèces rares, sur les vieux arbres présentant un gradient de rugosité de l'écorce, importante à la base et de plus en plus lisse vers la cime de l'arbre.

➤ Par ailleurs, un âge avancé révèle une continuité du substrat durant de nombreuses années (pour les parties pérennes : tronc, branches, racines). Certaines espèces d'épiphytes nécessitent une telle continuité pour pouvoir s'installer. Par exemple, on observe des lichens nécessitant près de 100 ans pour coloniser un nouvel arbre, de telle sorte qu'on ne les trouve pas sur les arbres jeunes (Fig. 2, p. 24). La continuité du substrat racinaire et le vieillissement de l'arbre permettent également le développement de champignons mycorhiziens spécialisés. On retrouve ainsi dans les peuplements matures, avec de vieux arbres, des espèces spécialisées envers des essences hôtes spécifiques ou encore des espèces longévives telles que les Russules. Ces espèces ont pu s'installer au cours d'une succession initiée par des espèces pionnières, plus « opportunistes » et communes, qui sont majoritaires dans les jeunes peuplements. Les TGB, lorsqu'ils sont maintenus dans des peuplements rajeunis, assurent ainsi une réserve en espèces spécialisées qui pourront coloniser, plus tard, les jeunes individus.

Ils sont porteurs de microhabitats nombreux et très diversifiés

En conséquence des deux premiers points (grande dimension et âge avancé), c'est sur les TGB que l'on rencontre le plus grand nombre et la plus forte diversité de microhabitats (tels que définis dans le chapitre suivant) pouvant accueillir de très nombreuses espèces. En particulier, il a été mis en évidence que les diamètres seuils de 90 cm pour le Hêtre et 100 cm pour le Sapin pectiné permettaient d'identifier des arbres (que l'on pourrait appeler « très très gros bois », TTGB) sur lesquels les microhabitats étaient particulièrement fréquents, nombreux et variés (Fig. 3, p. 25).

Les microhabitats portés par les TGB peuvent atteindre de grandes dimensions, ce qui influence les espèces présentes. Ainsi, dans de grandes cavités développées à la base du tronc, on peut retrouver des mammifères de taille moyenne tels que la Martre des pins, le Chat forestier... jusqu'au Loup (Fig. 2, p. 24).

Les TGB peuvent enfin être porteurs de grosses branches mortes, qui constituent un milieu de vie spécifique recherché



FIG. 2 - LES TRÈS GROS BOIS : DES ATTRIBUTS FAVORABLES À L'ACCUEIL DE NOMBREUSES ESPÈCES, DES PLUS REMARQUABLES AUX PLUS DISCRÈTES

Quelques exemples de caractéristiques observées généralement sur les TGB et profitant à des espèces de groupes variés :

**UN HOUPPIER BIEN STRUCTURÉ :
plates-formes et perchoirs pour la faune**

Exemple :



La Cigogne noire

est un oiseau de grande dimension (1,5 m d'envergure, 3 kg en moyenne). Elle utilise les houppiers des gros arbres pour construire un nid volumineux, jusqu'à 1,5 m de diamètre, sur une branche latérale ou dans une fourche entre 10 et 25 m de haut.

**UN SUBSTRAT PÉRENNE
pendant de nombreuses années**

Le lichen *Ramonia subsphaeroides*



est une espèce discrète se développant sur l'écorce des arbres. Recherchant l'ombre et l'humidité des substrats, elle se développe dans des peuplements âgés et fermés, sur des troncs à l'écorce rugueuse et altérée. Sa croissance est très lente du fait d'une faible activité photosynthétique et d'un mode reproduction par spores, à faible pouvoir de dissémination. Il lui faut 50 à 100 ans pour s'installer sur un nouvel arbre support. On la retrouve notamment sur les écorces des vieux Chênes, en région méditerranéenne.

**DES CARACTÉRISTIQUES LIÉES À L'ÂGE :
exemple de la fissuration de l'écorce
chez certaines essences**



**DES MICROHABITATS VARIÉS
ET NOMBREUX,
potentiellement de grande dimension**

cf. chap.
« Microhabitats »



Le Chat forestier



est un animal nocturne qui se repose la journée dans des cavités naturelles. Les vieux arbres creux, les cavités formées par les racines ou les contreforts des gros arbres constituent des gîtes privilégiés.

**UN SYSTÈME RACINAIRE PÉRENNE ET
DE GRANDE DIMENSION,
permettant à des espèces mycorhiziennes
longévives et spécialisées de se développer**



par les organismes saproxyliques des houppiers. Ces grosses branches, que l'on n'observe pas sur les petits arbres, apportent à la fois du volume et de la diversité de bois mort au sein du peuplement.

Prendre en compte les TGB dans la gestion courante

Pourquoi ?

Les TGB sont devenus marginaux dans la plupart des forêts gérées. Or, ils constituent des habitats à forte capacité d'accueil pour de nombreuses espèces, du fait d'attributs liés à leur grande dimension et à leur âge avancé.

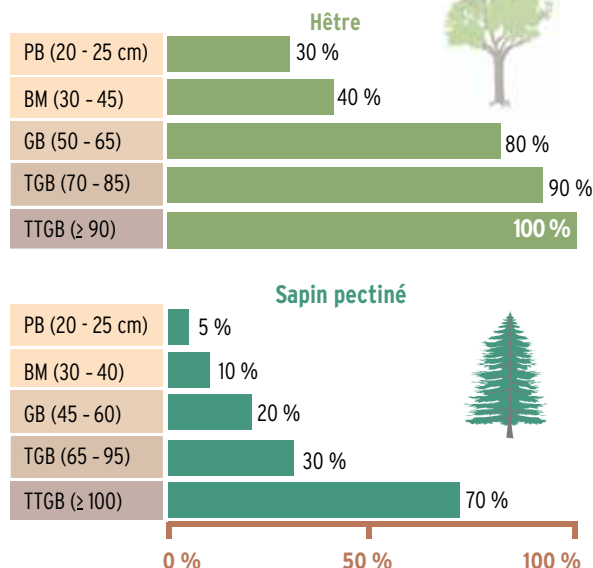
Comment ?

■ Conserver des très gros arbres isolés et en groupes, en particulier lorsqu'ils présentent des blessures, cavités, fentes, sporophores... et que leur présence n'induit pas une forte contrainte pour la gestion. Leur bille possède souvent une faible valeur commerciale (dont l'extraction est parfois plus onéreuse que rémunératrice) alors que leur valeur écologique est, à l'inverse, élevée.

■ Lors de l'abattage, couper les TGB à la base de la bille utilisable et non systématiquement à ras du sol. Cela permet de maintenir des souches hautes qui pourront contribuer au volume de bois mort (cf. facteurs C et D « Bois morts ») et au maintien de certains microhabitats liés à la base de l'arbre.

FIG. 3 - LES TGB SONT SOUVENT PORTEURS DE MICROHABITATS

% d'arbres porteurs d'au moins un microhabitat, en hêtraie-sapinière subnaturelle :



PB = petit bois ; BM = bois moyen ; GB = gros bois ; TGB = très gros bois ; TTGB = très très gros bois.
D'après Larrieu et Cabanettes, 2012 (valeurs arrondies)

■ Créer une catégorie de diamètre supplémentaire, les TTGB (classes 90 cm et supérieures pour les feuillus et classes 100 cm et supérieures pour les résineux), afin que ces arbres au rôle écologique remarquable soient identifiés et dénombrés lors de l'élaboration de documents de gestion.



© L.L.

Un Sapin pectiné de plus de deux mètres de diamètre.

Arbres vivants porteurs de microhabitats

Les microhabitats : des milieux de petites dimensions, mais pleins de vie

Une grande part de la complexité de l'écosystème forestier est liée à l'hétérogénéité fournie par les singularités des arbres telles les cavités ou les fentes. Elles offrent des refuges, des lieux de reproduction, d'hibernation et de nutrition pour de nombreuses espèces et constituent des habitats à part entière. Étant généralement de petites dimensions, on les appelle « microhabitats », mais leur rôle n'en est pas moins extrêmement important.



Jeune Pic noir femelle dans une cavité.

© P. G.

Les microhabitats sont très variés

On distingue, pour le diagnostic IBP, **12 types de microhabitats** caractérisés par leur morphologie et par les groupes d'espèces qui les habitent. Plusieurs de ces types agrègent des microhabitats légèrement différents, mais proches par les assemblages d'espèces qu'ils peuvent accueillir (Fig. 1, p. 27 et Tab. 1, p. 28-29).

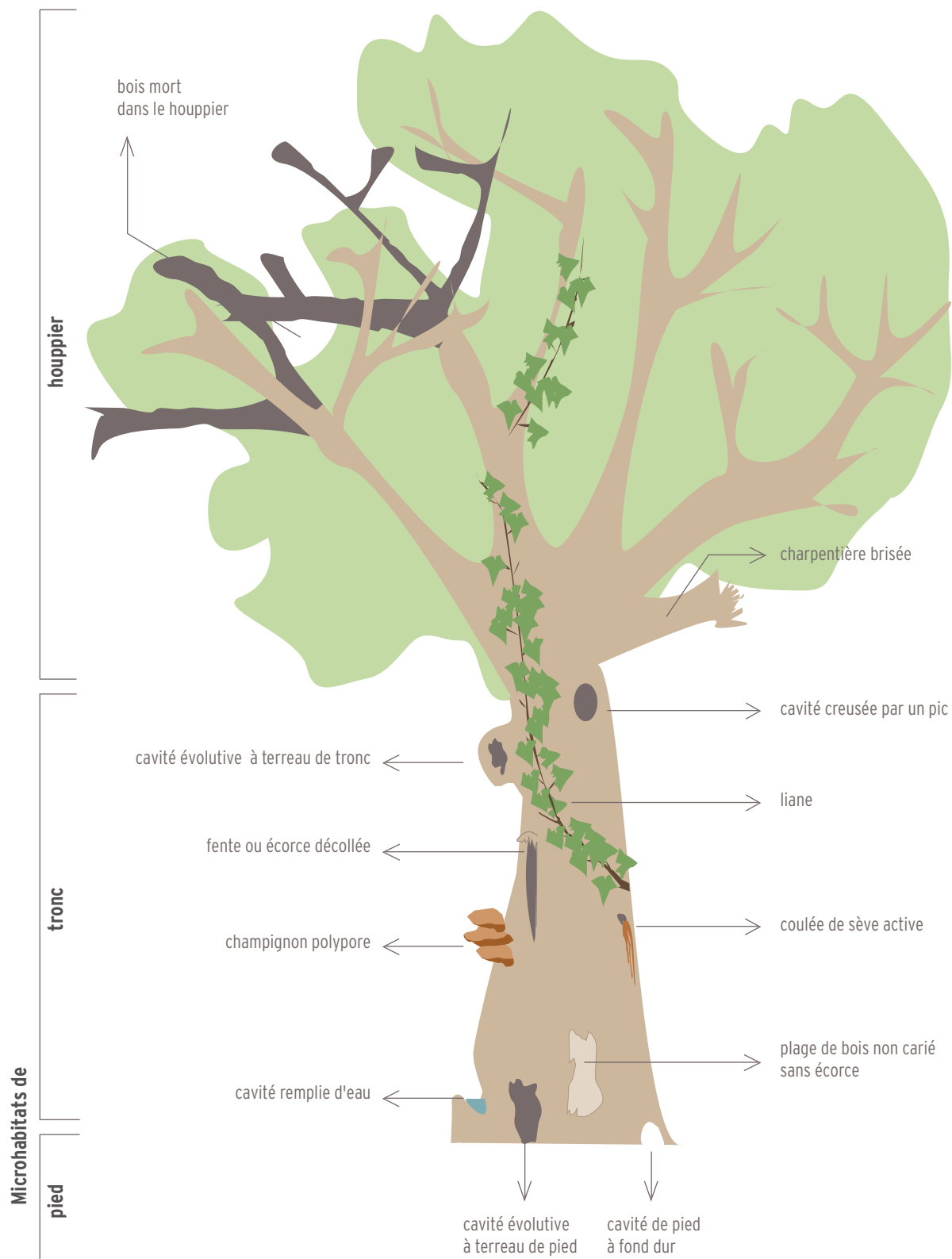
Certains de ces microhabitats comprennent du bois altéré ou mort. Les assemblages d'espèces associées dépendent du niveau de décomposition du bois (ou stade de saproxylation, cf. facteurs C-D « Bois morts »), c'est pourquoi celui-ci entre en compte dans la caractérisation des microhabitats. On distingue généralement 5 stades, du bois mort récemment, encore très dur (stade 1), au bois très altéré rendu friable, que l'on disperse facilement avec le pied (stade 5). Ces stades sont illustrés et détaillés sur le rabat de droite.

LES MICROHABITATS SONT AUSSI PRÉSENTS SUR LES ARBRES MORTS

On observe fréquemment sur les arbres morts des microhabitats similaires à ceux que l'on retrouve sur les arbres vivants, notamment des cavités, des sporophores de champignon, des fentes et écorces décollées. On peut également y trouver des microhabitats qui leur sont spécifiques, tels que, au pied des chandelles, des amas de débris ligneux issus de l'altération du bois. Ces débris constituent le milieu de vie de riches cortèges de champignons saprotrophes, parmi lesquels on trouve des espèces rares appartenant aux genres *Leucoagaricus* et *Geastrum*.

Les arbres morts étant déjà comptabilisés à travers deux facteurs de l'IBP, leurs microhabitats n'y sont pas dénombrés individuellement.

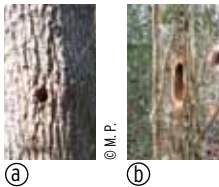
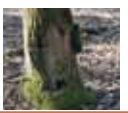
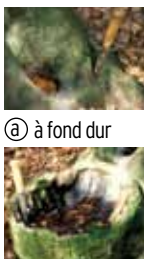
FIG. 1 - 12 TYPES DE MICROHABITATS DANS LA TYPOLOGIE IBP



© C.E.

Chaque type de microhabitats accueille des assemblages d'espèces spécifiques

TAB. 1 - LES GROUPES ET ESPÈCES ASSOCIÉS AUX DIFFÉRENTS MICROHABITATS

types de microhabitats	comment les reconnaître ?	quelques précisions...	groupes d'espèces associées et exemples*
1. Cavités creusées par les pics  © M. P. © J. W.	Le diamètre de leur orifice est supérieur à 3 cm. Il peut s'agir de : ➤ trous de nidification formant une loge (ouverture de forme circulaire/ovale régulière) (a) ; ➤ trous de nutrition profonds de plus de 10 cm, creusés pour capturer des insectes (b).	Les pics sont capables de creuser dans du bois peu altéré. Les parois des cavités sont généralement relativement dures bien qu'à terme leur altération naturelle conduit à la formation de terreau. Un volume de bois est rapidement dégagé, laissant un espace libre parfois important dans le tronc (jusqu'à 3,5 l pour les cavités de Pic noir).	 Oiseaux cavicoles : Pics, Mésanges, Chouettes, Gobe-mouches Noctules, Murins Martre des pins Loir gris Araignées Guêpes
2. Cavités de pied, à fond dur  © M. P.	Elles sont formées, au moins partiellement, par les racines de l'arbre. Le fond de la cavité est constitué par le sol ou l'écorce non altérée (absence de bois carié).	On les observe plus fréquemment chez les arbres à contreforts (Sapin pectiné, Chênes) et dans les fortes pentes.	 Rouge-gorge familier Campagnol roussâtre Chat sauvage Crapaud commun
3. Plages de bois non carié sans écorce  © P. G.	Il s'agit de surfaces de bois à nu, non protégé par l'écorce, peu altéré (stades de saproxylation 1 ou 2).	Elles sont souvent liées à une blessure (chute d'arbre ou de bloc, dégât d'engin forestier).	 Coléoptères (Curculionidae, Anobiidae) Champignons corticiés (formant des croûtes)
4. Cavités évolutives à terreau de tronc  © M. R. © N. G. a) Premières phases b) Dernières phases	Il s'agit de bois altéré au niveau du tronc à un stade avancé (stade de saproxylation 3 ou plus) dont la forme évolue au fil du temps. Ce microhabitat peut prendre principalement 2 formes différentes : ➤ celle d'une plage de bois plus ou moins altérée (a) dans les premières phases ; ➤ celle d'une cavité au moins partiellement évidée (b) dans les phases les plus avancées.	Elles sont issues des plages de bois sans écorce qui sont en processus de saproxylation.  © N. G. Ce microhabitat est souvent composite car il juxtapose du bois plus ou moins altéré, du terreau (résidu de bois altéré et restes de déjections d'organismes saproxyliques) et une partie évidée pour les cavités les plus évoluées.	 Coléoptères (Cetoniidae, Elateridae), Diptères et autres arthropodes souvent très spécialisés Champignons saproxyliques <i>+ aux dernières phases d'évolution (cavités) :</i> Certains habitants des cavités de pics Lézard des souches
5. Cavités évolutives à terreau de pied  © N. G. © N. G. a) Premières phases b) Dernières phases	Elles ont les mêmes caractéristiques que les cavités évolutives de tronc, mais s'en distinguent du fait de leur contact avec le sol.	Idem que ci-dessus. Dans les cavités évolutives de pied, le terreau est parfois mélangé avec de l'humus, créant un habitat spécifique.	 Coléoptères (les Elateridae spécifiques du mélange terreau-humus), Diptères et autres arthropodes Champignons saproxyliques <i>+ aux dernières phases d'évolution (cavités) :</i> Certains habitants des cavités à fond dur Lézard des souches
6. Cavités remplies d'eau : dendrotelmes  © L. L. © L. L. a) à fond dur b) à fond carié	Ce sont des cavités dans le bois, remplies d'eau au moins à une période de l'année. Lorsque la cavité est profonde et l'eau difficilement visible, des traces d'écoulements le long de l'écorce peuvent en indiquer la présence. En l'absence d'eau, le dendrotelme se distingue de la cavité naturelle évolutive par la présence de matière organique en état de décomposition avancée, humide et d'un brun très sombre.	Le diamètre, la qualité du fond et la hauteur dans l'arbre sont déterminants pour la faune hébergée. On peut distinguer des dendrotelmes à fond dur (a) (fond constitué d'écorce ; cas des fourches) ou à fond carié (b) (fond constitué de bois altéré ; cas des blessures, souches)	 Seulement une quinzaine d'espèces vivent dans les dendrotelmes en Europe, mais la moitié d'entre elles sont totalement inféodées à ce microhabitat. Essentiellement des Diptères (des Syrphidae, des Moustiques) et un coléoptère Scirtidae (<i>Prionocyphon serricornis</i>)

TAB. 1 - LES GROUPES ET ESPÈCES ASSOCIÉS AUX DIFFÉRENTS MICROHABITATS

types de microhabitats	comment les reconnaître ?	quelques précisions...	groupes d'espèces associées et exemples*
7. Fentes et écorces décollées 	Ce type regroupe : > des fentes dans le bois (ou des cavités vides avec une ouverture étroite) ; > des écorces décollées formant un abri.	Les chauves-souris utilisent préférentiellement des fentes de 1 à 5 cm de largeur, suffisamment profondes (> 10 cm) et situées à plus de 1 m du sol.	 Barbastelle d'Europe, Pipistrelles, Murins Grimpereaux Punaises (Aradidae) et autres arthropodes Araignées arboricoles, acariens
8. Champignons polypores (s.l.) 	On s'intéresse ici aux sporophores (organe reproducteur, ce que l'on appelle « le champignon » dans le langage courant) des polypores (s.l.) qui prennent la forme d'un plateau volumineux proéminent (« console »). Les polypores résupinés (au sporophore mince entièrement accolé au support) ne sont pas pris en compte.	Les polypores sont des champignons lignicoles à face inférieure porée. Ils sont révélateurs de pourritures du bois parfois très avancées. Les sporophores volumineux d'autres champignons (à lamelles, à aiguillons) peuvent également accueillir une biodiversité importante (mais ne sont pas pris en compte dans l'IBP).	 Insectes et champignons mycétophages : Coléoptères (Tenebrionidae, Erotylidae) Diptères Papillons de nuit Champignons Ascomycètes du genre <i>Hypocrea</i>
9. Coulées de sève actives 	Elles se caractérisent : > en période de végétation, par un écoulement mousseux souvent jaunâtre ; > en hiver, par des traces d'écoulement évidentes, généralement noirâtres dégageant une odeur souvent forte (goudron chez le Sapin pectiné), mais pas désagréable.	On observe des espèces différentes : > sur les écoulements de longue durée (liés à des blessures mécaniques) et ceux de courte durée (coulées de sève printanières) ; > sur les résineux et sur les feuillus. Attention à ne pas les confondre avec les coulées de résine chez les conifères et les coulées de gomme du Merisier pour lesquelles on ne connaît pas d'espèces associées.	 Diptères (Syrphidae, Drosophilidae) Coléoptères (Cetoniidae, Staphylinidae, Nitidulidae) Hyménoptères (Fourmis, Frelons) Papillons de nuit
10. Charpentières ou cimes récemment brisées 	Ce sont de grosses branches ou des cimes récemment brisées dont le bois est encore peu altéré (stades de saproxylation 1 ou 2).	Les dimensions doivent être suffisantes pour que l'habitat soit relativement pérenne et le volume de bois mort conséquent (diamètre à l'insertion > 20 cm et longueur totale > 1 m). Ce microhabitat est composite : il comporte des fentes et du bois dur apparent.	 Coléoptères et champignons saproxyliques de houpier Espèces de fentes Autres arthropodes
11. Bois mort dans le houpier 	Il s'agit de l'ensemble des branches mortes présentes dans le houpier. (Les vieilles branches cassées aux stades de saproxylation avancés entrent également dans cette catégorie et non dans la précédente).	Le bois mort présent dans le houpier constitue un habitat différent du bois mort au sol ou sur pied. Parfois, on y trouve également des cavités et des champignons polypores dont la diversité d'espèces associées vient s'ajouter.	 Coléoptères (Buprestidae) Diptères (Syrphidae) Hyménoptères (Abeilles, Guêpes) Champignon Agaricale <i>Oudemansiella muscida</i>
12. Lianes (et gui) 	Il peut s'agir de : > Lierre, Clématite, Salsepareille, Chèvrefeuille ou autres lianes utilisant les arbres comme support ; > Gui.	Elles constituent à la fois un gîte et une source de nourriture, en particulier le lierre qui fleurit à l'automne et dont les fruits sont disponibles à la fin de l'hiver, période où les végétaux offrent peu de ressources alimentaires. D'autres épiphytes telles que les mousses, lichens foliacés, fougères accueillent également des arthropodes (mais ne sont pas pris en compte dans l'IBP).	 Papillons (Phalènes) Merle noir, Troglodyte mignon

* Les groupes et exemples d'espèces sont observés dans les types de microhabitats mentionnés, mais la présence du microhabitat n'induit pas forcément la présence de l'ensemble de ces espèces.

Se référer aux rabats pour la signification des pictogrammes et l'illustration des stades de saproxylation.

Pour une forte diversité des espèces, des microhabitats variés et nombreux

Une variété de microhabitats au sein du peuplement permet :

➤ **l'accueil de nombreuses espèces différentes.** Chaque groupe taxonomique, chaque espèce vit préférentiellement dans un type de microhabitat spécifique (cf. Tab. 1, p. 28-29). Plus on multiplie les types, plus la variété de milieux de vie est importante et plus on a de chances d'accueillir une forte diversité d'espèces ;

➤ **la possibilité d'un « relais »** en cas de pénurie ponctuelle d'un type de microhabitat. Des espèces peuvent parfois se maintenir, malgré la disparition de leur microhabitat préférentiel (naturelle ou suite à une perturbation) grâce à la présence d'habitats de substitution. C'est le cas par exemple du coléoptère *Aesalus scarabaeoides* qui est habituellement observé spécifiquement dans des caries rouges de feuillus, dans du gros bois mort au sol, mais que l'on peut retrouver dans des cavités évolutives à terreau de pied ou encore dans des caries blanches, lorsque ce premier habitat disparaît.

La répétition du même type de microhabitat au sein du peuplement permet :

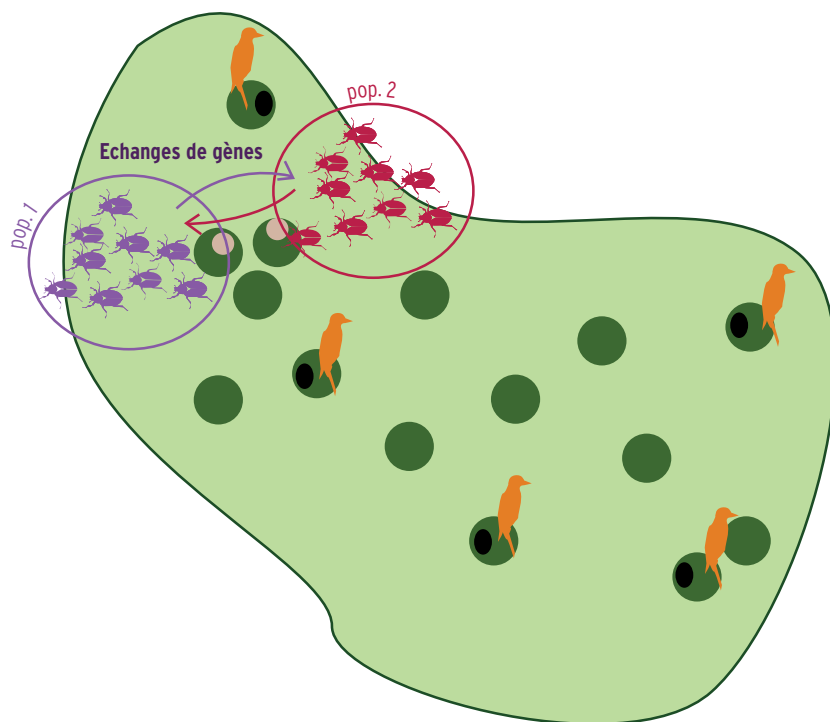
➤ **d'accueillir l'ensemble des individus d'une même espèce** qui composent une population, pour les espèces à grand territoire, ou de plusieurs populations constituant une métapopulation, pour les espèces à petit territoire.

Par exemple dans un peuplement forestier, une cavité permet d'accueillir un couple d'oiseaux cavicoles tels que la Mésange charbonnière. Plusieurs cavités sont ainsi nécessaires à l'accueil d'une population de cette espèce. En revanche, une cavité à terreau d'une trentaine de litres permet d'accueillir l'ensemble d'une population de coléoptères cavicoles, tels que le Pique-prune, *Osmoderma eremita*. La présence de plusieurs cavités permet alors l'accueil de plusieurs populations. Lorsque celles-ci ne sont pas trop éloignées les unes des autres, **des échanges de gènes entre populations** permettent de maintenir une diversité génétique au sein de l'espèce, assurant une plus grande capacité de résistance face à des changements environnementaux (Fig. 2) ;

➤ **de se déplacer régulièrement d'un microhabitat à l'autre** pour certains groupes taxonomiques qui le nécessitent. Par exemple, les chauves-souris et les oiseaux doivent changer régulièrement de cavités pour réduire le parasitisme et la prédation ;

➤ **de multiplier les caractéristiques des milieux de vie** offerts au sein d'un même type de microhabitat. Par exemple, dans un peuplement qui contient plusieurs cavités évolutives à terreau, chacune offre un support unique, selon la taille de l'orifice, la qualité du terreau contenu, le stade de saproxylation du bois, la distance au sol, l'exposition, l'humidité... ce qui augmente la diversité des espèces pouvant vivre dans le peuplement.

FIG. 2 - LA RÉPÉTITION DU MÊME TYPE DE MICROHABITAT PERMET L'ACCUEIL DE POPULATIONS ET DE MÉTAPOPULATIONS



Peuplement forestier dont les arbres porteurs de cavités de pics ● accueillent une population de Mésange charbonnière et les arbres porteurs de cavités évolutives à terreau ● accueillent une métapopulation de coléoptères Pique-prune (*Osmoderma eremita*).

Quelles dynamiques influent sur la présence de microhabitats dans les forêts ?

D'un peuplement à un autre, les microhabitats observés peuvent être plus ou moins nombreux et de nature différente. Des dynamiques naturelles, mais également anthropiques, viennent expliquer cette inégale distribution.

Des dynamiques naturelles

- liées à la **grosesse des arbres** : les très gros arbres portent plus souvent des microhabitats que les plus petits. De plus, on y retrouve toute la diversité des types de microhabitats (à l'inverse des petits arbres sur lesquels on en observe seulement certains) ;
- liées à la **composition du peuplement** : les feuillus portent plus souvent et plus précocement des microhabitats que les résineux. En particulier, certaines espèces pionnières feuillues peu longévives contractent très rapidement des microhabitats. C'est le cas, par exemple, des Bouleaux, du Tremble ou encore des Saules.

Des dynamiques anthropiques dans les peuplements exploités

- **liées à la coupe de certains arbres** : l'extraction des plus gros arbres a pour conséquence la réduction de la diversité et de la densité des microhabitats ;
- **liées à la structure forestière** : les structures en futaie ou en taillis ne favorisent pas les mêmes types de microhabitats. Par exemple, dans un taillis avec réserves, les cépées sont propices à la formation de dendrotelmes à la base de la souche entre les brins, mais le faible diamètre des tiges rend rares les cavités de nidification de pics que l'on retrouvera davantage sur les arbres de la futaie ;
- **liées aux dégâts d'exploitation** : certains microhabitats peuvent être créés lors d'interventions sylvicoles. En particulier, des blessures sur les troncs mettent souvent à nu des plages de bois dur.

Ainsi, les proportions des types de microhabitats dans les forêts exploitées diffèrent de celles observées dans les forêts subnaturelles. La plupart des microhabitats des forêts subnaturelles deviennent rares dans les forêts exploitées. En effet, peu de microhabitats sont favorisés par l'exploitation (Tab. 2).

Prendre en considération les microhabitats dans la gestion courante

Pourquoi ?

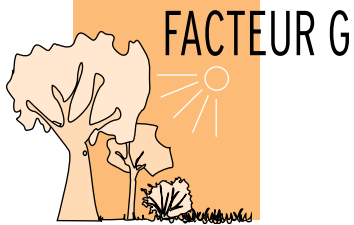
- Les microhabitats sont essentiels à un grand nombre d'espèces forestières, en particulier saproxyliques (ces dernières représentant près d'un quart des espèces forestières).
- Dans la gestion actuelle, la tendance à la réduction du diamètre d'exploitabilité conduit souvent à l'extraction systématique des plus gros arbres, porteurs de nombreux microhabitats et, pour certaines essences, de microhabitats très spécifiques que l'on ne retrouve pas sur les arbres plus petits.

Comment ?

- Lors de chaque martelage, repérer les arbres porteurs de microhabitats (souvent des TGB) qui pourront être conservés. Le choix de ces arbres doit être orienté de manière à :
 - Garantir une offre en microhabitats importante et diversifiée : garder une diversité de types de microhabitats sur des essences variées. Dans les peuplements les plus productifs, on peut privilégier les arbres porteurs de plusieurs types de microhabitats pour limiter le nombre d'arbres à conserver.
 - Assurer une continuité spatiale et temporelle de cette offre :
 - la conservation à la fois d'îlots et d'arbres individuels répartis dans le peuplement permet d'assurer la continuité spatiale de l'offre en microhabitats ;
 - laisser cette partie du peuplement accomplir son cycle naturel complet afin d'en assurer la continuité temporelle (c'est-à-dire l'offre actuelle, mais également son renouvellement pour l'offre future). Cette pratique permet de plus d'assurer la continuité de l'offre en bois morts.
 - Privilégier les arbres qui présentent un intérêt économique faible, de manière à limiter le manque à gagner.

TAB. 2 - OCCURRENCE DES TYPES DE MICROHABITATS DANS LES FORÊTS

TYPES DE MICROHABITATS	FORÊT SUBNATURELLE	FORÊT EXPLOITÉE
Cavités évolutives à terreau	très fréquent	rare
Lianes ou gui	fréquent	fréquent
Cavités creusées par les pics / bois mort dans le houppier / charpentières brisées	fréquent	rare
Polypores	peu fréquent	très rare
Dendrotelmes / plages de bois non carié sans écorce	rare	fréquent
Fentes / coulées de sève	rare	très rare



Milieux ouverts

Une forêt n'est pas seulement un milieu fermé

Il est fréquent d'associer la forêt à un milieu fermé et sombre. Pourtant, **le paysage forestier est une mosaïque de peuplements fermés et de milieux ouverts en constante évolution**. Alors que des ouvertures apparaissent par endroits, d'autres se referment par ailleurs. La matrice forestière est ainsi ponctuée d'espaces mis en lumière de manière plus ou moins éphémère.

Les milieux ouverts en forêt peuvent prendre des formes variées. Certaines nous apparaissent évidentes, comme les ouvertures intra-forestières (trouées, clairières) ou les lisières. D'autres sont plus subtiles, correspondant à des situations où les arbres restent présents, mais dont les caractéristiques permettent l'arrivée de la lumière au sol. C'est le cas des peuplements d'essences au couvert clair (dont la densité et la structure du feuillage laissent pénétrer la lumière) et des peuplements clairsemés (avec une faible densité d'arbres) (Exemples dans la Fig. 2, p. 33).

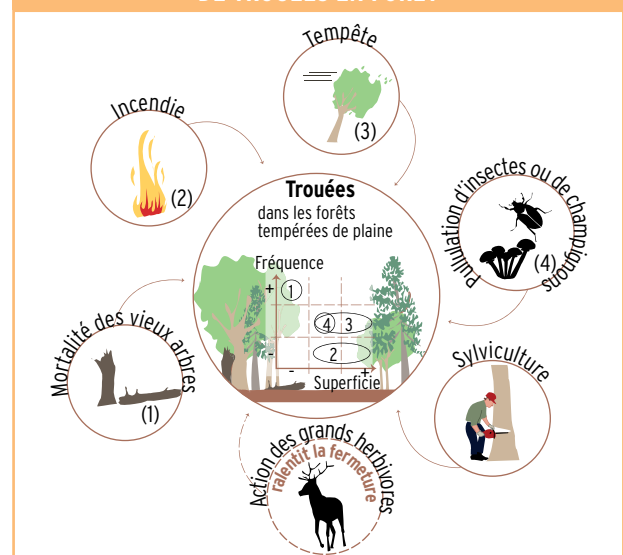
Des dynamiques de création et d'évolution variées pour une grande diversité de milieux ouverts

Les milieux ouverts forestiers peuvent avoir différentes origines. **Certains sont présents du fait d'une dynamique naturelle**, liés au contexte stationnel ou créés par des perturbations affectant régulièrement le peuplement. La fréquence et la nature de ces perturbations varient selon les écosystèmes forestiers. Dans les forêts françaises naturelles, les trouées les plus fréquentes sont liées à la mortalité des vieux arbres isolés ou en bouquets, et sont de taille modeste (quelques centaines de m²). Dans les forêts exploitées, c'est plus souvent l'action du vent qui est à l'origine de trouées naturelles. **D'autres milieux ouverts sont créés par l'Homme**, à l'occasion par exemple d'une coupe forestière ou de la mise en pâture d'un terrain boisé. À travers ses choix d'utilisation des sols, les traitements sylvicoles appliqués, l'intensité de l'exploitation et les essences favorisées, l'Homme agit de manière considérable sur diverses caractéristiques des milieux ouverts forestiers (Fig. 1).

Dans de nombreux cas, **ces milieux ouverts tendent naturellement à se refermer** du fait de la dynamique végétale. Cependant, ils évoluent à des pas de temps différents, en particulier car leur dynamique peut être contrainte par des facteurs naturels ou anthropiques. On peut distinguer de ce fait les milieux ouverts qui sont relativement stables à moyen ou long terme de ceux qui se referment rapidement (Fig. 2, p. 33).

La diversité de ces dynamiques n'est pas seule responsable d'une grande diversité de milieux ouverts. La multitude des situations et des caractéristiques rend **chacun de ces milieux unique, offrant des habitats singuliers au sein d'un peuplement**. On retrouve ainsi des assemblages d'espèces différents d'un milieu ouvert à un autre. En particulier, la surface, l'exposition, la présence d'attributs tels que le bois mort, la diversité des strates et des essences en bordure sont des éléments faisant varier la richesse et les assemblages d'espèces susceptibles de les fréquenter. Les milieux ouverts peuvent ainsi avoir des valeurs écologiques inégales. Par exemple, les petites trouées liées à la mortalité naturelle des arbres possèdent généralement plus d'attributs favorables à la biodiversité que les coupes rases.

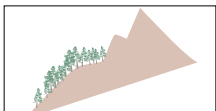
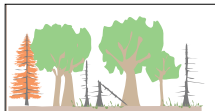
FIG. 1 - PRINCIPAUX FACTEURS À L'ORIGINE DE TROUÉES EN FORÊT



© C. F.



FIG. 2 - DIVERSITÉ DES DYNAMIQUES DES MILIEUX OUVERTS FORESTIERS

	Milieux ouverts relativement pérennes à moyen ou long terme		Milieux ouverts éphémères	
	du fait de contraintes stationnelles fortes	entretenus par l'Homme	d'origine naturelle	d'origine anthropique
	Faible dynamique, évolution naturelle lente dans le cas de modifications de ces conditions stationnelles. Ex. : assèchement d'une tourbière, stabilisation d'un éboulis, etc.	Dynamique bloquée par l'action anthropique. Évolution rapide si les milieux sont laissés à une évolution naturelle.	Dynamique de recolonisation active, évolution rapide vers une fermeture. Cet habitat spécifique dure en moyenne de 10 à 60 ans. Les espèces de ces habitats doivent migrer régulièrement vers de nouvelles ouvertures. Certaines graines longévives peuvent également rester en dormance dans le sol jusqu'à la prochaine ouverture (ex : les Digitales, les Joncs...)	
Ouverture intra-forestière	 Ex. : bas marais de fond de vallée, tourbière, éboulis	 Ex. : habitat (maison forestière), clairière de chasse	 Ex. : trouée liée à la mortalité des vieux arbres	 Ex. : coupes à blanc
Lisière	 Ex. : lisière sur crête ventée, le long d'une barre rocheuse	 Ex. : bordure de forêt, voirie, passage d'une ligne à haute tension	 Ex. : bordure d'une vaste ouverture intraforestière (suite à un incendie, une tempête, une coupe à blanc...)	
Peuplement clairsemé	 Ex. : écotone du subalpin, forêt sur éboulis, tourbière boisée	 Ex. : pré-bois	 Ex. : attaque parasitaire sur une essence dans un peuplement mixte	 Ex. : coupe de taillis sous futaie, futaie claire
Peuplement au couvert clair	 Ex. : aulnaie marécageuse	 Ex. : pinède sylvestre, frênaie, broussaie, mélèzins	 Ex. : jeune forêt avec essences pionnières	

© C.F.

Un apport de lumière qui profite à de nombreuses espèces

L'ouverture se traduit en premier lieu par **la pénétration de lumière et une modification des conditions microclimatiques** vers l'intérieur du peuplement forestier. On estime que, dans cette zone de transition, la luminosité au sol, la température et la sécheresse de l'air sont globalement plus élevées, selon un gradient décroissant à partir de la bordure du milieu ouvert, sur une dizaine à une centaine de mètres vers l'intérieur du peuplement. Il en résulte un certain nombre de **modifications plus ou moins directes des attributs du peuplement** sur l'ensemble de cette zone d'écotone, apportant une diversification des ressources disponibles.

De nombreuses espèces sont fortement dépendantes de ces ressources (Fig. 3, p. 34). Les espèces forestières en font une utilisation plus ou moins intense, pour laquelle on peut distinguer **différents degrés de fréquentation**. Certaines ont un

besoin constant de proximité d'un milieu ouvert. C'est le cas de la plupart des papillons de jour et des reptiles pour qui les lisières progressives constituent un habitat de prédilection. D'autres espèces plus mobiles utilisent les milieux ouverts quotidiennement sans pour autant s'y cantonner. On les retrouve ainsi abondamment à proximité des ouvertures à certains moments de la journée, lorsqu'elles y viennent pour assouvir différents besoins, en particulier alimentaires (Fig. 3, p. 34). Le reste du temps, elles vivent davantage sous le couvert forestier. C'est le cas de certaines chauves-souris, de mammifères carnivores, d'oiseaux et d'ongulés. Pour d'autres espèces encore, les milieux ouverts sont fréquentés à un moment du cycle de vie seulement. Les Syrphidae saproxyliques en sont un bon exemple : les larves vivent dans le bois mort ou les microhabitats, elles sont donc souvent présentes à l'intérieur des peuplements. Les adultes, en revanche, se nourrissent du nectar et du pollen des fleurs et fréquentent alors beaucoup les espaces ouverts.



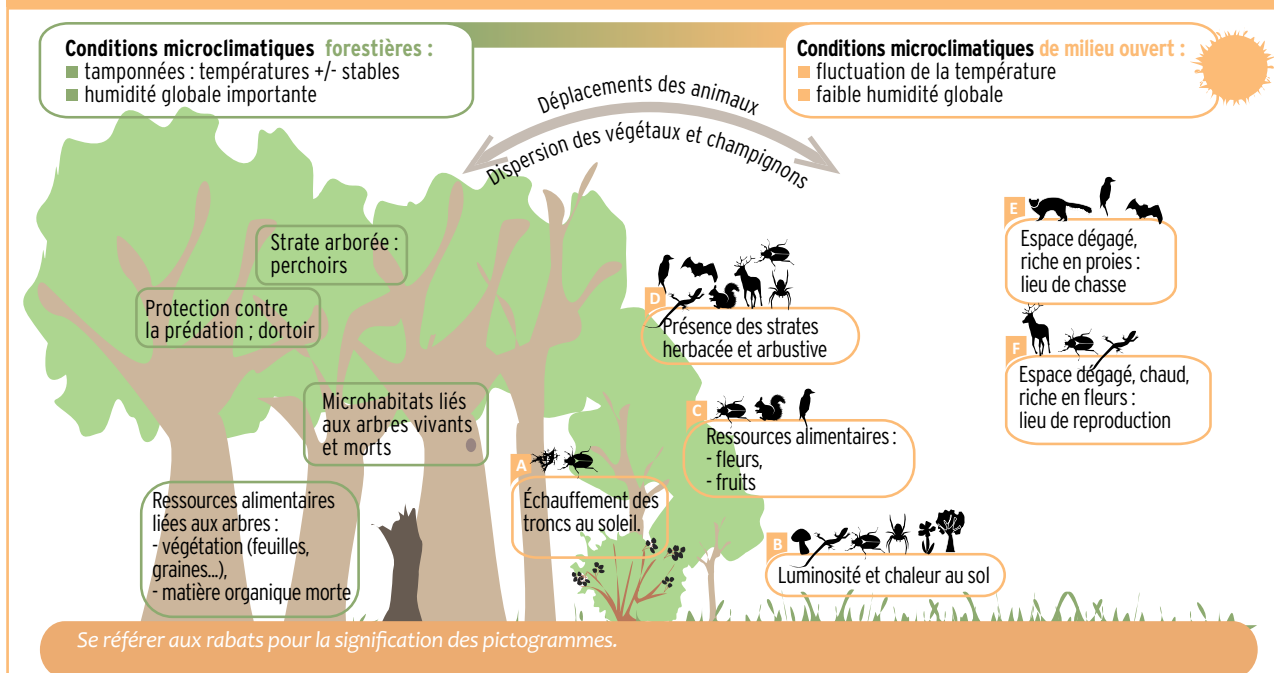
QU'EST-CE QU'UN MILIEU OUVERT AU SENS DE L'IBP ?

Il n'est pas toujours facile de déterminer les limites d'une ouverture en forêt. Le choix a été fait pour l'IBP d'utiliser les effets visibles de la mise en lumière sur la végétation. Les milieux ouverts, au sens de l'IBP, **sont ceux dans lesquels une flore particulière s'est développée, apportant une ressource en fleurs, au moins temporairement** (cf. Fig. 3 : B). Cette acception restrictive ne suffit pas à elle seule à traduire l'ensemble des effets de l'ouverture sur la biodiversité. Néanmoins la présence de cette flore particulière :

- ▶ joue un rôle notable pour répondre à des besoins de nombreuses espèces (cf. Fig. 3 : C, D, qui ont une influence indirecte sur E et F) ;
- ▶ est révélatrice de modifications climatiques locales dont l'influence sur la biodiversité dépasse ces seules variations floristiques (cf. Fig. 3 : A et B).

Elle constitue ainsi un indicateur commode, synthétisant des effets nombreux, bien que non exhaustifs, de l'ouverture du milieu sur la biodiversité.

FIG. 3 - DES ESPÈCES FORESTIÈRES NÉCESSITENT DES ATTRIBUTS DU PEUPLEMENT FORESTIER ET DE MILIEUX OUVERTS



A L'échauffement des troncs en lisière permet la présence de coléoptères forestiers thermophiles, tels que des espèces de la famille des Buprestidae ou encore de lichens héliophiles tels que *Parmelia caperata*.

B Certains champignons ectomycorhiziens fructifieraient davantage dans les trouées de petite dimension (<100m²), probablement du fait de l'apport de lumière, de chaleur et d'un arrosage du sol ponctuellement important (les précipitations ne sont pas interceptées par le couvert). Ces ouvertures ponctuelles pourraient donc jouer un rôle moteur dans la reproduction de ces champignons. La chaleur au sol est également recherchée par les animaux dont la température corporelle dépend des variations thermiques du milieu : reptiles, insectes, araignées...

B C D L'apport de lumière et de chaleur permet souvent à une flore différente de se développer :

- ▶ d'une part une flore héliophile (Euphorbes, Digitales, Sureaux, Sorbiers...) absente des couverts sombres, et apportant généralement des strates supplémentaires (les strates herbacée et arbustive sont plus facilement présentes que sous le couvert) ;
- ▶ d'autre part une flore présente aussi sous couvert, mais dont les fleurs et les fruits peuvent se développer davantage du fait de la mise en lumière (Reine des prés, Ronce, Myrtille, Prunellier, Aubépine...). Ainsi non seulement la biodiversité végétale en zone de lisière est forte, mais elle apporte en plus une ressource alimentaire supplémentaire à de nombreuses espèces animales forestières : certains rongeurs (Muscardin, Loir gris, Écureuil roux...) et oiseaux (famille des turridae notamment) mangent les fruits ; des insectes floricoles (tous les Syrphidae à l'âge adulte y compris ceux dont les larves sont saproxyliques, papillons de jour, certains coléoptères tels que les leptures) butinent les fleurs. La présence de strates basses et arbustives profite à de nombreux groupes (cf. facteur B « Structure verticale »).

E Ces espaces sont susceptibles d'être riches en proies, rassemblant une densité d'espèces importante issues à la fois des milieux ouverts et forestiers. Elles constituent des zones de chasses privilégiées, recherchées par bon nombre d'espèces. Le blaireau, par exemple, établit souvent son terrier en zone de lisière pour aller chercher des lombrics dans les clairières à la nuit tombée (plus nombreux que sous couvert forestier). Certaines espèces forestières sont gênées pour chasser au cœur des peuplements denses et ont besoin d'espaces relativement dégagés. C'est le cas des Noctules, chauve-souris qui, en raison de leur faible manœuvrabilité, chassent en zones de lisière ou au-dessus de la canopée.

F Certaines espèces se reproduisent préférentiellement dans les milieux ouverts à proximité des forêts. Cerfs et Chevreuils y sont souvent présents lors de la période de rut ou de mise bas. Ces milieux sont également précieux pour la reproduction des diptères Syrphidae du fait de la présence de fleurs dont la consommation permet le développement des ovaires et la production d'œufs. Les reptiles, quant à eux, viennent y chercher la chaleur nécessaire à leur accouplement et au développement des embryons.



Indépendamment du rôle joué vis-à-vis des espèces forestières, **certains milieux ouverts associés à la forêt constituent des habitats à part entière**. Ils apportent une diversité écosystémique à l'échelle du paysage et possèdent des caractéristiques propres qui leur permettent **l'accueil d'une biodiversité spécifique, telle que celle liée aux habitats de lisière, de lande ou de prairie**. On peut ainsi rencontrer dans les milieux ouverts forestiers des oiseaux tels que le Busard Saint-Martin, l'Engoulevent d'Europe ou la Fauvette grisette, des végétaux tels que le Genêt à balai, le Genévrier commun, des reptiles tels que la Vipère péliade. L'ouverture forestière peut alors jouer un rôle de refuge dans un contexte d'agriculture intensive.

Les ouvertures en forêt, une question de juste mesure

Les ouvertures exercent inévitablement une concurrence spatiale sur le peuplement fermé (sauf dans le cas des ouvertures liées à des contraintes stationnelles) : lorsque les milieux sont ouverts, le peuplement forestier disparaît. Or, si de nombreuses espèces forestières peuvent profiter de ces ouvertures, elles ont également besoin des attributs du milieu forestier fermé. Pour ces espèces, **la complémentarité entre milieu ouvert et milieu fermé est primordiale** (Fig. 3, p. 34). Il ne s'agit donc pas de chercher à substituer l'un à l'autre. En outre, pour d'autres espèces, les conditions spécifiques d'un couvert fermé sont indispensables tout au long du cycle de vie, alors que la mise en lumière exclut leur présence. C'est le cas par exemple des plantes sciaphiles strictes, telles que la fougère Scolopendre (*Asplenium scolopendrium*) ou encore la mousse Buxbaumie verte (*Buxbaumia viridis*).

Ainsi, il est nécessaire que des milieux ouverts en forêt soient présents selon les opportunités de chaque massif (coupes forestières, trouées liées à la mortalité des arbres, chemins, lignes à haute tension, sols à fortes contraintes...) sans pour autant fragiliser la trame forestière. **Ce subtil équilibre permettra la présence d'espèces aux exigences écologiques très variées.**

JUSQU'À QUEL DEGRÉ D'OUVERTURE UTILISER L'IBP ?

Dans un écosystème « mosaïque », combinant des espaces boisés et des milieux ouverts de surface importante (tels qu'un paysage de lande arborée), la biodiversité présente sera probablement dominée par des espèces non forestières. Or c'est bien la biodiversité forestière qui est visée par l'IBP, même si certains facteurs, notamment les milieux associés dont les milieux ouverts, peuvent être également favorables à des espèces fréquentant en priorité d'autres types de milieux. De ce fait, si les zones ouvertes occupent une surface élevée, l'IBP ne sera pas pertinent pour rendre compte de l'ensemble de la biodiversité potentiellement présente.

Prendre en compte les milieux ouverts dans la gestion courante

Pourquoi ?

■ Au cours du XX^e siècle, la tendance à la densification des forêts et les tentatives de reboisement de milieux naturellement ouverts (notamment les tourbières) a eu pour conséquence la **régression de la diversité ou de l'abondance des espèces au sein de plusieurs groupes**. De nombreuses espèces de papillons de jour sont menacées en Europe, certaines espèces de reptiles et de petits mammifères comme le Muscardin se raréfient.

■ Depuis quelques décennies, la situation tend à évoluer et les peuplements clairsemés sont plus fréquents (en particulier du fait d'une sylviculture plus dynamique). Néanmoins, il reste important de **veiller au maintien d'un réseau de milieux ouverts variés et de qualité au sein de la matrice forestière** afin d'assurer une continuité temporelle et spatiale des habitats et des ressources spécifiques qu'ils offrent. Cette continuité est nécessaire du fait du caractère éphémère de certaines ouvertures, en particulier pour les espèces à faible pouvoir de dispersion.

Comment ?

■ Dans une forêt dense, sans ouverture

➤ Favoriser ponctuellement des traitements sylvicoles qui ont pour conséquence la création de petites trouées éphémères et successives. Par exemple, la coupe d'arbres par plages amenant une régénération par tâches plutôt qu'en nappe permet des entrées de lumière ponctuelles favorables à la biodiversité.

➤ Lors de la création de ces trouées, conserver le bois mort initialement présent. Il possède, pour plusieurs groupes, un intérêt propre, différent du bois mort sous couvert.

■ Dans les milieux ouverts existants

➤ Conserver les arbres et arbustes fruitiers, les essences pionnières lorsqu'elles se sont développées. Elles apportent une diversité d'espèces supplémentaire, souvent riches en fleurs et fruits.

➤ Privilégier les lisières progressives et étagées, idéalement avec un ourlet herbacé, un cordon arbustif et un manteau arboré clairsemé ; après une coupe, ne pas replanter au plus près des limites afin de permettre l'installation et la dynamique d'une lisière naturelle.

➤ S'abstenir de boiser des milieux qui sont naturellement ouverts du fait de particularités stationnelles (tourbières, bas-marais, sols très minces...).

➤ Le blocage de la dynamique de fermeture par un entretien spécifique n'est pas recommandé dans un cadre de gestion ordinaire. Il peut néanmoins s'envisager dans des situations particulières, telles que la restauration d'espèces ou d'habitats menacés, dans un cadre de gestion patrimoniale.

La continuité temporelle de l'état boisé

Nos forêts actuelles n'ont pas toujours été présentes

Les paysages forestiers que l'on observe aujourd'hui, loin d'être figés et stables, sont le résultat d'une longue histoire et ne cessent d'évoluer au fil du temps. En Europe, durant la dernière période glaciaire (de - 80 000 à - 10 000 ans), une végétation de type toundra arborée, dominée par des Bouleaux, des Pins à crochets et des Saules nains, recouvre de manière diffuse l'ensemble des terres non gelées. Des îlots de végétation de climat plus tempéré se maintiennent dans quelques sites refuges, principalement méridionaux, jusqu'à ce que le climat commence à se réchauffer, il y a environ 15 000 ans. Cette végétation entame alors une longue recolonisation, jusqu'à recouvrir la quasi-totalité des régions de plaine françaises. À partir du Néolithique (~ 6000 av. J.-C.), elle est confrontée aux premières sociétés humaines sédentaires qui défrichent pour disposer d'espaces de pâturage et de culture. Au cours des millénaires qui suivent, la forêt connaît plusieurs épisodes de recul importants, ponctués par quelques avancées. La surface boisée diminue ainsi plus ou moins régulièrement jusqu'au milieu du XIX^e siècle. Puis la tendance s'inverse : les progrès de l'agriculture, l'exode rural, la diminution de la demande en bois et des opérations massives de boisement permettent à la forêt de regagner du terrain. La superficie de la forêt française métropolitaine n'a dès lors cessé de s'accroître, de telle sorte que près de **la moitié des forêts actuelles étaient, il y a deux siècles, des terres agricoles** (labours, prairies, pâtures) (Fig. 1, p. 37).

On peut parler de « **forêts millénaires** » pour désigner les forêts actuelles issues de la recolonisation forestière initiée dès la fin de la dernière glaciation, même si les essences qui dominent actuellement (telles que le Hêtre, le Chêne sessile ou le Sapin pectiné) n'ont recolonisé ces espaces que plus tardivement. Ces forêts n'ont jamais été entièrement défrichées et des arbres ont couvert ces espaces durant toute la période (même si leur densité était parfois très réduite), assurant une continuité temporelle de l'état boisé. **De telles**

forêts possèdent une biodiversité différente de celle observée dans les forêts ayant connu des défrichements au cours des derniers millénaires.

Néanmoins, il est impossible aujourd'hui d'assurer que des forêts millénaires existent encore sur le territoire français. En pratique, on considère aujourd'hui le milieu du XIX^e siècle comme date de référence pour distinguer des forêts anciennes de forêts récentes, pour 3 raisons :

- c'est la période où la surface forestière française était à son minimum. Les forêts présentes à cette date ont donc une forte probabilité d'avoir connu une longue continuité de l'état boisé ;
- des documents écrits, textes et cartes, permettent de localiser avec précision les limites forestières à cette époque ;
- des recherches ont montré que les effets de la continuité de l'état boisé sur la biodiversité, en prenant cette date comme référence, étaient très significatifs.

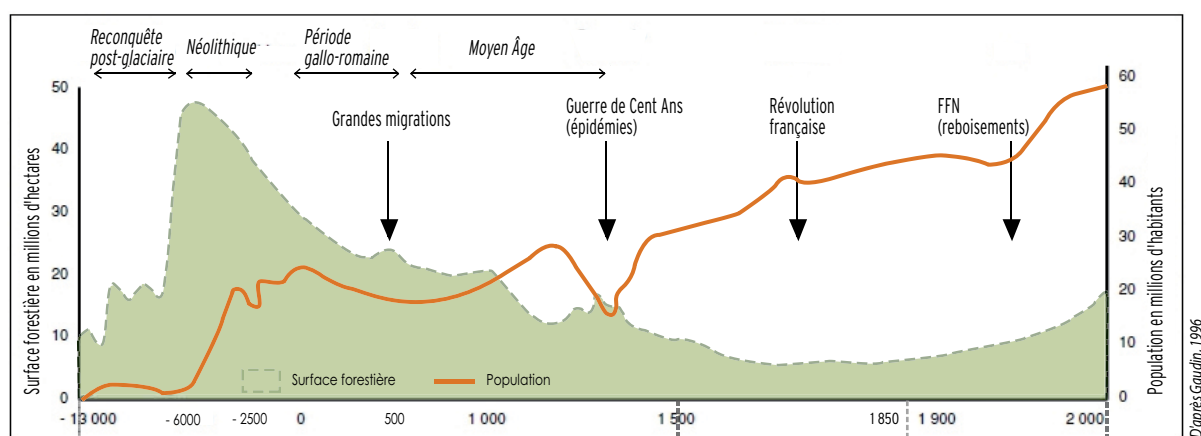
ATTENTION À NE PAS CONFONDRE ANCIENNETÉ DE LA FORÊT ET ÂGE DU PEUPEMENT

Le terme d'**ancienneté** n'est pas relatif à l'âge des arbres qui composent les peuplements, mais à la présence continue d'arbres depuis une date de référence donnée (1850, selon la définition adoptée ci-dessus). Une forêt ancienne peut être composée de peuplements jeunes comme de peuplements âgés. En revanche, une forêt récente ne comporte nécessairement que des arbres de moins de 160 ans.

L'**âge** du peuplement influe également sur la biodiversité. Dans un processus d'évolution naturelle, les peuplements âgés de plus d'un siècle peuvent comprendre de très gros arbres, du bois mort sous des formes diverses et des micro-habitats variés. Ces caractéristiques permettent l'accueil d'une diversité d'espèces plus importante que dans un peuplement jeune. Cependant, cette maturité écologique n'est pas dépendante de l'ancienneté de l'état boisé.



FIG. 1 - L'ÉVOLUTION DE LA SURFACE FORESTIÈRE EN FRANCE EST MARQUÉE PAR DE GRANDES PÉRIODES DE DÉFRICHEMENTS, LIÉES À L'ÉVOLUTION DE LA POPULATION HUMAINE



Il résulte de cette histoire un mélange actuel de forêts anciennes (dont des forêts millénaires ?) et de forêts récentes :

Forêt	Forêt	Forêt	FORÊT MILLÉNAIRE
Forêt	?	Forêt	FORÊT ANCIENNE de 150 ans minimum
Forêt	?	Mise en culture	FORÊT RÉCENTE de 120 ans

Pourquoi la biodiversité des forêts anciennes est-elle différente de celle des forêts récentes ?

Dans une forêt récente...

1/... des composantes du milieu ont été modifiées...

Le sol, une des composantes majeures de l'écosystème forestier, est fortement modifié lors d'une mise en valeur agricole (Fig. 2). Même si ces modifications sont parfois difficiles à observer, elles peuvent perdurer durant des millénaires. Certaines, comme l'épierrement ou l'augmentation de la teneur en phosphore peuvent ainsi être considérées comme irréversibles à une échelle de temps historique.

... et provoquent des changements dans les assemblages d'espèces, pour certains groupes taxonomiques.

Certaines espèces forestières sensibles à ces modifications du milieu ne retrouvent plus les conditions nécessaires à leur développement dans les nouveaux habitats que sont les forêts récentes, et n'y sont plus observées. À l'inverse, d'autres espèces, souvent moins strictement liées aux forêts, profitent de ces modifications d'habitats pour se développer.

2/ ... les espèces les moins mobiles sont moins souvent présentes.

La capacité des individus à recoloniser une forêt récente est très variable d'un groupe taxonomique à l'autre et d'une espèce à l'autre (Fig. 3). Par exemple, les oiseaux et les chauves-souris, pouvant parcourir rapidement des distances importantes, recolonisent aisément un nouveau milieu dès lors que l'habitat leur est favorable. Pour la flore, la capacité de colonisation est fortement liée au mode de dispersion : les espèces dispersées par les animaux (telles que le Gailllet grateron), parcourent des distances beaucoup plus importantes que celles qui se propagent par voie végétative.

FIG. 2 - EXEMPLES DE MODIFICATIONS DU SOL PAR L'ACTIVITÉ AGRICOLE PASSÉE

Modification des propriétés physiques

- Érosion liée à la mise à nu des sols
- Épierrement
- Compactage des couches superficielles

Modification des propriétés chimiques

- Enrichissement en azote, phosphore, calcium, magnésium, sodium (fumure, amendements, fertilisation)
- Matière organique mélangée sur une plus grande épaisseur que dans les sols forestiers non perturbés, du fait des labours : tendance à l'homogénéisation des couches superficielles du sol
- Recarbonatation de surface suite au labour (quand le substrat est carbonaté)

FIG. 3 - DES CAPACITÉS DE RECOLONISATION INÉGALES SELON LES ESPÈCES

Capacité de dispersion	Compétitivité
Exemple d'une espèce inféodée aux forêts anciennes : le Muguet (<i>Convallaria maialis</i>)	
(30 - 50 m /siècle) ← FAIBLE	FAIBLE →
Exemple d'une espèce recolonisant rapidement les forêts récentes l'Ortie dioïque (<i>Urtica dioica</i>)	
← FORTE	FORTE →
Les espèces à faible capacité de dispersion ne peuvent recoloniser rapidement les forêts récentes que si ces dernières sont connectées ou proches d'une forêt ancienne.	

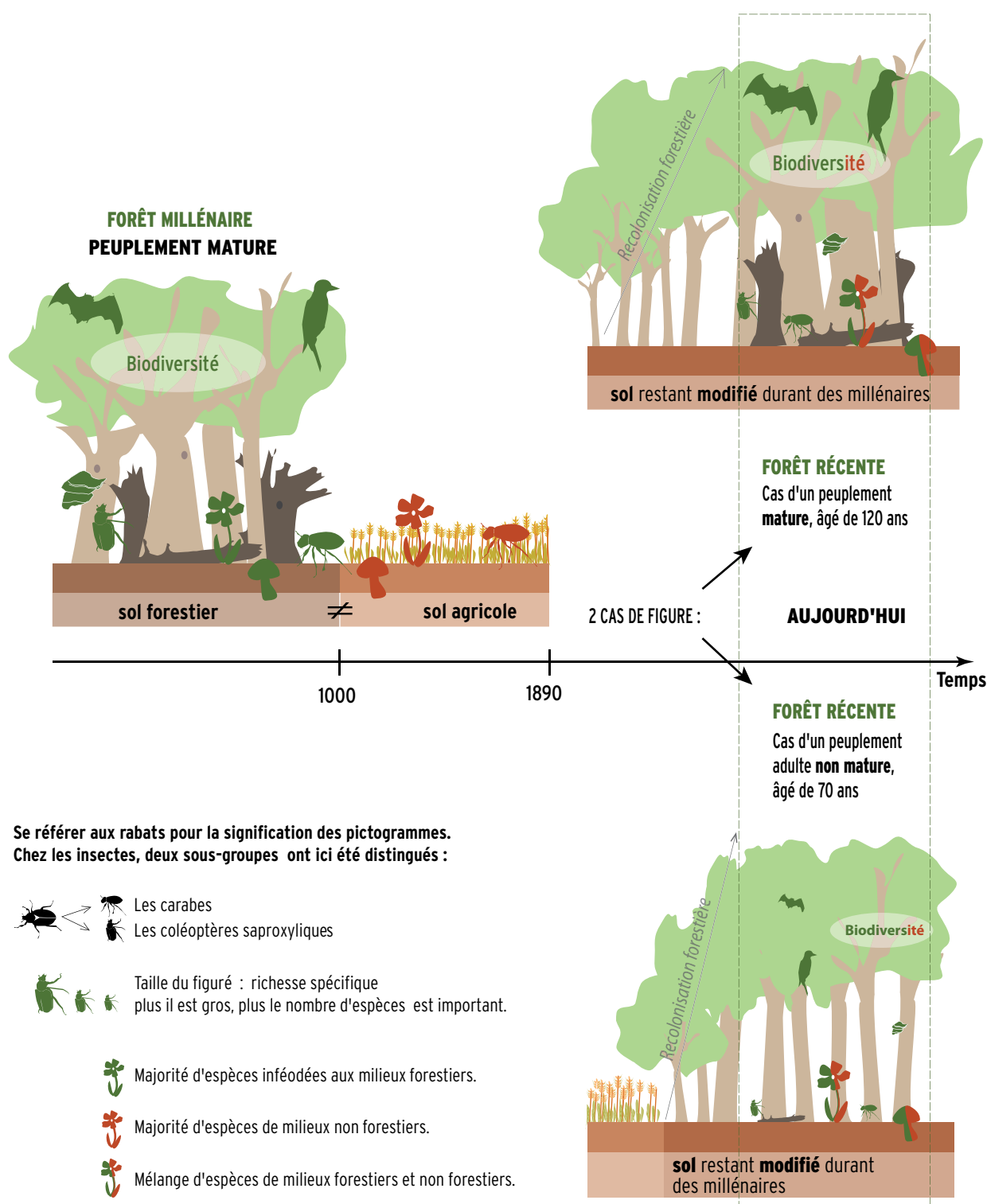


La compétitivité des espèces végétales entre également en jeu dans la dynamique de colonisation, certaines espèces s'installant rapidement au détriment d'autres. Chez les coléoptères, on distingue des espèces capables de recoloniser rapidement de nouveaux habitats éphémères et dispersés (tels que les Scolytidae de bois mort frais) et des espèces se développant dans des habitats généralement pérennes,

dont les individus les plus mobiles ne se déplacent que de quelques dizaines de mètres (comme certains coléoptères vivant dans les cavités à terreau ou des gros bois morts au sol).

Ainsi, la faible capacité de dispersion de certaines espèces vivant dans les forêts anciennes limite leur présence dans les forêts récentes (Fig. 4).

FIG. 4 - INCIDENCE DE LA DISCONTINUITÉ DE L'ÉTAT BOISÉ SUR QUELQUES GROUPES TAXONOMIQUES





Quelles sont les espèces que l'on observe dans des forêts anciennes ? Dans des forêts récentes ?

Pour certains groupes, les cortèges d'espèces des forêts anciennes diffèrent de ceux des forêts récentes. Il est ainsi possible de distinguer celles que l'on retrouve préférentiellement dans l'une ou l'autre des situations, par leur

fréquence différente (Fig. 5). Attention cependant à ne pas faire de conclusions hâtives : la présence d'une espèce liée aux forêts anciennes dans un peuplement ne signifie pas que l'on se trouve forcément dans une forêt ancienne. On peut également les retrouver en forêt récente, mais plus rarement.

FIG. 5 - QUELQUES EXEMPLES D'ESPÈCES QUE L'ON RETROUVE PRÉFÉRENTIELLEMENT :

EN FORÊT ANCIENNE			EN FORÊT RECENTE		
FLORE					
Muguet (<i>Convallaria maialis</i>)	Aspérule odorante (<i>Gallium odoratum</i>)	Chêne sessile (<i>Quercus petraea</i>)	Tamier commun (<i>Tamus communis</i>)	Ortie dioïque (<i>Urtica dioïca</i>)	Chêne pédonculé (<i>Quercus robur</i>)
					
© S. G. / CRPF CA	© S. G. / CRPF CA	© S. G. / CRPF CA	© J. W.	© S. G. / CRPF CA	© S. G. / CRPF CA
CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS (se développant sur les racines des plantes)					
<i>Ramaria neoformosa</i>	<i>Russula romellii</i>	<i>Lactarius torminosus</i>	<i>Tricholoma fulvum</i>		
					
© G. C.	© G. C.	© G. C.	© G. C.		
CHAMPIGNONS SAPROXYLIQUES (se développant sur les arbres dépérissants ou morts)					
<i>Lentinellus castoreus</i>	<i>Hericium clathroides</i>	<i>Piptoporus betulinus</i>	<i>Trametes hirsuta</i>		
					
© C. G.	© F. P.		© R. H.		
COLÉOPTÈRES SAPROXYLIQUES					
<i>Ceruchus chrysomelinus</i>	<i>Trachodes hispidus</i>	<i>Rhagium inquisitor</i>	<i>Cetonia aurata</i>		
					
© B. C.	© J. D.	© R. R.	© M. SW.		
COLÉOPTÈRES PRÉDATEURS					
<i>Carabus glabratus</i>	<i>Abax parallelus</i>	<i>Carabus auratus</i>			
					
© S. GU.	© D. R.	© C. H.			
Les exemples d'espèces pour la flore sont issues de plusieurs publications internationales, ceux pour les champignons et coléoptères sont issus d'expertise d'écologues taxonomistes.					

Les exemples d'espèces pour la flore sont issues de plusieurs publications internationales, ceux pour les champignons et coléoptères sont issus d'expertise d'écologues taxonomistes.



Comment déterminer si une forêt est « ancienne » ?

Pour retracer l'histoire d'une forêt et ainsi avoir une idée de son ancienneté, différents documents historiques, en particulier cartographiques, peuvent être utilisés. Pour la première moitié du XIX^e siècle, une solution pratique consiste à consulter la carte d'État-Major, levée entre 1818 et 1866, disponible sur le site du Géoportail (www.geoportail.gouv.fr). Cette carte est la première à allier une grande précision géométrique et un niveau de détail important dans la représentation de l'utilisation des sols, à l'échelle de la France entière. Malgré des difficultés possibles d'interprétation des figurés, elle permet dans la plupart des cas d'identifier la présence de forêts à la date de la carte (représentées par des aplats vert-jaune).

D'autres sources comme des cartes antérieures au XIX^e siècle (carte des Cassini, plans terriers, de bornage...) ou encore des documents non cartographiques (photos aériennes, témoignages historiques, descriptions des commissaires-réformateurs de Colbert, rapports archéologiques...) sont bien sûr à considérer quand elles sont disponibles. Leur interprétation peut néanmoins nécessiter l'aide de spécialistes. À noter que la carte des Cassini, levée entre 1749 et 1790, est également consultable sur le site du Géoportail pour l'ensemble de la France. Des couches SIG récemment réalisées par le WWF et l'INRA sont également disponibles, sur demande (cf. Vallauri *et al.*, 2012). Bien qu'offrant une précision moindre que la carte d'État-Major, elle peut néanmoins apporter une information antérieure et complémentaire.

Des éléments précieux d'interprétation sur l'ancienneté d'une forêt peuvent enfin être trouvés directement dans le peuplement, à travers :

- l'observation de traces d'occupation ancienne : ruines de bâtiments, terrasses de culture, tas d'épierrement... On a par exemple observé des parcellaires antiques dans de nombreuses forêts.
- des relevés floristiques pouvant révéler des cortèges caractéristiques (Fig. 5, p. 39).

Prendre en considération l'ancienneté de l'état boisé dans la gestion courante

Pourquoi ?

■ **La diversité des espèces au sein de plusieurs groupes est plus importante** dans les forêts anciennes que dans les forêts récentes (pour des caractéristiques similaires par ailleurs). On ne retrouve, dans les forêts récentes, ni les espèces les plus sensibles à la modification du milieu ni les moins mobiles (Fig. 4, p. 38).

■ Les forêts anciennes sont des écosystèmes intéressants pour leur **typicité** : ils sont constitués d'une biodiversité



Carte topographique actuelle.



Carte d'État-Major - mi XIX^e siècle.



Carte des Cassini - fin XVIII^e siècle.

typiquement inféodée aux forêts, à l'inverse de celle présente dans les forêts récentes qui est un assemblage d'espèces forestières et non forestières.

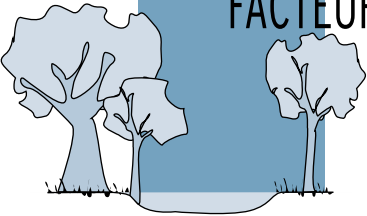
■ Les recherches en cours suggèrent que les forêts anciennes constituent l'**habitat privilégié d'un certain nombre d'espèces reliques** dont les faibles capacités de dispersion ont réduit la présence à quelques rares enclaves isolées. Elles sont les derniers refuges pour ces populations fragiles sur les plans démographique et génétique, avant leur extinction ou leur restauration.

Comment ?

■ Identifier la présence d'îlots de forêts anciennes dans le massif géré, à l'aide des documents historiques proposés ci-dessus.

■ Éviter les modifications majeures dans les îlots de forêts anciennes : défrichements, atteintes au sol, modification importante de la composition en essences.





Milieux aquatiques

Les milieux aquatiques en forêt, au cœur de nombreux enjeux...

Les milieux aquatiques ont toujours été au cœur des préoccupations humaines. Présentant de nombreux intérêts tant pour la consommation en eau potable, que pour l'irrigation, l'alimentation du bétail, la pêche, le transport ou encore les activités industrielles et de loisir, ils sont également sources de préoccupations. Certains, comme les marais, ont longtemps été considérés comme insalubres et d'autres constituent des sources de danger, en témoignent les crues dévastatrices de certains cours d'eau. Étant donné l'importance des enjeux auxquels ils sont associés, l'Homme a cherché assez tôt à maîtriser les milieux aquatiques. Nombre d'entre eux sont aujourd'hui fortement anthropisés, en particulier en zone urbaine ou agricole.

En forêt, on peut néanmoins rencontrer des habitats aquatiques dont les dynamiques ont été peu modifiées par l'Homme. Les arbres et le sol forestier y jouent un rôle important et positif dans le cycle de l'eau : limitation du ruissellement et régulation des écoulements, épuration, par exemple. Les eaux présentes en forêt sont souvent de meilleure qualité qu'en zone agricole, en raison d'une activité moins interventionniste (moins d'intrants, faible occurrence d'intervention).

... dont l'accueil d'une riche biodiversité

Les milieux aquatiques jouent également un rôle particulier vis-à-vis de la biodiversité. L'eau est indispensable à l'ensemble des êtres vivants. Elle est présente de manière diffuse et parfois peu visible dans tous les écosystèmes forestiers (gouttelettes de rosée, dans les pores du sol...). Mais c'est sous sa forme d'eau libre qu'elle constitue un habitat et une ressource particulièrement recherchés par de nombreuses espèces. La rencontre des milieux aquatiques et terrestres en forêt crée ainsi une interface concentrant une riche biodiversité.

Des besoins en eau variés selon les espèces

Si l'eau est vitale pour les êtres vivants, tous n'en ont pas les mêmes besoins et n'en font pas la même utilisation.

En forêt, certaines espèces l'utilisent en infime quantité

pour s'hydrater et n'ont pas particulièrement besoin d'eau libre. Par exemple, de nombreux insectes consomment l'eau de la rosée ou encore certaines plantes épiphytes se contentent de l'humidité atmosphérique.

D'autres espèces forestières, en revanche, nécessitent la présence de milieux humides ou aquatiques :

➤ certains végétaux, très sensibles au stress hydrique, **s'expriment de manière privilégiée dans des sols constamment ou régulièrement gorgés d'eau.** Ces espèces, peu compétitives, sont souvent observées dans ces conditions particulières où beaucoup d'autres espèces ne sont pas capables de se développer. Ce sont en particulier les espèces hygrophiles comme l'Aulne glutineux, la plupart des Saules, les Gaillets des marais et des fanges, la fougère Osmonde royale, etc. ;

➤ chez les animaux forestiers, un certain nombre d'espèces **dépendent de la présence d'étendues d'eau.** Bien qu'elles nécessitent des attributs du milieu forestier, l'eau intervient également dans l'accomplissement de besoins vitaux, à différents moments de leur cycle de vie. Milieux aquatiques et forestiers sont alors complémentaires à leur survie. C'est notamment le cas des espèces :

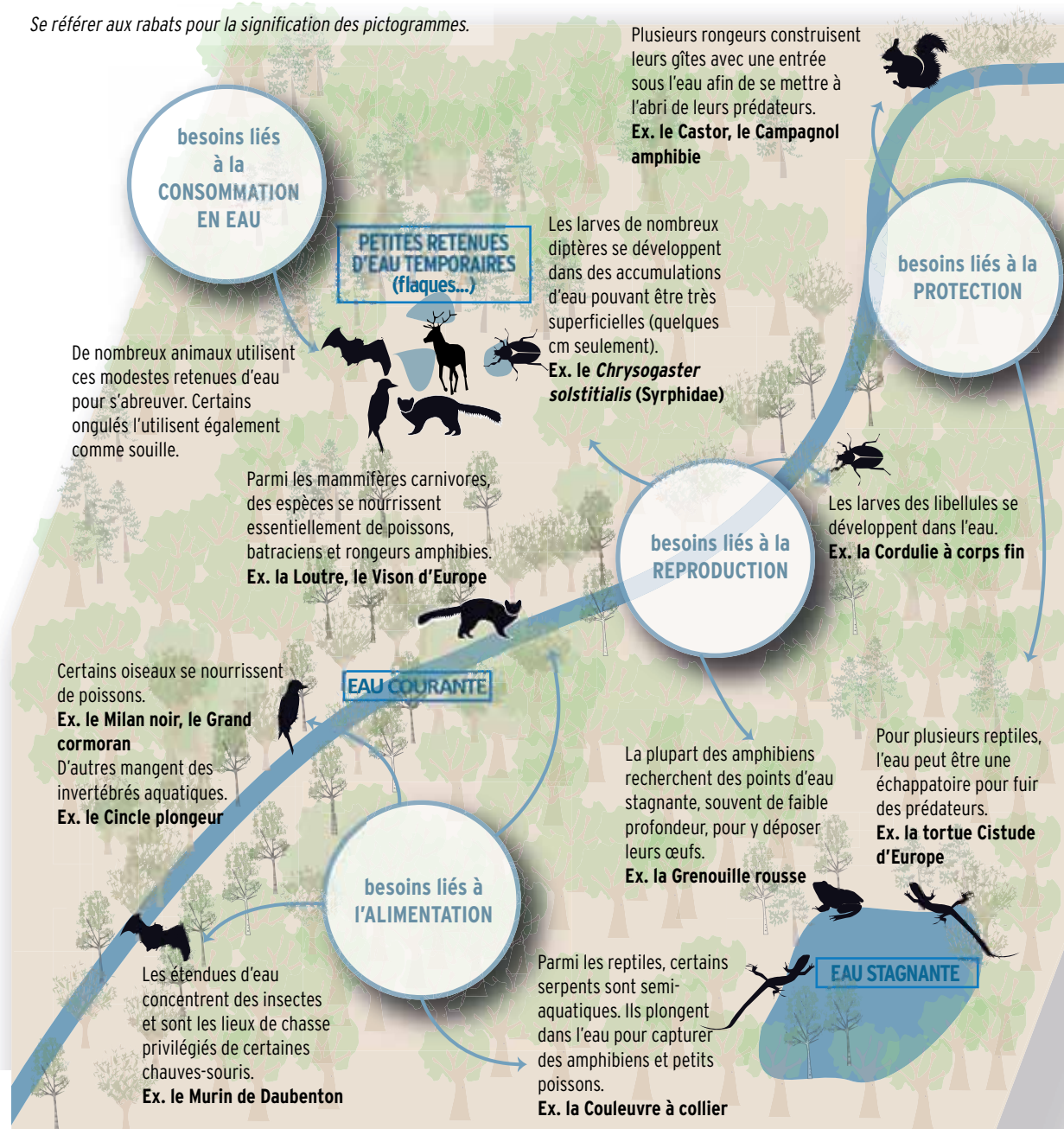
- se nourrissant principalement d'organismes vivants dans l'eau. Par exemple, chez les oiseaux, mammifères et reptiles, plusieurs espèces mangent des poissons, des amphibiens ou encore des insectes aquatiques ;
- s'abreuvant régulièrement dans des étendues d'eau, telles que la plupart des mammifères ;
- ayant besoin d'eau pour la reproduction. C'est le cas de la grande majorité des amphibiens et d'un certain nombre d'insectes qui déposent leurs œufs en pleine eau ou sur des supports immergés, l'eau étant nécessaire au développement des embryons et des larves ;
- utilisant l'eau pour se protéger des prédateurs terrestres. C'est notamment pour cette raison que certains rongeurs établissent l'entrée de leur gîte sous l'eau (Fig. 1, p. 43).

Enfin, pour certaines espèces, l'eau constitue **un milieu de vie à part entière** dans lequel elles **passent l'intégralité ou l'essentiel de leur vie.** Elle est nécessaire à l'accomplissement de la plupart de leurs fonctions vitales



FIG. 1 - PRINCIPAUX BESOINS DES ANIMAUX FORESTIERS DÉPENDANTS D'HABITATS AQUATIQUES

Se référer aux rabats pour la signification des pictogrammes.



Les exemples cités ici sont des espèces forestières, en partie dépendantes d'un milieu aquatique, mais trouvant dans le milieu forestier des attributs qui leur sont nécessaires, au moins à un moment de leur cycle de vie (pour certaines, on peut néanmoins les trouver également dans d'autres types d'habitats). Par exemple, le Milan noir a besoin de grands arbres à proximité de l'eau pour établir son nid ; la Loutre utilise entre autres les racines des arbres des berges pour faire sa tanière (« catiche ») ; la libellule Cordulie à corps fin utilise les arbres comme support au moment de sa dernière métamorphose (passage de la nymphe à l'adulte).

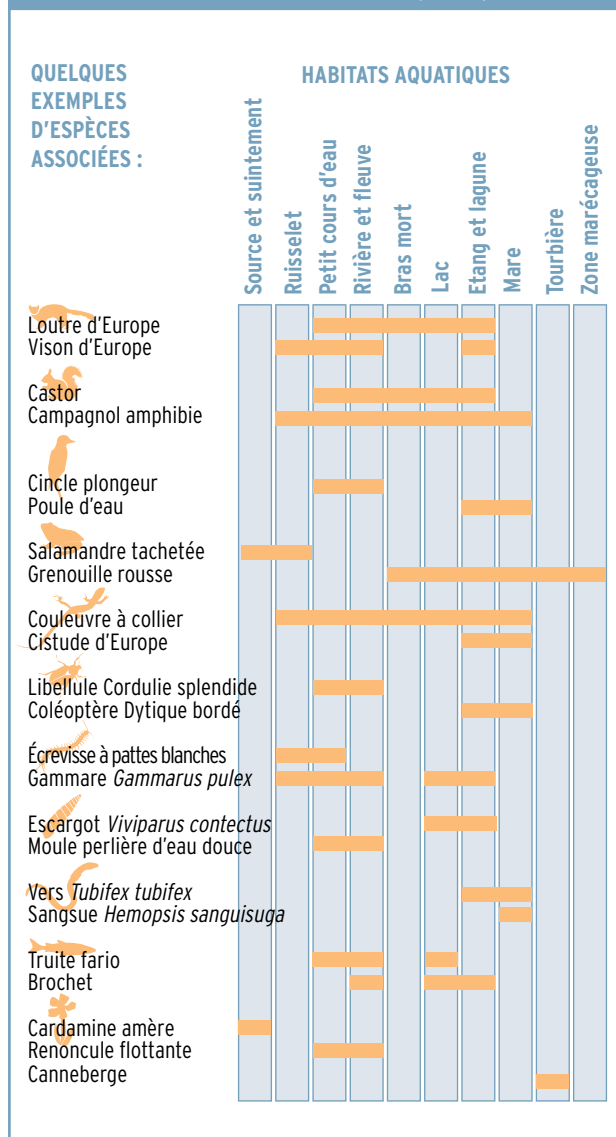
Les représentations ne couvrent pas la totalité des comportements et des lieux de vie : le positionnement d'une espèce au niveau de la mare n'exclut pas sa présence dans le cours d'eau ; la mention du besoin d'un milieu aquatique pour la reproduction n'exclut pas un besoin également pour l'alimentation (par exemple).

130

(alimentation, reproduction, respiration...). Les milieux aquatiques accueillent ainsi des poissons, du phytoplancton (cyanobactéries, diatomées...), du zooplancton, ainsi que des espèces aquatiques parmi les groupes suivants : mollusques (escargots, moules), crustacés, insectes (larves

de libellules, de trichoptères, d'éphéméroptères, de plécoptères, de diptères ; coléoptères, punaises), annélides (sangues, planaires), végétaux (algues, nénuphars, lentilles d'eau...) et champignons (la plupart des chytridiomycètes, certains ascomycètes).

FIG. 2 - DES CORTÈGES DIFFÉRENCIÉS SELON LE TYPE DE MILIEU AQUATIQUE



Des milieux aquatiques sous différentes formes et des cortèges d'espèces diversifiés

Depuis la source, où elle émerge à la surface du sol, jusqu'à la mer, l'eau liquide traverse les continents sous des formes très variées. Les milieux aquatiques formés tout au long de son parcours constituent des habitats offrant des conditions de vie très diversifiées. Les cortèges d'espèces qu'ils accueillent sont, de ce fait, très différents d'un milieu à un autre. Au sein des dynamiques hydrologiques, les facteurs influant sur les cortèges sont nombreux.

À large échelle, au niveau national, les dynamiques continentales ou littorales des eaux induisent des **eaux salées, saumâtres ou douces**, responsables de fortes différences entre les cortèges observés dans l'un ou l'autre des milieux. Par ailleurs, les différences de relief entre les **grands domaines géographiques de plaine et de montagne** entraînent des morphologies très différentes des cours d'eau, se répercutant sur les espèces associées.

À une échelle intermédiaire, dans une région donnée, la dynamique stagnante ou courante de l'eau et la morphologie de l'habitat, en particulier **ses dimensions (surface, profondeur)**, constituent deux facteurs de différenciation importants pour les espèces. Alors que les eaux stagnantes sont relativement calmes, souvent faiblement oxygénées, les eaux courantes sont caractérisées par une oxygénation plus forte de l'eau. Les besoins en oxygène et la capacité de résistance au courant sont contraignants pour les espèces et orientent considérablement les assemblages. Quant à la surface de l'étendue d'eau et sa profondeur, elles ont une incidence sur les conditions microclimatiques de l'habitat : pénétration du rayonnement solaire dans toute ou partie de la colonne d'eau pouvant entraîner la présence d'un gradient ou d'une stratification thermique. Les dimensions déterminent aussi la possibilité de présence d'une espèce en fonction de son comportement territorial. Le domaine vital d'une Loutre adulte, par exemple, varie entre 15 à 40 km linéaires pour les cours d'eau, et 5 à 30 km² pour les plans d'eau. On ne la retrouve pas, de ce fait, dans de petites mares isolées.

Une typologie des milieux aquatiques a été établie pour l'IBP, en utilisant principalement ces critères de dynamique courante ou stagnante et de dimensions. Ces derniers paraissent pertinents pour distinguer facilement des habitats possédant des cortèges différenciés à l'échelle du peuplement (Fig. 2 et Tab. 1, p. 46-47). Ainsi, la présence de plusieurs types de milieux aquatiques va se traduire par des cortèges associés variés, et donc une biodiversité globale plus élevée.

À une échelle fine, au sein d'un même type de milieux aquatiques, les cortèges d'espèces peuvent encore varier fortement en fonction de facteurs supplémentaires. On note en particulier l'importance de la composition chimique de l'eau, de sa température et de ses conditions d'ensoleillement (moyenne et variabilité journalière et saisonnière), de la complexité structurale de l'habitat et enfin des modalités de la dynamique hydrologique régissant le milieu (Fig. 3, p. 45).

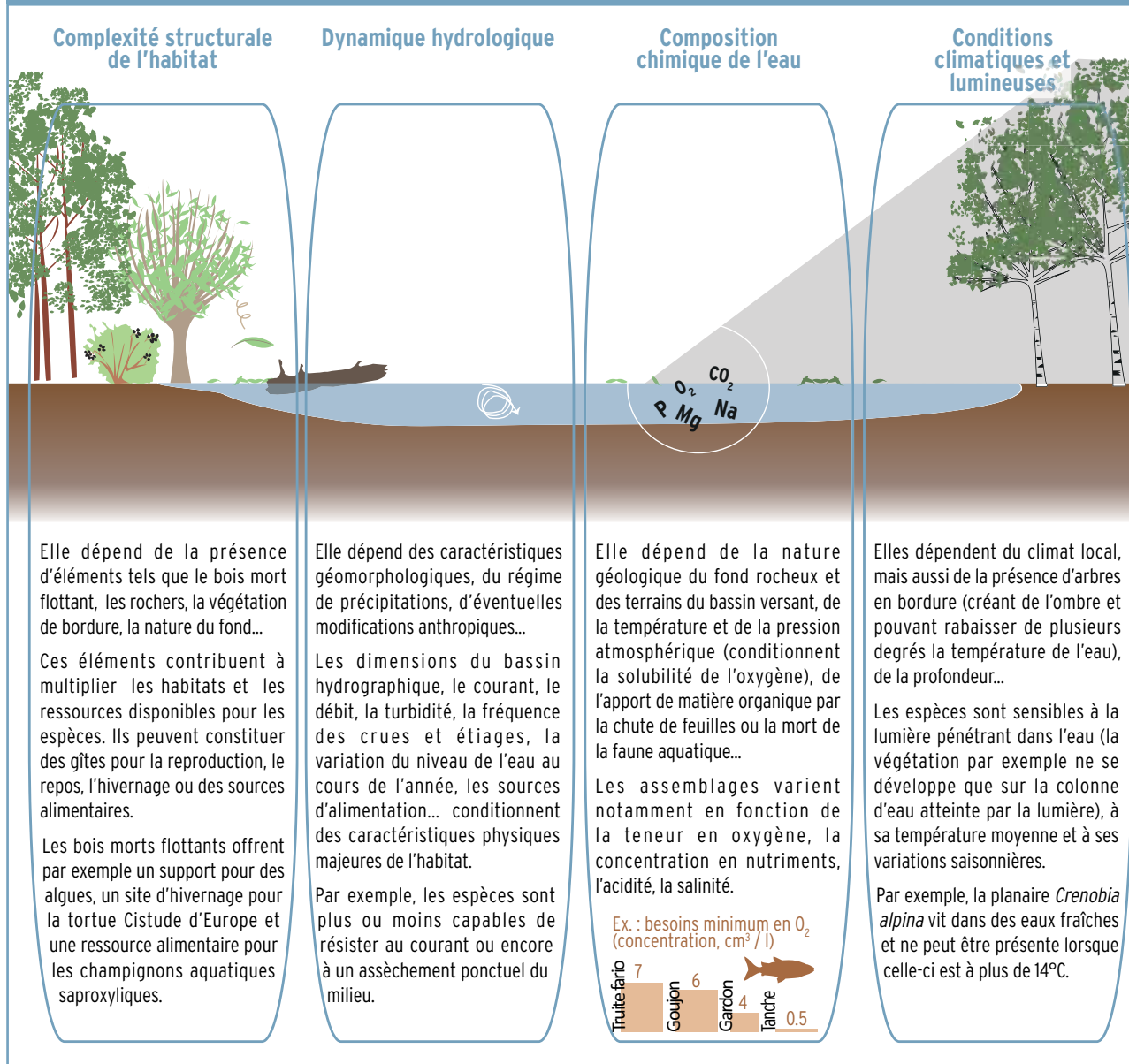
Prendre en compte les milieux aquatiques dans la gestion courante

Pourquoi ?

Les milieux aquatiques constituent des écosystèmes très diversifiés. Leur présence dans un peuplement forestier contribue à augmenter la biodiversité et est nécessaire à la survie de nombreuses espèces forestières. Très sensibles à l'action humaine, ces milieux se sont raréfiés et beaucoup ont vu leur dynamique modifiée. Un certain nombre d'espèces qui leur sont inféodées se trouvent aujourd'hui menacées (Sonneur à ventre jaune, Vison d'Europe...).



FIG. 3 - DES FACTEURS CLÉS INFLUENÇANT LES CORTÈGES ET LA RICHESSE EN ESPÈCES À UNE ÉCHELLE FINE



© C. L.

Tous les milieux aquatiques sont liés entre eux au travers du cycle de l'eau. Les atteintes à un milieu aquatique dans une parcelle peuvent ainsi se répercuter bien plus loin sur d'autres milieux aquatiques. Il est donc important de veiller à préserver l'eau à tous les stades de son cycle.

Comment ?

Outre les mesures réglementaires de portée générale ou liées à des espaces particuliers (périmètre de captage par exemple), les préconisations en faveur de la biodiversité peuvent être résumées autour de trois objectifs :

■ Maintenir la qualité de l'eau

- Éviter les traversées de milieux aquatiques avec des engins forestiers ou prévoir préalablement un aménagement temporaire (kit de franchissement par exemple).
- Limiter toutes sources de pollution de l'eau : hydrocarbures,

huiles, phytocides, insecticides, engrais... afin de ne pas en modifier l'équilibre chimique, ni favoriser le développement d'une flore très compétitive, conduisant à une banalisation de la végétation (Ortie par exemple).

- Lors d'une exploitation ou de la création d'une piste, prendre des précautions afin de limiter l'impact sur les sols et leur érosion. Le départ de terre fine peut rendre l'eau turbide, voire combler le fond des cours d'eau.

■ Maintenir les dynamiques hydrologiques existantes

- S'abstenir de boiser des milieux humides qui n'ont pas de vocation de production de bois (tourbières...).
- Préserver l'écoulement naturel des cours d'eau : ne pas recourir à des opérations de drainage, de canalisation forcée ou d'obstruction de ruisseaux et chenaux.
- Chercher à conserver du bois mort immergé. Il constitue un élément important de la dynamique et de la composition des milieux aquatiques et de nombreuses espèces en dépendent.



■ Préserver l'écosystème aux abords des milieux aquatiques

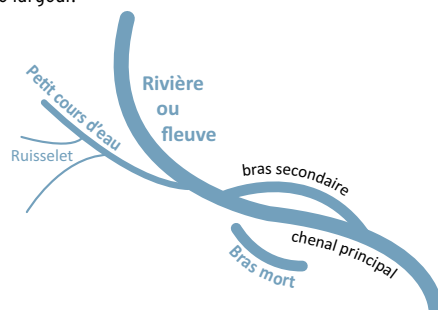
- Limiter le développement des espèces invasives (Renouée du Japon, Balsamine de l'Himalaya, Jussie...);
- Favoriser le maintien d'une bande boisée le long des cours d'eau et des plans d'eau, avec une végétation naturelle dominée par les espèces de l'habitat (Aulnes, Saules, Peupliers

noir ou blanc...), en particulier en présence de peuplements monospécifiques de type résineux ou peupleraie ;

- En cas d'intervention sur le milieu aquatique (curage de fossés par exemple), éviter de troubler la faune en tenant compte des périodes de reproduction et d'hivernage des espèces présentes.

TAB. 1 - LA TYPOLOGIE DES MILIEUX AQUATIQUES DE L'IBP

Types de milieux aquatiques	Comment les reconnaître ?	Remarques
Sources (et suintements) 	Émergences ponctuelles d'eau souterraine. Ces milieux se limitent au point où l'eau sourd. Elle peut prendre la forme d'une source ou d'une zone d'écoulement diffus sur pentes et sur rochers (suintements). Ces milieux peuvent se prolonger en un ruisseau ou en zone marécageuse (qui constituent alors d'autres types).	À la sortie de la source, l'eau a les caractéristiques de la nappe dont elle est issue, avec une température très constante, généralement fraîche même en été et avec une concentration en oxygène élevée. Il existe néanmoins des sources chaudes. Dans tous les cas, ses caractéristiques sont différentes de celles du ruisseau ou de la zone marécageuse qui peuvent prolonger la source. Ces milieux abritent une biodiversité originale, dont certaines espèces à haute valeur patrimoniale telles que la fougère <i>Trichomanes speciosum</i> ou encore l'herbacée <i>Lysimachia ephemerum</i>.
Ruisselets, fossés humides non entretenus et petits canaux 	Ce type regroupe : ➤ des cours d'eau naturels, situés les plus en amont du réseau hydrographique, à faible débit et de largeur réduite (<1 m). ➤ des cours d'eau artificiels de faible largeur (< 1 m), en particulier fossés de drainage ou canaux d'irrigation.	La morphologie et les caractéristiques de ces cours d'eau sont variables, étroitement liées au courant (dépendant fortement de la pente : torrents et cascades en montagne, présence possible de méandres sur les sections à pente faible). L'écoulement de l'eau est généralement permanent dans le cas des rivières et fleuves (éventuellement intermittent en région méditerranéenne, notamment pour les bras secondaires). Il peut être en revanche permanent ou temporaire pour les petits cours d'eau et ruisselets. La présence d'une flore spécifique, souvent hygrophile, sur les bords ou le fond du cours d'eau, est indicatrice de l'immersion du milieu durant une bonne partie de l'année.
Petits cours d'eau 	Cours d'eau de petite taille (largeur 1 à 8 m), situés juste en aval des ruisselets dans le réseau hydrographique. Alimentés par un bassin peu étendu, leurs débits sont faibles.	Les berges et le lit peuvent être laissés à une dynamique naturelle ou modifiés par l'Homme. Cependant, les cours d'eau aux berges maçonnées et les fossés régulièrement entretenus accueillent un nombre d'espèces beaucoup plus limité (un substrat naturel rugueux, permettant notamment un ancrage et des abris, est particulièrement important en présence de courant).
Rivières et fleuves (estuaires et deltas) 	Cours d'eau de largeur > 8 m, situés en aval des petits cours d'eau. Ils peuvent se subdiviser en un chenal principal et des bras secondaires connectés au chenal principal. Les rivières se jettent dans d'autres cours d'eau, alors que les fleuves se jettent dans l'océan ou dans la mer. Les fleuves peuvent se terminer par un estuaire (zone soumise au balancement des marées avec un mélange d'eau douce et d'eau marine) ou par un delta (division du fleuve au niveau de l'embouchure en plusieurs chenaux en raison de l'accumulation de sédiments).	Les ruisselets et petits cours d'eau peuvent se retrouver entièrement sous le couvert de la végétation forestière, du fait de leur faible largeur.
Bras morts 	Annexes fluviales correspondant à d'anciens chenaux, la plupart du temps déconnectées du lit principal ou des bras secondaires, sauf très ponctuellement en période de crues (cf. schéma ci-dessus)	Forte variation saisonnière du volume d'eau et de ses caractéristiques (température...), ce qui influe sur la végétation et la faune présentes.





TAB. 1 – LA TYPOLOGIE DES MILIEUX AQUATIQUES DE L'IBP

Types de milieux aquatiques	Comment les reconnaître ?	Remarques
Lacs (et plans d'eau profonds)  © P. G.	Plans d'eau continentaux caractérisés par une profondeur et une superficie importantes. (Origine naturelle ou artificielle).	Au-delà d'une quinzaine de mètres de profondeur, la lumière ne pénètre plus les eaux et la température décroît rapidement. Les espèces végétales ne peuvent pas se développer au-delà de cette limite. Un brassage des eaux s'effectue saisonnièrement. Dans le cas des lacs artificiels (gravières, anciennes carrières, réservoirs, retenues d'eau pour l'irrigation, le soutien d'étiage ou l'hydroélectricité...), les berges maçonnées limitent fortement la présence d'espèces. Ces milieux peuvent néanmoins être utilisés pour certaines fonctions (reposoirs pour les canards par exemple).
Etangs et lagunes (et plans d'eau peu profonds)  © P. G.	Plans d'eau de faible profondeur (1 à 3 m de profondeur en moyenne), mais dont le fond est parfois soustrait à l'action thermique du soleil. (Origine naturelle ou artificielle).	Selon l'alimentation et les caractéristiques de l'eau, on peut distinguer : ➤ l'étang : plan d'eau douce, continental. Alimenté essentiellement par son bassin pluvial. ➤ la lagune : plan d'eau littoral, séparé de la mer par un cordon littoral ou une dune. On distingue les lagunes d'eau saumâtre (communication temporaire ou permanente avec le milieu marin par un chenal) des lagunes d'eau douce (totalement isolées de la mer, alimentées par les eaux de ruissellement, les cours d'eau ou la nappe phréatique). Les lagunes sont souvent appelées « étangs ». La faible profondeur favorise le développement de la végétation tant aquatique qu'amphibie (capable de vivre également hors de l'eau). Ces milieux sont souvent caractérisés par une forte productivité végétale et animale.
Mares (et autres petits points d'eau)  © L. L.	Étendues d'eau stagnante, de faible superficie (maximum 5000 m²) et de faible profondeur (jusqu'à 2 m). Toute la colonne d'eau est sous l'action du rayonnement solaire et des plantes peuvent s'enraciner partout sur le fond. (Origine naturelle ou artificielle).	On inclura dans cette catégorie tous les points d'eau de faibles profondeur et surface, tels les souilles d'ongulés, fosses, réservoirs, abreuvoirs, flaques..., même lorsque la végétation aquatique est absente du fait de leur origine anthropique ou de leur caractère éphémère. L'eau provient des précipitations, du ruissellement ou de résurgences. La mare peut donc être sensible aux variations climatiques et ainsi s'assécher en été, en particulier en zone méditerranéenne. Les ornières peuvent être favorables à certaines espèces ; elles ne sont cependant pas à favoriser car antinomiques avec le respect des sols.
Tourbières  © P. G.	Zone humide où les conditions écologiques particulières ont permis la formation d'un sol constitué de tourbe (matière organique mal ou non décomposée du fait de la présence permanente d'eau stagnante ou très peu mobile, ce qui crée des conditions asphyxiantes).	Il existe une grande diversité de tourbières. On distingue notamment les tourbières acides des tourbières alcalines (également appelées « bas-marais ») caractérisées par des cortèges végétaux très différents. Les premières sont notamment le domaine des Sphaignes (espèces témoins des périodes climatiques froides passées) et des plantes carnivores, les secondes celui des laïches. Les vastes tourbières peuvent également inclure des plans d'eau et être associées à des cours d'eau. Elles sont également des zones d'alimentation, de repos et de reproduction d'animaux qui recherchent une grande quiétude.
Zones marécageuses  © P. G.	Zones humides où le sol est constamment gorgé d'eau et souvent recouvert par une couche d'eau stagnante, sans formation de tourbe. Le niveau de l'eau est variable, mais toujours suffisant pour permettre à une végétation hygrophile de subsister.	De surfaces très variables, les zones marécageuses occupent les dépressions et les terrains à faible pente, en particulier dans les régions de marais. Les zones marécageuses sont souvent associées à des sources, des cours d'eau ou encore des plans d'eau.



Milieux rocheux

Des milieux en apparence stériles, mais rarement inhabités

De nombreuses forêts abritent des milieux rocheux. Dénudés, durs, abrupts, ils apparaissent souvent peu hospitaliers. Pourtant, en ouvrant l'œil, il est fréquent d'y rencontrer des habitants et pas des moins originaux !

L'austérité de cet habitat a conditionné la présence d'une biodiversité bien spécifique, avec des formes d'adaptation remarquables. **Les milieux rocheux accueillent des espèces que l'on ne retrouve nulle part ailleurs** (Fig. 1) :

- des **végétaux** dits « chasmophytiques », se développant dans les microfissures des roches. Ils ont su s'adapter à des sols extrêmement ténus et des conditions microclimatiques difficiles. Ces espèces très peu concurrentielles ne sont présentes que lorsque les conditions inhospitalières ne permettent pas à une flore plus classique de se développer ;
- des **mousses** et des **lichens**, aux formes et couleurs variées ; capables de coloniser des surfaces rocheuses nues ;
- des **oiseaux** nichant dans les falaises, tels que le Faucon pèlerin, le Grand duc, l'Hirondelle de rocher ;
- des **amphibiens**, **arthropodes** (insectes, arachnides, crustacés...) et **mollusques** très spécialisés que l'on ne

retrouve que dans l'obscurité des milieux souterrains. Il s'agit souvent d'espèces à fort endémisme (dont l'aire de répartition se limite à des régions extrêmement réduites) et parfois même des fossiles vivants.

Les milieux rocheux abritent également des espèces plus ubiquistes. Sans y être constamment présentes, **certaines espèces forestières sont fortement dépendantes de ces habitats**. Par exemple, chez les **chauves-souris**, les Rhinolophes utilisent les grottes et gouffres pour hiberner. Les **reptiles** apprécient également particulièrement les habitats rocheux. On peut enfin y observer des **micromammifères** (Loir gris notamment) et de nombreux arthropodes de milieux ouverts et forestiers.

Que trouvent-ils d'intéressant dans l'habitat rocheux ?

Le milieu rocheux : un habitat particulier, une association intéressante avec la forêt

Le substrat rocheux possède des caractéristiques propres qui profitent à une biodiversité spécifique (Fig. 2, p. 49). En forêt, la proximité des arbres peut apporter aux milieux rocheux des ressources supplémentaires, en particulier alimentaires.

FIG. 1 - UNE BIODIVERSITÉ ORIGINALE INFÉODÉE AUX MILIEUX ROCHEUX



Le Faucon pèlerin niche dans les falaises



La mousse *Grimmia pulvinata* se développe à même la roche, profitant de la rugosité de la surface



Le lichen *Caloplaca cirrochroa* colonise et colore les surfaces rocheuses nues

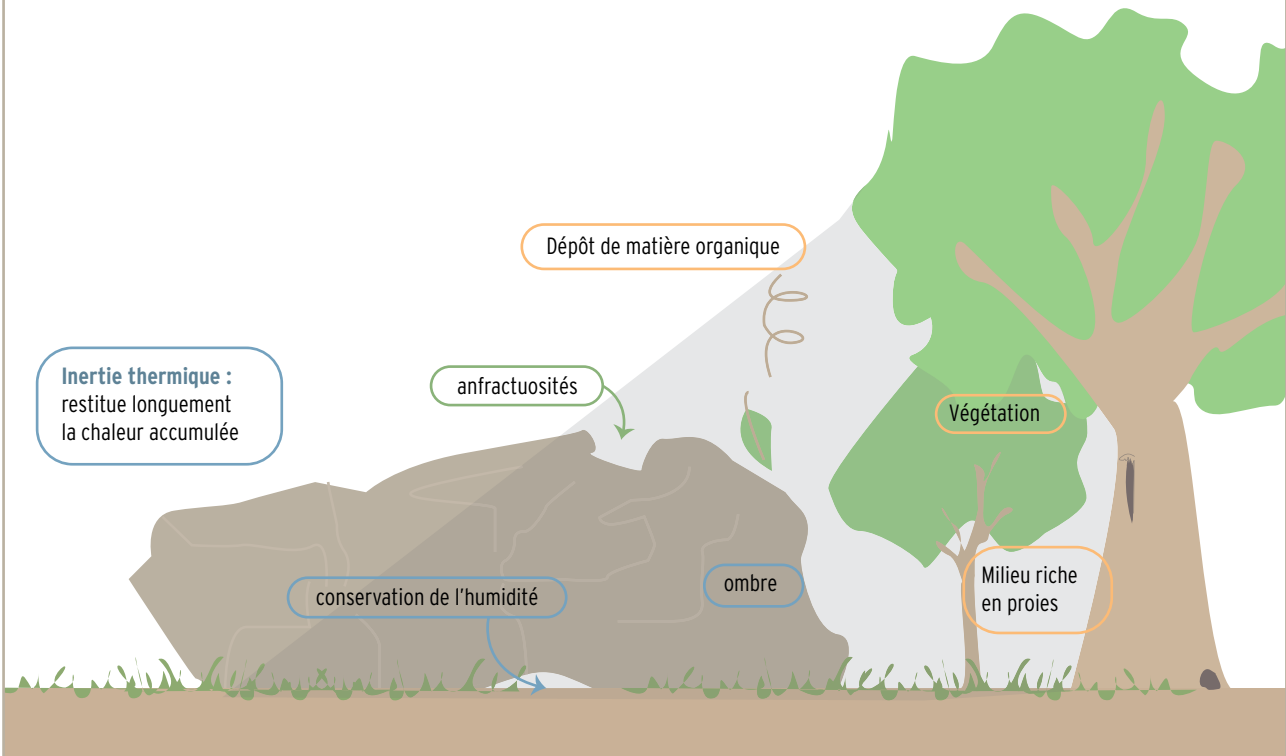


Le coléoptère *Aphaenops pluto* vit dans les profondeurs des grottes



FIG. 2 - LE MILIEU ROCHEUX EN FORÊT : UN HABITAT ORIGINAL AUX INTÉRÊTS VARIÉS

Des caractéristiques propres au milieu rocheux... auxquelles s'ajoutent des propriétés liées à la proximité de la forêt



Intérêt du milieu rocheux pour les organismes vivants en terme de :

propriétés microclimatiques

ressources alimentaires

redondance de certains types de microhabitats liés aux arbres (cavités à fonds durs, fentes)

© C. E.

Une diversité de types de milieux rocheux et d'espèces associées

Le monde minéral recèle une grande diversité de formes. Falaises, blocs, grottes, éboulis... **chaque type possède des caractéristiques contrastées et offre des habitats différents** pour les espèces qui les fréquentent.

On distingue pour le diagnostic IBP neuf types de milieux rocheux, selon un critère de différenciation morphologique et pour lesquels on s'attend à ce que les assemblages d'espèces diffèrent. Cette typologie est peu discriminante au niveau de grands groupes taxonomiques tels que la végétation (plantes vasculaires, mousses), les lichens, les arthropodes et reptiles, qui sont susceptibles d'être présents sur tous les types. Seuls les falaises, les chaos de blocs et les milieux rocheux souterrains sont enrichis par la présence de groupes supplémentaires (Tab. 1, p. 50-51). Cependant, au sein d'un même groupe, les espèces diffèrent

en fonction du type de milieux rocheux. Les connaissances actuelles, encore limitées, permettent de l'affirmer pour certains groupes, tels que la flore ou encore les lichens, et de le supposer pour d'autres.

Une diversité d'habitats pour un même type de milieu rocheux

Pour comprendre la répartition des espèces qui utilisent cet habitat, il faut analyser le milieu rocheux à une échelle fine. Plusieurs études mettent en évidence des facteurs qui influent sur les assemblages d'espèces. Ainsi la **taille**, la présence de **microreliefs** ou de **sol**, **l'exposition au soleil**, **l'humidité**, la **nature de la roche et le substrat** sur lequel elle repose conditionnent beaucoup la diversité d'espèces présentes sur les milieux rocheux épigés. Sous terre, la **distance à l'ouverture** et la **présence d'eau** sont deux facteurs importants dans la distribution des espèces (Fig. 3, p. 52-53).



TAB. 1 – DIVERSITÉ DES TYPES DE MILIEUX ROCHEUX ET GROUPES D'ESPÈCES ASSOCIÉES

Types de milieux rocheux	Comment les reconnaître ?	Remarques	Groupes potentiellement présents dans tous les types*	+ Groupes inféodés à certains types*
Falaise  © P.G.	Paroi rocheuse subverticale de plusieurs dizaines de mètres de hauteur	> Milieu composite du fait de sa grande dimension. > Contrastes thermiques élevés pour les parties non ombragées de la falaise, sécheresse importante du fait de la prise au vent et de l'absence de réservoirs d'eau.		
Dalle  © P.G.	Vaste affleurement rocheux subhorizontal	L'horizontalité facilite : > le développement d'un lithosol favorable à la végétation ; > la formation de petits réservoirs d'eau temporaires.		
Lapiaz  © L.L.	Surface de roche carbonatée, régulièrement interrompue par des fissures plus ou moins profondes, creusées par dissolution. Sont également comprises dans ce type les grandes diaclases présentes de manière isolée sur une dalle, correspondant à de profondes fractures de la roche, sur plusieurs mètres.	Milieu composite, constitué d'une unité dalle ou bloc et de fissures dans lesquelles les conditions climatiques et lumineuses sont particulières : fraîcheur, humidité, faible luminosité.	 	
Grotte et gouffre  © P.G.	Seule l'ouverture est visible.	Conditions microclimatiques et de luminosité très spécifiques : > humidité et température constantes ; > lumière décroissante depuis l'ouverture, pouvant devenir très faible à nulle.		
Amoncellement de blocs stables  © L.L.  © P.G.	Accumulation de pierres et de blocs stabilisés, d'origine naturelle (éboulis stable) ou anthropique (tas de pierre, murette ou ruine).	> Présence, entre les blocs, de matière organique évoluée ou de terre fine, parfois en faible quantité. > Dans ces éboulis, l'ensemble des microcavités intercommunicantes constitue un milieu à part entière, appelé « milieu souterrain superficiel » où vivent des arthropodes très spécialisés.	 	



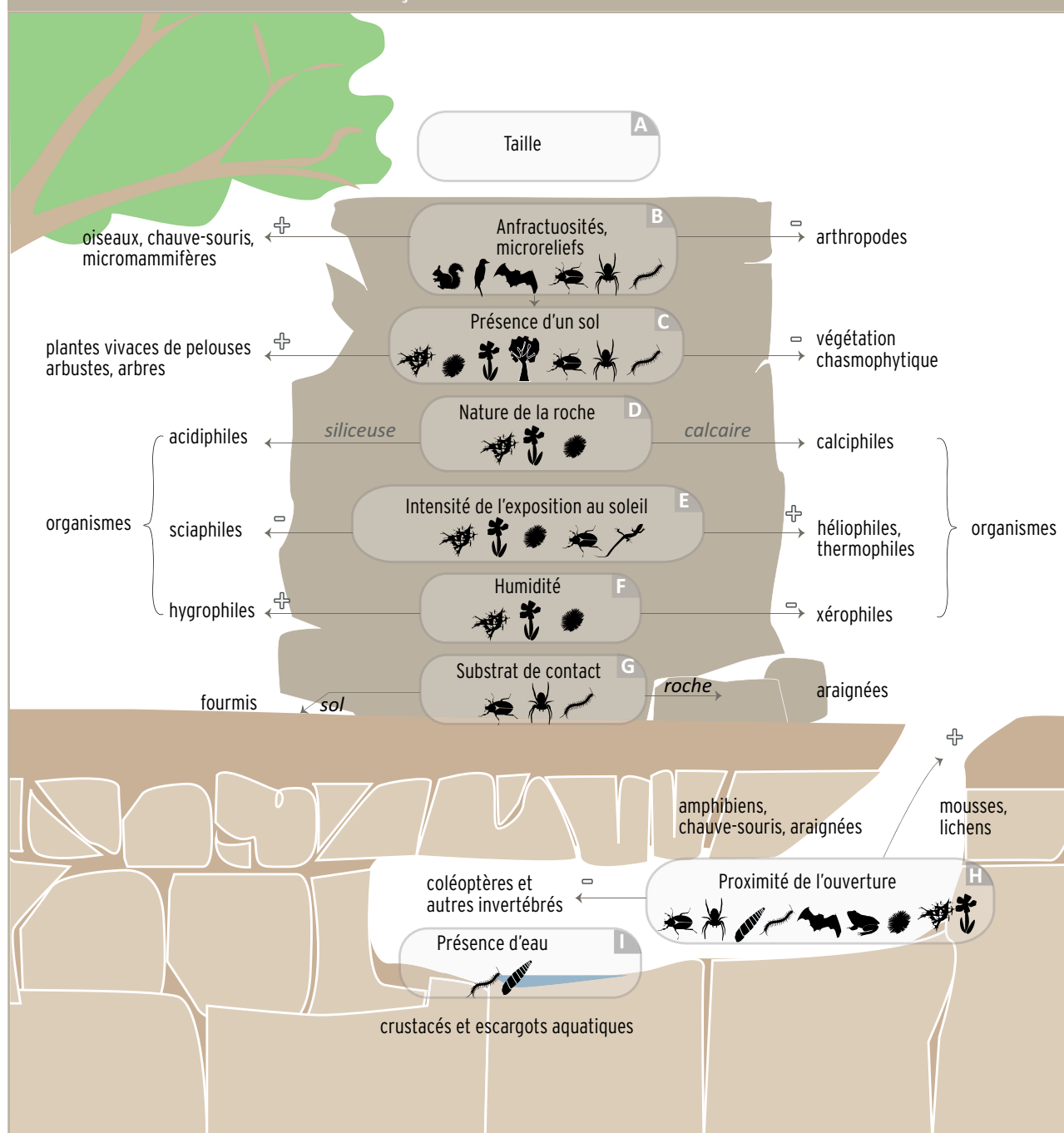
TAB. 1 – DIVERSITÉ DES TYPES DE MILIEUX ROCHEUX ET GROUPES D'ESPÈCES ASSOCIÉES

Types de milieux rocheux	Comment les reconnaître ?	Remarques	Groupes potentiellement présents dans tous les types*	+ Groupes inféodés à certains types*
Affleurement de bancs de galets 	Accumulation de galets dans le lit majeur des cours d'eau (les plages de galets des lits mineurs sont intégrées dans le milieu aquatique). Ces galets sont souvent partiellement recouverts par la végétation.	Galets pouvant être remobilisés par le cours d'eau lors des crues.	 	
Éboulis instable 	Accumulation de pierres et blocs instables.	Très peu ou pas de matière organique évoluée. Instabilité entretenue par : ➤ la mise en mouvement (par exemple par le passage d'un gros mammifère) ; ➤ l'alimentation avec de nouveaux blocs (issus de la fragmentation d'une falaise par exemple).		
Chaos de blocs 	Amoncellement de très gros blocs (> 2 m).	➤ Grands espaces vacants entre les blocs. ➤ Crée des conditions souvent humides et froides entre les blocs.		 
Rocher  	Il peut s'agir de : ➤ gros blocs ; ➤ paroi ou corniche rocheuse ; ➤ affleurement de la roche sous-jacente ne formant pas une dalle ou un lapiaz. Deux sous-types peuvent être distingués en fonction de la dimension : ➤ grands éléments rocheux (> 2 m de hauteur, mais inférieurs à la hauteur du peuplement) ; ➤ éléments rocheux moyens (de 20 cm à 2 m de hauteur, recouvrant au total une surface significative).	➤ Peut être riche en microreliefs variés et constituer un milieu composite dans le cas de rochers de grande dimension. ➤ Cas de rochers de petite dimension : moins composites mais s'ils sont présents en grand nombre dans le peuplement, ils offrent des habitats dans des situations variées, particulièrement appréciés des invertébrés et reptiles.	  	

* Se référer aux rabats pour la signification des pictogrammes.



FIG. 3 - PRINCIPAUX FACTEURS INFLUENÇANT LES ASSEMBLAGES D'ESPÈCES À L'ÉCHELLE D'UN MILIEU ROCHEUX



Se référer aux rabats pour la signification des pictogrammes.

A Plus l'habitat est volumineux, plus il a des chances d'être composite : diversité de situations (exposition, pente, humidité...) et de microreliefs (fissures, cavités, failles, réglettes...). Il offre ainsi des opportunités d'habitat variées et peut accueillir une diversité d'espèces importante. La taille joue également sur l'accessibilité du rocher, apportant ainsi une protection dans le cas des grandes parois, nécessaire par exemple pour certaines espèces d'oiseaux (voir B ci-après).

B La présence d'anfractuosités (cavités, fissures) dans la roche permet à des animaux de trouver abri, de nicher, d'hiverner. En fonction de leur taille et de leur hauteur par rapport au sol, les espèces qu'on y retrouve varient : des **oiseaux** (Faucon pèlerin...) et **chauves-souris** (Molosse de Cestoni...) utilisent les cavités et fissures haut perchées des falaises alors que les **micromammifères** les occupent quand elles sont au sol et de taille plus réduite. Les arthropodes peuvent quant à eux occuper des microfissures.

C Au niveau des cavités et des replats, l'accumulation de matière organique et l'altération de la roche peuvent aboutir à la formation ponctuelle de sols qui, bien que souvent très minces, permettent à une **végétation** de se développer. Les espèces « chasmophytiques » (herbacées, fougères, mousses, lichens) peuvent coloniser de très fines fissures avec des fragments de sols. Peu concurrentielles, elles cèdent leur place à une végétation moins spécialisée, plantes de pelouses, puis éventuellement arbustes et arbres (Ifs, Pins...), dès lors que la taille de la fissure est importante et le sol plus stable et développé. L'accumulation de matière organique profite aussi aux **insectes détritiques** et donc indirectement à leurs **prédateurs** (araignées, coléoptères Carabidae...).



D E F La nature de la roche, en particulier acide ou carbonatée, la situation d'ensoleillement et d'humidité dans laquelle elle se trouve, influencent beaucoup la **flore** et les **lichens** qui peuvent s'y développer. On peut ainsi distinguer des cortèges différents selon les situations.

Exemples d'espèces présentes sur les rochers		Herbacées	Fougères	Mousses	Lichens
Nature de la roche	carbonatée	<i>Sedum telephium</i>	<i>Asplenium viride</i>	<i>Ctenidium molluscum</i>	<i>Diploschistes ocellatus</i>
	acide	<i>Androsace vandellii</i>	<i>Asplenium septentrionale</i>	<i>Hedwigia ciliata</i>	<i>Rhizocarpon geographicum</i>
Exposition à la lumière	forte	<i>Campanula speciosa</i>	<i>Asplenium ceterach</i>	<i>Orthotrichum anomalum</i>	<i>Bagliettoa marmorea</i>
	faible	<i>Ramonda myconi</i>	<i>Phyllitis scolopendrium</i>	<i>Thamnobryum alopecurum</i>	<i>Acrocordia conoidea</i>
Humidité	forte	<i>Pinguicula vulgaris</i>	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	<i>Sphagnum quinquefarium</i>	<i>Ephebe lanata</i>
	faible	<i>Melica ciliata</i>	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	<i>Grimmia pulvinata</i>	<i>Bagliettoa calciceda</i>

E Les **reptiles et invertébrés**, tout comme l'ensemble des organismes dont la température dépend de celle du milieu, ont régulièrement besoin d'alterner une exposition au soleil et une situation ombragée pour pouvoir réguler leur température corporelle. Les deux situations leur sont alors utiles. Indépendamment de cela, on distingue des espèces d'invertébrés qui recherchent davantage la chaleur que d'autres. On peut donc observer des assemblages différents entre une roche exposée au soleil et une roche ombragée.

G On peut trouver une faune différente sous les blocs en fonction du substrat sur lequel ils reposent. Il semblerait qu'on observe davantage d'**araignées** sous les blocs reposant sur un substrat rocheux (les intéressants pour pondre leurs œufs) et de **fourmis** sous les blocs qui reposent directement sur le sol.

H Dans le milieu rocheux souterrain, on observe une biodiversité très différente à l'abord des ouvertures et plus loin en profondeur. La flore (mousses, algues, plus rarement quelques plantes vasculaires) et les lichens sont présents uniquement à l'ouverture et exclus dès que l'obscurité devient totale. Chez les animaux, on distingue :

➤ les **trogloxènes** : espèces séjournant temporairement dans les grottes, mais vivant principalement à l'extérieur : chauve-souris (Rhinolophes), certains papillons, moustiques, amphibiens (l'urodèle *Speleomantes strinatii*...). On les retrouve rarement très loin de l'entrée.

➤ les **troglophiles** : espèces cavernicoles, mais dont les populations peuvent être également présentes dans le milieu extérieur : amphibien (l'Euprocte des Pyrénées), araignées (des genres *Nesticus* ou *Meta*), certains mille-pattes et escargots (*Oxychilus*...).

➤ les **troglobies** : espèces vivant exclusivement dans le milieu souterrain. Elles présentent des adaptations spécifiques à la vie souterraine permanente. On les y retrouve généralement loin en profondeur. En France, on ne connaît à l'heure actuelle que des espèces troglobies invertébrées, en particulier des coléoptères des familles de Leiodidae (tribu des *Leptodirini*) et Carabidae Trechinae, mais aussi des isopodes terrestres, collembolles, arachnides (araignées, opilions, palpigrades, pseudoscorpions), diplopodes.

I Lorsque l'eau stagnante ou courante est présente dans ces milieux, on y retrouve des espèces dites « stygobies », avec une dominance de crustacés (copépodes, amphipodes, isopodes, syncarides, ostracodes), mais aussi des mollusques, notamment des gastéropodes de la famille des Hydrobiidae.

Prendre en compte les milieux rocheux dans la gestion courante

Pourquoi ?

■ La biodiversité liée aux milieux rocheux est singulière. Elle présente un **fort intérêt scientifique tout autant que patrimonial**.

■ Les espèces liées aux milieux rocheux participent au fonctionnement global de l'écosystème forestier. La végétation d'éboulis, par exemple, en colonisant ces milieux récemment créés, permet d'initier une succession végétale. Inversement, les milieux rocheux permettent à certaines espèces d'accomplir leur cycle biologique (nidification de rapaces, hibernation de chauves-souris...).

■ Certains groupes liés aux milieux rocheux pourraient avoir des **rôles fonctionnels importants pour l'Homme**.

On sait par exemple que la faune souterraine aquatique participe à l'autoépuration des aquifères, en modifiant les sédiments par la transformation biologique des polluants.

■ Cette biodiversité reste à l'heure actuelle encore peu connue. Des difficultés méthodologiques à l'étude des milieux rocheux (notamment difficultés d'accès pour certains types de milieux) ont limité les observations jusqu'alors. **Par principe de précaution, il convient de veiller à ce que ces milieux ne se dégradent pas** avant qu'on en ait compris l'importance dans le fonctionnement global des écosystèmes.

Comment ?

Éviter les interventions au niveau des milieux rocheux ou de l'environnement directement lié à sa dynamique (par exemple, ne pas déconnecter un éboulis instable de sa zone d'alimentation par la mise en place d'une voirie entre les deux).

Retenons l'essentiel !

Les exigences écologiques des espèces forestières sont très variées, voire parfois complètement opposées. Cependant, une hétérogénéité structurale et de composition au sein du peuplement permet d'offrir de nombreux habitats différents, ce qui multiplie les chances de satisfaire un maximum de ces exigences. C'est avant tout cette complexité que cherchent à traduire les facteurs de l'IBP.

Diversité, continuités spatiale et temporelle des milieux de vie : un fil rouge à suivre pour le maintien d'une diversité d'espèces

Une gestion en faveur de la biodiversité taxonomique pourrait être guidée par trois principes clés :

- Favoriser une **diversité des milieux de vie** afin d'accueillir des espèces variées. Les facteurs de l'IBP permettent d'appréhender différents types d'habitats : une essence, un microhabitat, une strate... constituent autant de milieux de vie, qui accueillent des cortèges d'espèces spécifiques ;
- Maintenir une **continuité dans l'espace de ces milieux de vie**, via la présence en nombre suffisant et une répartition relativement équilibrée de chacun d'entre eux. Les habitats liés aux arbres sont dynamiques et éphémères : ils se transforment au fil du temps et finissent par disparaître une fois le bois mort décomposé. Le besoin des espèces de disposer d'un habitat est, quant à lui, continu : très peu sont capables de rester en attente jusqu'à ce que l'opportunité d'un milieu favorable se présente (cas par exemple de graines pouvant rester en dormance durant de nombreuses années). Les espèces doivent donc se déplacer régulièrement et les distances qu'elles peuvent parcourir sont parfois assez limitées. Une telle trame d'habitats permet par ailleurs d'accueillir des populations suffisamment nombreuses pour être viables ;
- Veiller à une **continuité dans le temps des milieux de vie**, à travers leur renouvellement au fil de l'évolution des peuplements, afin de permettre le maintien à long terme des populations.

Une solution pratique pour assurer à la fois la diversité et la continuité des milieux de vie peut être de laisser une partie du peuplement boucler le cycle sylvigénétique complet.

Une forte complémentarité des facteurs IBP entre eux...

La plupart de ces facteurs sont liés les uns aux autres. La présence de TGB, par exemple, est favorable au développement de microhabitats et pourra constituer une ressource en gros bois morts à la fin de la vie de l'arbre. Pour autant, ces facteurs ne sont pas redondants : dans une forêt gérée, la présence de TGB ne garantit ni la présence de l'ensemble des microhabitats naturellement associés, ni que l'arbre, une

fois mort, sera laissé sur place. C'est pourquoi chacun de ces facteurs est pris en compte individuellement dans l'IBP.

...et pour les espèces

Beaucoup d'espèces dépendent non pas d'un seul de ces facteurs, mais de plusieurs. Par exemple, certaines espèces de diptères Syrphidae se développent au stade larvaire dans du bois mort (arbres morts ou cavités à terreau des arbres vivants : facteurs C, D, E et F) puis, à l'âge adulte, se nourrissent du nectar et pollen des fleurs, trouvés plus abondamment dans les milieux ouverts (facteur G).

L'ensemble de ces relations dynamiques sont complexes et nous n'en sommes qu'aux prémices de leur compréhension. D'autre part, certains compartiments de la biodiversité forestière sont encore mal connus. Par exemple, la biodiversité des sols est grande, mais mal définie et il n'est pas aisé de la prendre en compte de façon simple.

De quelle manière l'IBP prend-t-il en compte ces dynamiques écologiques ?

Le diagnostic IBP s'appuie sur une échelle de valeurs seuils permettant de distinguer des situations plus ou moins favorables vis-à-vis de la biodiversité taxonomique ordinaire, dans l'état des connaissances actuelles. Ces valeurs seuils cherchent à concilier un double objectif :

- être discriminantes **sur le plan écologique** : au-delà et en deçà de ces seuils, la biodiversité potentielle est significativement différente. La définition de ces seuils s'appuie sur la connaissance de l'ensemble des relations entre facteurs et taxons qui vous ont été présentées dans ce document ;
- être discriminantes **sur l'ensemble des forêts françaises métropolitaines** afin d'échelonner la diversité de situations vis-à-vis de la biodiversité sur un gradient de 0 à 50 points. À l'heure actuelle, sur plus de 1 300 diagnostics IBP réalisés sur l'ensemble du territoire français, les scores s'étendent de 2 à 50 et couvrent ainsi la totalité du gradient.

Il est important de garder à l'esprit que l'IBP reste un outil simple, rapide et peu coûteux à mettre en œuvre, accessible à un public non spécialisé. La précision du diagnostic qu'il établit est de ce fait limitée, mais suffisante pour aider le gestionnaire dans sa gestion courante. D'autres méthodes d'investigation plus précises, mais plus longues et nécessitant des compétences taxonomiques et du matériel spécialisé, sont complémentaires et peuvent s'avérer nécessaires. Néanmoins, dans tous les cas pour lesquels de telles analyses ne sont pas envisageables, l'IBP permet de poser un premier regard sur la biodiversité taxonomique ordinaire.

POUR ALLER PLUS LOIN

LES RÉFÉRENCES CITÉES

Ce document réunit des arguments issus d'expertises, de sources bibliographiques variées, d'analyses de jeux de données taxonomiques et de l'inventaire forestier national (IGN). Dans le souci d'alléger la lecture, les références bibliographiques n'y sont citées que lorsque des données ont été utilisées pour réaliser des graphiques ou pour préciser un document évoqué dans le texte. Il s'agit de :

- Alexander K., Butler J., Green T. : 2006 - The value of different tree and shrub species to wildlife. *British Wildlife*, vol. 18, n°1, p. 18-28
- Branquart E. & Liégeois S. : 2005 - *Normes de gestion pour favoriser la biodiversité dans les bois soumis au régime forestier (complément à la circulaire n° 2619)*. Ministère de la Région Wallonne - Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement, 84 p.
- Gaudin S. : 1996 - *Quelques éléments d'histoire forestière et généralités sur la forêt en France et dans le monde*. Support de cours BTSA Gestion Forestière, 32 p.
- MAAPRAT-IFN : 2011 - *Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2010*. Paris : MAAPRAT-IFN., 200 p.
- Larrieu L. & Cabanettes C. : 2012 - Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 42, n°8, p. 1433-1445
- Newton A.C. & Haigh J.-M. : 1998 - Diversity of ectomycorrhizal fungi in Britain: a test of the species-area relationship, and the role of host specificity. *New Phytologist*, vol. 138, n°4, p. 619-627
- Vallauri D., Grel A., Granier E., Dupouey J.-L. : 2012 - *Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles*. Rapport WWF/INRA, Marseille, 64 p. + CD
- Winter S., Brambach F. : 2011 - Determination of a common forest life cycle assessment method for biodiversity evaluation. *Forest Ecology and Management*, vol. 262, n°12, p. 2120-2132

La liste de l'ensemble des références bibliographiques consultées pour la réalisation de cette brochure est disponible à la page internet suivante : www.foretpriveefrancaise.com/ibp.

TROIS OUVRAGES DE RÉFÉRENCE SUR LA PRISE EN COMPTE DE LA BIODIVERSITÉ DANS LA GESTION

- Branquart E. & Liégeois S. : 2005 - *Normes de gestion pour favoriser la biodiversité dans les bois soumis au régime forestier (complément à la circulaire n° 2619)*. Ministère de la Région Wallonne - Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement, 84 p.
- Gosselin M. & Laroussinie O. : 2004 - *Biodiversité et gestion forestière, connaître pour préserver. Synthèse bibliographique*. Antony : Cemagref Éditions, 320 p.
- Gosselin M. & Paillet Y. : 2010 - *Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière*. Versailles : Éditions Quae, 155 p.

L'IBP EN PRATIQUE

L'ensemble des documents pratiques permettant d'établir un diagnostic IBP sont téléchargeables librement sur le site www.foretpriveefrancaise.com/ibp.

Plusieurs articles sur l'IBP ont été publiés dans des ouvrages ou des revues nationales :

- Larrieu L. & Gonin P. : 2008 - L'indice de Biodiversité Potentielle (IBP) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. *Rev. For. Fr.*, LX, n°6, p. 727-748
- Larrieu L. & Gonin P. : 2010 - L'indice de biodiversité potentielle ou IBP : un outil pratique au service de la biodiversité ordinaire des forêts. *Forêt entreprise* n° 190, p. 52-57
- Larrieu L. & Gonin P. : 2012 - *L'Indice de biodiversité potentielle (IBP) : un indicateur composite pour intégrer la diversité taxonomique ordinaire dans la gestion forestière*. In : Nivet C., Bonhême I., Peyron J.-L. (Coord.). Les indicateurs de biodiversité forestière. Synthèse des réflexions issues du programme de recherche « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques ». Paris, Gip Ecofor-MEDDE, p. 73-78
- Larrieu L., Gonin P., Deconchat M. : 2012 - Le domaine d'application de l'Indice de biodiversité potentielle (IBP). *Rev. For. Fr.*, LXIV, n° 5
- Gonin P., Larrieu L., Martel S. : 2012 - L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) en région méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne*, XXXIII, n°2, p. 133-141



RÉALISATION

Ce document a été réalisé dans le cadre d'un programme national de développement de l'IBP mené par le Centre National de la Propriété Forestière (CNPF), avec la participation financière du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Le CNPF a également bénéficié du soutien financier de France Bois Forêt pour la reprographie.

AUTEURS

Céline Emberger (CNPF-IDF, celine.emberger@cnpf.fr),
Laurent Larrieu (CNPF-IDF/INRA Dynafor, laurent.larrieu@cnpf.fr),
Pierre Gonin (CNPF-IDF, pierre.gonin@cnpf.fr).

Les auteurs remercient vivement l'ensemble des personnes ayant participé à l'élaboration de ce document.

Pour leur contribution scientifique :

Audrey Alignier (École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, UMR Dynafor),
Frédéric Arnaboldi (Office National des Forêts),
Michel Bartoli (Groupe d'Étude des Vieilles Forêts Pyrénéennes),
Corinne Bauvet (Association Française de Lichénologie),
Christophe Bouget (Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture IRSTEA, UR EFNO),
Antoine Brin (École d'Ingénieurs de PURPAN, UMR Dynafor),
Hervé Brustel (École d'Ingénieurs de PURPAN, UMR Dynafor),
Alain Cabanettes (Institut National de la Recherche Agronomique INRA, UMR Dynafor),
Gilles Corriol (Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées),
Marc Deconchat (INRA, UMR Dynafor),
Marc Dufrêne (Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech),
Jean-Luc Dupouey (INRA, UMR EEF),
Violaine Fichet (Service public de Wallonie - DGRNE - DEMNA - Observatoire de la Faune, de la Flore et des Habitats),
Jean Garbaye (INRA, UMR Iam),
Marta Infante Sanchez (Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées),
Thibault Lachat (Institut Fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL),
François Prud'homme (Groupe Chiroptères de Midi-Pyrénées),
Laurent Tillon (Office National des Forêts),
Lionel Valladares (École d'Ingénieurs de PURPAN, UMR Dynafor),
Daniel Vallauri (WWF - France) ;

Pour leur relecture de l'ensemble du document :

Gérard Dumé ;
Mireille Thollet (CNPF-IDF) ;

Pour leur relecture thématique :

L'ensemble des relecteurs, personnels CRPF, IDF et membres du comité de pilotage nous ayant fait part de leurs remarques, en particulier **Louis Amandier** (CRPF PACA), **Patrick Blanchard** (CRPF Pays-de-la-Loire), **Jean-Louis Chaire** (GF de Hèches), **Catherine Cibien** (MAB France), **Christophe Drénou** (IDF), **Juliette Fatus** (FNE), **Julien Fiquepron** (IDF), **Thomas Formery** (CNPF), **Marion Gosselin** (IRSTEA, EFNO), **Pauline Marty** (CRPF Languedoc-Roussillon), **Alain Persuy** (CRPF Poitou-Charentes), **Mathilde Redon** (IRSTEA EM), **Magali Rossi** (WWF - France) ;

Pour la transmission de documents graphiques et photographiques :

Audrey Grel (INRA Dynafor), **Nicolas Goux** (CREN Midi-Pyrénées) et l'ensemble des photographes nommés ci-dessous.

PHOTOS ET GRAPHIQUES

A.B. : A. Bertrand ; **A.C.** : A. Cabanettes ; **B.C.** : B. Calmont ; **B.D.** : B. Delefosse ; **B.F.** : B. Fontaine ; **C.B.** : C. Berducou ; **C.BA.** : C. Bauvet ; **C.E.** : C. Emberger ; **C.H.** : C. Hense ; **C.HER.** : C. Herr ; **C.J.** : C. Jacques ; **C.P.** : C. Pocachard ; **C.R.P.F.** : Centre Régional de la Propriété Forestière ; **C.S.** : C. Slagmulder ; **D.R.** : D. Rydzi ; **E.J.** : E. Joubert ; **E.M.** : E. Ménoni ; **F.B.** : F. Böhringer ; **F.P.** : F. Prud'homme ; **G.C.** : G. Corriol ; **H.H.** : H. Hotte ; **H.S.** : H. Schoch ; **I.A.** : I. Altmann ; **J.B.** : J. Bisetti ; **J.C.** : J. Celle ; **J.D.** : J. Dvorak ; **J.G.** : J. Guinberteau ; **J.K.L.** : J.K. Linsey ; **J.L.S.** : J.-L. Soulié ; **J.O.** : J. O'Sullivan ; **J-P.B.** : J.-P. Bertrand ; **J-P.S.** : J.-P. Sarthou ; **J.W.** : J. Willm ; **K.C.** : K. Curtil ; **K.D.** : K. Dupleix ; **L.A.** : L. Arthur ; **L.G.** : L. Garcia ; **L.L.** : L. Larrieu ; **L.P.** : L. Patureau ; **L.V.** : L. Valladares ; **M.I.S.** : M. Infante Sanchez ; **M.B.** : M. Bartoli ; **M.D.** : M. Dufrêne ; **M.M.** : M. Mouas ; **M.P.** : M. Prejant ; **M-PV.** : M.-P. Védrine ; **M.R.** : M. Rossi ; **M.S.** : M. Solari ; **M.SW.** : M. Swadzba ; **N.G.** : N. Goux ; **O.M.** : O. Mdawar ; **O.N.C.F.S.** : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage ; **P.B.** : P. Brossault ; **P.D.** : P. Dupret ; **P.G.** : P. Gonin ; **P.GR.** : P. Gros ; **P.H.** : P. Heras ; **R.D.** : R. Dumoulin ; **R.DUT.** : R. Dutartre ; **R.H.** : R. Herve ; **R.R.** : R. Ridley ; **S.D.** : S. Déjean ; **S.G.** : S. Gaudin ; **S.GU.** : S. Gürlich ; **T.F.** : T. Forcke ; **U.R.** : U. Rindlisbacher ; **V.D.** : V. Delmotte. **Couvertures** : dessins C.E. ; photo L.L.

MAQUETTE

Marie de Grossouvre (marie@grossouvre.fr)

IMPRESSION

Korus Édition (www.korus-edition.fr)

DIFFUSION

CNPF-IDF, 47 rue de Chaillot, 75116 Paris, tél. : 01 47 20 68 15, idf-librairie@cnpf.fr

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE CONSEILLÉE POUR CE DOCUMENT

Emberger C., Larrieu L., Gonin P. : 2013 - *Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt. Comprendre l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP). Document technique*. Paris : Institut pour le développement forestier, mars 2013, 56 p.

MARS 2013



Ce document est soumis à « licence d'usage dans un contexte public sans modifications »

Par le téléchargement ou la consultation de ce document, l'utilisateur accepte la licence d'utilisation qui y est attachée, telle que détaillée dans les dispositions suivantes, et s'engage à la respecter intégralement.

La licence confère à l'utilisateur un droit d'usage sur le document consulté ou téléchargé, totalement ou en partie, dans les conditions définies ci-après et à l'exclusion expresse de toute utilisation commerciale.

Le droit d'usage défini par la licence autorise un usage à destination de tout public qui comprend :

- le droit de reproduire tout ou partie du document sur support informatique ou papier,
- le droit de diffuser tout ou partie du document au public sur support papier ou informatique, y compris par la mise à la disposition du public sur un réseau numérique.

Aucune modification du document dans son contenu, sa forme ou sa présentation n'est autorisée.

Les mentions relatives à la source du document et/ou à son auteur doivent être conservées dans leur intégralité.

Le droit d'usage défini par la licence est personnel et non exclusif.

Tout autre usage que ceux prévus par la licence est soumis à autorisation préalable et expresse des auteurs : contacter Pierre Gonin, pierre.gonin@cnpf.fr.

UNE ÉCHELLE DE SAPROXYLATION EN 5 STADES

Cette échelle est utilisée dans les chapitres « Bois morts » et « Arbres vivants porteurs de microhabitats ».

STADE 1



Bois mort dans l'année, très dur, peu ou pas altéré. Écorce partout adhérente.

Le liber est vivant ou au moins perceptible (au niveau de la section de l'arbre).

STADE 2



Bois très dur, peu altéré : couteau s'enfonçant de quelques mm seulement.

Écorce quasiment partout présente, mais moins adhérente.

Le liber n'est plus perceptible.

STADE 3



Bois altéré, plus tendre en surface : couteau s'enfonçant de 1 à quelques cm.

Écorce partiellement à globalement tombée (sauf pour certaines essences comme le hêtre où l'écorce reste en place très longtemps)

L'essence est encore reconnaissable et le bout de bois n'a pas perdu de volume.

STADE 4



Bois très altéré : couteau s'enfonçant jusqu'à la garde, au moins localement.

Plus d'écorce présente.

Le bois a perdu du volume, mais l'essence est généralement encore reconnaissable.

STADE 5



Bois très peu cohérent et dispersable facilement avec le pied. Mélange d'organismes saproxyliques et du sol.

Seul un examen attentif permet d'identifier l'essence.



Les forêts sont composées d'une grande diversité d'organismes vivants. Les espèces de végétaux, d'animaux, de champignons et d'organismes unicellulaires s'y comptent par milliers. Les interactions entre ces organismes sont extrêmement nombreuses et indispensables à l'équilibre dynamique de l'écosystème, contribuant ainsi à sa productivité. La prise en compte de la diversité des espèces constitue une étape fondamentale vers une gestion forestière durable.

L'ancienneté de la forêt, la composition en essences des peuplements et leur complexité structurale (liée notamment à la stratification verticale, l'hétérogénéité au sein des arbres vivants et morts, la présence de milieux ouverts, rocheux ou aquatiques) sont autant d'éléments qui jouent fortement sur la diversité des organismes vivants. L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) a été construit en s'appuyant sur les relations connues entre ces attributs de la forêt et les espèces qui y sont liées. À travers dix facteurs clés, il permet de traduire les principales caractéristiques d'un peuplement forestier en capacité d'accueil pour les espèces.

Pourquoi ces dix facteurs ont-ils été choisis dans l'IBP ? De quelle manière influent-ils sur la biodiversité forestière ? Comment en tenir compte dans la gestion courante ? Ce document propose de répondre à ces questions à travers une synthèse du rôle des dix facteurs de l'IBP pour la diversité des espèces en forêt, afin de mieux comprendre cet outil et d'en faire une utilisation pertinente. Il rassemble pour cela les résultats de travaux de recherche et l'expertise de nombreux scientifiques spécialistes des écosystèmes forestiers.

Ce document s'adresse tout particulièrement aux personnels techniques, conseillers et gestionnaires forestiers. Plus largement, il apporte des éléments de réponse à tous ceux qui s'interrogent sur la biodiversité en milieu forestier.

