

Programme de recherche
« Biodiversité, gestion forestière et politiques
publiques » (BGF)

RECUEIL DES RÉSUMÉS

<http://bgf.gip-ecofor.org>



Colloque de restitution des projets 2010
et de lancement des projets 2014

5-6 juin 2014 Nancy

**Programme de recherche
« Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF)**

<http://bgf.gip-ecofor.org>



**Colloque de restitution des projets 2010
et de lancement des projets 2014**

5-6 juin 2014 Nancy

Créé en 1996 à l'initiative du ministère du Développement durable et du GIP ECOFOR et avec le soutien du ministère chargé de l'agriculture et de la forêt, le programme « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF) vise développer les connaissances sur l'évolution et le rôle de la biodiversité des espaces boisés, et à apporter des éléments d'aide à la décision aux gestionnaires et responsables concernés par la préservation de la biodiversité dans les forêts.

Ouverte à tous (chercheurs, gestionnaires, décideurs, associatifs, étudiants...), cette rencontre a pour objet principal l'échange entre scientifiques et gestionnaires autour des huit projets de l'appel à proposition de recherche lancé en 2010 et des nouveaux projets issus de l'appel « Biodiversité, gestion forestière, changement climatique et politiques publiques » de 2013.

- Les résultats des projets démarrés en 2010 seront présentés lors de trois sessions thématiques : la mesure de la biodiversité et ses relations avec les indicateurs en vue de leur transférabilité aux gestionnaires ; biodiversité distribuée dans l'espace ; et le compromis entre biodiversité, production et autres services. Chaque session sera clôturée par la présentation d'une synthèse à l'attention des gestionnaires et porteurs de politiques publiques rassemblant les résultats des projets BGF depuis 2000.
- Une nouvelle étape du programme sera lancée par une table ronde invitant à réfléchir autour du thème *Biodiversité, forêt et changement climatique* et par la présentation des nouveaux projets.
- Une sortie terrain présentant les dispositifs de deux projets BGF ayant évalué l'impact de la gestion forestière sur de multiples compartiments de la biodiversité clôtura le colloque.

Programme de recherche
« Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF)

Colloque de restitution des projets 2010
et de lancement des projets 2014

Jeudi 5 juin 2014

Inscriptions et café d'accueil (9h45-10h15)

10h15	OUVERTURE	<i>Patrice Bueso, Adjoint au chef de service de la recherche, MEDDE</i>
10h25-13h10	SESSION 1 – Mesure de la biodiversité et ses relations avec les indicateurs	<i>Introduction par Meriem Fournier, Présidente du Conseil scientifique BGF</i>
10h35	Projet GNB : Gestion, naturalité et biodiversité : développements méthodologiques et étude de la biodiversité des forêts exploitées et non-exploitées.	<i>Frédéric Gosselin, IRSTEA Nogent-sur-Vernisson</i>
11h10	Projet SYLECOL : Impact de la sylviculture sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes lotiques.	<i>Antoine Lecerf, CNRS Toulouse</i>
		Pause (11h40-12h05)
12h05	Projet GUYASPASE : Comment passer des estimations locales de biodiversité et de stocks de carbone à des indicateurs régionaux utilisables dans l'aménagement et la gestion des massifs forestiers guyanais ?	<i>Christopher Baraloto (ou Stéphane Guitet), INRA Kourou</i>
12h35	Synthèse BGF « Mesure de la biodiversité et ses relations avec les indicateurs »	<i>Olivier Picard, CNPF-IDF, Membre du Comité d'orientation BGF</i>
12h50	Discussion	
		Repas, salle St Georges (13h10-14h30)
14h30-18h15	SESSION 2 – Lisières, connectivité, colonisation : la biodiversité dans l'espace et le temps forestiers	<i>Introduction par Hervé Jactel, membre du Conseil scientifique BGF</i>
14h35	Projet BILISSE : Comment la biodiversité des lisières renforce des services écologiques ?	<i>Marc Deconchat, INRA Toulouse</i>
15h05	Projet DISTRAFOR : Dispersion et persistance de la biodiversité dans la trame forestière.	<i>Frédéric Archaux, IRSTEA Nogent-sur-Vernisson</i>
15h35	Synthèse BGF « Lisières, connectivité, colonisation : la biodiversité dans l'espace et le temps forestiers »	<i>Nirmala Seon-Massin, ONCFS, Membre du Comité d'orientation BGF</i>
15h50	Discussion	
		Pause (16h10-16h35)
	SESSION 3 – Appel à propositions de recherche 2013	
16h35	L'appel « Biodiversité, gestion forestière, changement climatique et politiques publiques » du programme BGF	<i>Meriem Fournier, Présidente du Conseil Scientifique</i>
16h45	Présentation synthétique des nouveaux projets	<i>étudiants AgroParisTech</i>
17h00	Projet AMII : Articuler motivations, incitations et institutions pour mieux mobiliser les propriétaires forestiers privés en faveur de la protection de la biodiversité	<i>Francis de Morogues, FCBA Grenoble</i>
17h15	Projet BioPICC : Biodiversité et productivité des forêts : effets des interactions biotiques sous contrainte climatique	<i>Bastien Castagnyrol, INRA - Univ. Bordeaux</i>
17h30	Projet DISTIMACC : Diversité, STabilité et fonctionnement des écosystèmes forestiers : quelle Ingénierie et quels Mélanges pour l'Adaptation au Changement Climatique, de la Provence aux Alpes du Nord ?	<i>Xavier Morin, CNRS Montpellier</i>
17h45	Projet DYNFORDIV : Forçages environnementaux et anthropiques du turnover forestier, conséquences sur la diversité des communautés d'arbres en forêt tropicale	<i>Daniel Sabatier, IRD Montpellier</i>
18h00	Projet PotenChêne : Potentiel de régénération des chênaies dans le contexte du changement climatique : quel avenir pour le masting et les consommateurs de glands ?	<i>Samuel Venner, CNRS Lyon</i>



**Programme de recherche
« Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF)**

**Colloque de restitution des projets 2010
et de lancement des projets 2014**

Vendredi 6 juin 2014

8h00-12h00	SESSION 4 – Compromis nécessaires entre biodiversité, production et autre services forestiers <i>Introduction par Thomas Cordonnier, membre du Conseil scientifique BGF</i>
8h05	Projet IMPREBIO : Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité. <i>Philippe Balandier, IRSTEA Nogent-sur-Vernisson</i>
8h35	Projet GEFORHET : Produire plus tout en préservant mieux la biodiversité : quelle gestion multifonctionnelle des peuplements forestiers hétérogènes ? <i>Benoît Courbaud, IRSTEA Grenoble</i>
9h05	Projet OPTIQ-BIODIVERSITE : Outils et processus pour une territorialisation intégrée de la qualité de la biodiversité. <i>Alain Bailly et Marc Valenzisi, FCBA Bordeaux et Limoges</i>
	Pause (9h35-9h55)
9h55	Synthèse BGF « <i>Compromis nécessaires entre biodiversité, production et autre services forestiers</i> » <i>Julie Marsaud, FNE, Membre du Comité d'orientation BGF</i>
10h10	Discussion
10h30	Le regard sur les projets de l'appel de 2010 <i>étudiants AgroParisTech</i>
10h40	TABLE RONDE – Forêt et changement climatique : quelle place pour la biodiversité dans l'atténuation et l'adaptation ? <i>Présidence par Jean-Marc Guehl, Président d'Ecofor</i> <i>Intervenants : Jean-Luc Guillon (MAAF, sous-direction de la forêt et du bois), Michel Hermeline (ONF, département biodiversité), Henri Plauche Gillon (CNPf, Forestiers Privés de France), Caroline Rantien (ADEME, service agriculture et forêts)</i>
11h15	Discussion
11h50	CLOTURE <i>Laurent Tapadinhas, Directeur de la recherche et de l'innovation, MEDDE</i>

12h15-17h00 SORTIE DE TERRAIN en forêt de Parroy

- | | |
|-------|--|
| 12h15 | - départ en autocar
- déjeuner (pique-nique fourni par les organisateurs) |
| 14h00 | Visite des parcelles du projet GNB (groupe 1) ou du projet IMPREBIO (groupe 2)
- parcelles en réserve intégrale (relevé dendrométrique, micro-habitat et lien avec la biodiversité)
<i>équipes du projet GNB</i>
- expérimentation du GIS Coopérative de données pour la modélisation de la croissance forestière, comparaison de différentes densités de chêne et impacts sur la biodiversité de l'écosystème
<i>équipes du projet IMPREBIO</i> |
| 15h30 | - départ pour Nancy |
| 17h00 | - arrivée en gare de Nancy |



Sommaire

SESSION 1	Mesure de la biodiversité et ses relations avec les indicateurs	7
	Projet GNB Gestion, naturalité et biodiversité : développements méthodologiques et étude de la biodiversité des forêts exploitées et non-exploitées	8
	Projet SYLECOL Impact de la sylviculture sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes lotiques	10
	Projet GUYASPASE Comment passer des estimations locales de biodiversité et de stocks de carbone à des indicateurs régionaux utilisables dans l'aménagement et la gestion des massifs forestiers guyanais ?	12
	Synthèse <i>Quels indicateurs pour la biodiversité forestière ?</i>	13
SESSION 2	Lisières, connectivité, colonisation : la biodiversité dans l'espace et le temps forestiers	20
	Projet BILISSE Comment la biodiversité des lisières renforce des services écologiques ?	21
	Projet DISTRAFOR Dispersion et persistance de la biodiversité dans la trame forestière	23
	Synthèse <i>Lisières, connectivité, colonisation : la biodiversité dans l'espace et le temps forestiers</i>	25
SESSION 3	Appel à propositions de recherche 2013	31
	Appel à propositions de recherche 2013	32
	Projet AMII Articuler motivations, incitations et institutions pour mieux mobiliser les propriétaires forestiers privés en faveur de la protection de la biodiversité	33
	Projet DISTIMACC Diversité, stabilité et fonctionnement des écosystèmes forestiers : quelle ingénierie et quels mélanges pour l'adaptation au changement climatique, de la Provence aux Alpes du Nord ?	36
	Projet DYNFORDIV Forçages environnementaux et anthropiques du turnover forestier, conséquences sur la diversité des communautés d'arbres en forêt tropicale	39
	Projet PotenChêne Potentiel de régénération des chênaies dans le contexte du changement climatique : quel avenir pour le masting et les consommateurs de glands ?	42

SESSION 4 Compromis nécessaires entre biodiversité, production et autres services forestiers	44
Projet IMPREBIO Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité.	45
Projet GEFORHET Produire plus tout en préservant mieux la biodiversité : quelle gestion multifonctionnelle des peuplements forestiers hétérogènes ?	47
Projet OPTIQ-BIODIVERSITÉ Outils et processus pour une territorialisation intégrée de la qualité de la biodiversité.	49
Synthèse <i>Quels compromis entre biodiversité, production et autres services forestiers ?</i>	51
TABLE RONDE « Forêt et changement climatique : quelle place pour la biodiversité dans l'atténuation et l'adaptation »	59
SORTIE DE TERRAIN en forêt de Parroy, 6 juin 2014.	61
Projet IMPREBIO :	62
Liste des participants	74

SESSION 1
Mesure de la biodiversité et ses relations avec les
indicateurs

Projet GNB

Projet SYLECOL

Projet GUYASPASE

Synthèse

Projet GNB

Gestion, naturalité et biodiversité : développements méthodologiques et étude de la biodiversité des forêts exploitées et non-exploitées

Frédéric GOSSELIN

IRSTEA Nogent-sur-Vernisson

Frederic.Gosselin@irstea.fr

Mots-clés : Biodiversité forestière ; Structure de peuplement ; perturbations ; Degré de naturalité ; Mesure de la biodiversité ; Indicateur de biodiversité ; Modèles statistiques bayésiens.

L'extension raisonnée du réseau de réserves forestières intégrales fait partie des mesures adoptées par la Stratégie Nationale pour la Biodiversité pour améliorer la biodiversité forestière métropolitaine française. Au regard de la littérature scientifique, la non-exploitation favoriserait une partie de la biodiversité forestière menacée par la gestion forestière traditionnelle, mais les connaissances qui sous-tendent ce choix se révèlent très partielles et souffrent de problèmes méthodologiques. En particulier, très peu d'études concernent les forêts tempérées européennes, notamment la France, et les groupes qui sont étudiés dans ce contexte ne sont a priori pas les plus sensibles à l'exploitation. D'autre part, les facteurs qui expliquent les différences de biodiversité sont rarement analysés de manière systémique et certaines études peuvent manquer de robustesse (pseudo-réplication, inadéquation stationnelle...)

D'envergure nationale, le projet « Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité » (GNB ; <http://gnb.irstea.fr>) a pour objectif principal d'étudier l'impact de l'arrêt d'exploitation forestière dans le réseau des réserves forestières intégrales sur la structure des peuplements et sur la biodiversité au travers d'une double approche par méta-analyse de données mondiales et d'analyses du jeu de données avec un accent fort sur leur magnitude plutôt que sur les significativité statistique. Ce projet vise ainsi à identifier statistiquement quels facteurs expliquent le mieux les variations de différentes parties de la biodiversité des espèces entre des zones exploitées et non exploitées.

Nous avons tout d'abord confirmé, grâce à une méta-analyse mondiale pour les forêts tempérées, boréales et méditerranéennes, que l'exploitation forestière a tendance à réduire la richesse totale de certains groupes taxonomiques (champignons, bryophytes et oiseaux) alors que les plantes vasculaires sont favorisées. Ces résultats sont en général plus marqués pour les forêts boréales, mais pas systématiquement.

Ensuite, par le biais de 213 placettes installées dans 15 massifs forestiers français, nous avons analysé les effets de l'abandon d'exploitation sur la structure forestière ainsi réponse de 7 groupes taxonomiques. Nous montrons d'une part qu'en absence d'exploitation, les éléments caractéristiques des vieilles forêts (gros arbres, bois morts) sont ceux dont l'augmentation est la plus significative. Inversement, des éléments fortement liés à l'exploitation ont tendance à disparaître (souches). D'autres part, les résultats des analyses de biodiversité confirment dans une certaine mesure les résultats mondiaux, notamment pour les bryophytes et champignons lignicoles. Cependant, la mise en réserve en tant que telle n'est la plupart du temps pas la

meilleure explication des différences entre peuplements exploités et non exploités, mais que d'autres variables, liées au bois mort notamment, expliquent mieux les patrons pour ces groupes, et également pour des groupes écologiques plus fins (notamment bryophytes spécialistes forestières). Pour les autres taxons, la réponse est plus faible et dépend plus de la structure du peuplement que de la mise en réserve.

En termes d'appui aux politiques publiques, le projet a permis des avancées méthodologiques notamment grâce au développement de protocoles d'inventaires, de méthodes d'analyse d'image en télédétection et de méthodes statistiques. Nous avons notamment pu montrer l'intérêt d'une approche multitaxonomique d'une problématique de recherche-action. Le jeu de données acquis constitue par ailleurs un premier état des lieux de la structure forestière et de la biodiversité des réserves forestières intégrales en France, en comparaison avec des forêts exploitées et à une échelle nationale. Ce travail contribue également à l'amélioration continue des indicateurs de biodiversité et de gestion durable des forêts françaises en fournissant pour la première fois une analyse pour le territoire. Ce dispositif pourrait enfin servir de première base à un suivi au long cours de la biodiversité des forêts françaises intégrant clairement les forêts non exploitées comme référence.

Projet SYLECOL

Impact de la sylviculture sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes lotiques.

Antoine LECERF

CNRS Toulouse

antoine.lecerf@univ-tlse3.fr

Mots clés : Bio-indicateurs, cours d'eau, exploitation forestière, invertébrés benthiques, poissons, isotopes stables, ripisylve.

La forêt influence un large éventail de propriétés écologiques fondamentales des écosystèmes lotiques (= eaux courantes), notamment via l'ombrage des eaux par la canopée et les apports de matières organiques terrestres (litières végétales et invertébrés terrestres). A cet égard, toute altération de la forêt rivulaire causée par la sylviculture est susceptible d'affecter l'état écologique des cours d'eau, posant des problèmes majeurs pour la gestion de la ressource en eau et des écosystèmes aquatiques. Ce programme de recherche avait pour but d'apporter des bases scientifiques nouvelles pour une gestion forestière respectueuse des cours d'eau et pour le développement de bioindicateurs aquatiques. Notre objectif était de déterminer si et comment l'exploitation forestière, en ouvrant la canopée ou en modifiant la diversité des apports de litières aux cours d'eau, affectait les communautés aquatiques ainsi que leurs fonctions dans l'écosystème. Afin d'avoir une vision représentative de l'écosystème aquatique et d'évaluer la sensibilité d'un grand nombre de bioindicateurs potentiels, nous avons adopté une approche multi-taxonomique et utilisé des méthodes originales permettant de quantifier les interactions entre les organismes. Nos investigations ont porté sur des ruisseaux forestiers de la Montagne Noire dans les départements du Tarn et de l'Aude. Finalement, au travers d'une analyse quantitative de la littérature scientifique internationale, nous avons cherché des principes généraux concernant les impacts écologiques de l'exploitation forestière sur les cours d'eau.

La perte de canopée au dessus des cours d'eau a eu pour conséquences directes un réchauffement de l'eau et une diminution des chutes de litières. Ni la biomasse de détritivores ni la quantité de leur nourriture (stock de matière organique particulaire) n'ont été affectées par ces changements. Comme l'ouverture de la canopée a stimulé fortement le développement de la végétation basse le long des berges, les débris végétaux produits par les herbacés et les ronces ont potentiellement contribué à alimenter l'écosystème aquatique en matière organique. Nos données ont suggéré que la production, pas les stocks, d'algues benthiques (la nourriture préférentielle des herbivores) a augmenté avec la réduction de l'ombrage des cours d'eau par la canopée. La biomasse d'invertébrés herbivores dans les cours d'eau et la richesse taxonomique du macrobenthos ont répondu positivement à l'ouverture de la canopée. Néanmoins, certains taxa ont été négativement affectés. La densité totale des populations de truite commune (*Salmo trutta*) et la croissance des individus n'étaient pas déterminées par la forêt rivulaire. La structure des populations était modifiée sensiblement avec une plus faible présence de juvéniles dans les forêts à ouverture intermédiaire. L'utilisation des isotopes stables a permis de détecter des changements dans la configuration des réseaux trophiques, dans la diversité trophique au

sein de la communauté de macroinvertébrés, et dans le régime alimentaire des truites en réponse aux changements de structure de la canopée. De manière générale, l'écosystème aquatique, ainsi que les communautés et populations animales, qu'il héberge semblaient être mesurés de s'adapter aux conséquences sur les ressources alimentaires induites par les modifications d'ouverture de la canopée.

La méta-analyse de la littérature scientifique internationale a permis de confirmer que les coupes rases de forêt stimulaient la production d'algues dans les cours d'eau conduisant généralement à une augmentation de l'abondance des macroinvertébrés. Toutefois, une grande variabilité de réponse des indicateurs écologiques a été détectée. Plus généralement, notre revue de la littérature a mis en lumière un manque d'initiative scientifique pour évaluer les impacts de la sylviculture sur les cours d'eau dans des régions pourtant fortement concernées par l'exploitation du bois, comme les milieux tropicaux et les forêts de feuillus caducifoliés en Europe.

Il existe bien des liens intimes et extrêmement étroits entre la forêt et les écosystèmes aquatiques au sein des bassins versants forestiers. Nos résultats indiquent que les coupes forestières allant jusqu'aux berges des cours d'eau, qu'elles soient rases ou sélectives, induisent des modifications notables dans la structure et le fonctionnement d'écosystème aquatique. Toutefois, notre interprétation des résultats suggère que, au moins dans notre cas d'étude, l'écosystème aquatique était robuste face aux changements de canopée et était capable de s'adapter aux modifications de la diversité et de l'origine des sources de nourriture induites par la gestion forestière.

Projet GUYASPASE

Comment passer des estimations locales de biodiversité et de stocks de carbone à des indicateurs régionaux utilisables dans l'aménagement et la gestion des massifs forestiers guyanais ?

Christopher BARALOTO

INRA Kourou

chris.baraloto@ecofog.gf

Mots clés : Beta-diversité, diversité fonctionnelle, Inventaires forestiers, indices de biodiversité, gestion des paysages, habitats, stocks de carbone, Guyane Française, parcelles permanentes.

La forêt guyanaise, qui représente un tiers de la forêt française, sera au cœur de la problématique de développement de ce département français d'Amérique du Sud dans les décennies à venir. Comment préserver ce remarquable réservoir de biodiversité et de carbone tout en aménageant le territoire, aménagement qui impliquera obligatoirement un changement d'usages d'une partie des terres actuellement à vocation forestière ? Dans ce contexte, la définition d'indicateurs de services environnementaux (biodiversité, carbone) comme outils d'aide à la décision pour les gestionnaires est un préalable indispensable pour mettre en œuvre un développement durable.

Dans ce projet nous proposons de définir des outils fiables d'évaluation de la biodiversité à l'échelle de travail des gestionnaires. Pour ce faire, nous proposons d'aborder la biodiversité à travers la notion d'« habitat » qui est la plus appropriée d'un point de vue opérationnel, eu égard à son échelle de perception, à son caractère intégrateur et à son utilisation partagée par les différentes disciplines (botanistes, géographes, forestiers, spécialistes de la faune...). Deux axes de travail seront privilégiés:

- l'étude de la variabilité spatiale des habitats forestiers à l'échelle des paysages en Guyane (Actions 1, 2), le terme paysage étant entendu comme une mosaïque d'habitats en interaction (Forman et al. 1986). Les paysages seront définis à partir de données géomorphologiques et seront ensuite caractérisés par l'abondance relative des différents types d'habitat.

- la définition, la modélisation et l'estimation d'indices de biodiversité et de stocks de carbone; Ce travail sera réalisé à partir d'informations recueillies depuis plusieurs décennies et compilées dans des bases de données associant pour chaque site étudié des données environnementales, des informations botaniques et des données de traits fonctionnels. L'objectif sera d'une part de trouver les indices les plus pertinents pour capter les différents patrons de diversité et de carbone et d'autre part de définir des protocoles de collecte de données sur le terrain, rapides et répondant conjointement aux deux services (Action 2).

La mise au point et le calcul d'indicateurs de la biodiversité et du stock de carbone définis et validés à l'échelle de l'habitat et compilés au niveau des paysages permettra de cartographier sur l'ensemble du territoire guyanais ces deux principaux services environnementaux.

Synthèse

Quels indicateurs pour la biodiversité forestière ?

Cette synthèse est une version provisoire éditée pour le colloque final des projets 2010-2014. Elle s'inscrit dans une série de trois synthèses thématiques qui seront publiées à destination des gestionnaires et porteurs de politiques. Ces documents synthétiques seront publiés sous la forme de trois plaquettes et présenteront des résultats marquants des projets du programme BGF qui se terminent (2010-2014) ; elles incluront également les résultats des projets antérieurs (tranches 2005 et 2000).

Vous trouverez dans cette synthèse des résultats issus des projets :

- GNB, 2010-2014. Gestion forestière, naturalité et biodiversité
- IMPREBIO, 2010-2014. Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité
- DISTRAFOR, 2010-2013. Dispersion et persistance de la biodiversité dans la trame forestière
- RESINE, 2005-2009. Représentations sociales et intérêts écologiques de la nécromasse
- GEFORHET, 2010-2013. Produire plus tout en préservant mieux la biodiversité : quelle gestion multifonctionnelle peuplements forestiers hétérogènes ?
- IMPREBIO, 2010-2014. Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité
- SYLECOL, 2010-2014. Impact de la Sylviculture sur la biodiversité et le fonctionnement des éco-systèmes lotiques

Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques

Quels indicateurs pour la biodiversité forestière ?

Pour suivre et évaluer la biodiversité forestière, le recours à des indicateurs quantitatifs s'impose comme une attente forte des acteurs de la forêt. Mais la mise au point d'outils à la fois pratiques et pertinents demeure un défi complexe pour la science forestière. Du programme BGF découlent une série de résultats nouveaux pour alimenter la réflexion.

Depuis le sommet de la Terre de Rio, en 1992, et le lancement du processus Forest Europe, en 1993, la préservation et le suivi de la biodiversité constituent une préoccupation croissante pour les politiques forestières européennes. Au niveau national, cette volonté s'est notamment traduite par l'adoption de la Stratégie nationale pour la biodiversité et la création de l'Observatoire national de la biodiversité (voir encadré page 2). Cependant, la notion complexe de biodiversité forestière, qui regroupe à la fois la diversité au sein des espèces, entre les espèces et la diversité des écosystèmes, reste difficile à appréhender pour la gestion. Pour évaluer de manière simple l'état et la dynamique de la biodiversité, comparer l'impact des pratiques sylvicoles ou suivre l'efficacité des mesures de préservation, acteurs de terrain et prescripteurs politiques ont recours à des *indicateurs de biodiversité*.

Le développement de tels outils, visant à concilier pertinence écologique et simplicité opérationnelle, constitue un véritable défi scientifique. Ainsi les onze indicateurs nationaux de biodiversité, actuellement retenus par le Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt pour jauger la durabilité de la gestion forestière, pâtissent-ils de certaines limites bien identifiées¹. À la faveur du programme BGF, plusieurs projets de recherche ont permis de poursuivre la réflexion sur cette thématique, précisant les potentialités de différents indicateurs de biodiversité forestière.

¹ Voir notamment Hamza et al., 2007, puis Nivet, Gosselin et Chevalier, 2012

Indicateurs directs ou indirects ?

Les indicateurs directs de biodiversité sont construits à partir de données taxonomiques mesurant directement une ou plusieurs composantes de la biodiversité : diversité génétique, abondance d'une espèce donnée, nombre d'espèces d'un groupe particulier, etc. Ils peuvent refléter l'état de la biodiversité à un moment donné ou la dynamique de son évolution sur une période donnée. Par exemple, compte-tenu de leur position élevée dans les chaînes trophiques et de leur vitesse de réponse aux changements environnementaux, les oiseaux sont, en l'état actuel des connaissances, considérés comme de bons indicateurs directs de la fonctionnalité des écosystèmes et de l'état de conservation des habitats. L'évolution de l'abondance de différentes espèces d'oiseaux communs établis dans le cadre du programme STOC du Museum national

□

Le programme BGF en quelques mots

Animé par le Groupement d'intérêt public Ecofor et soutenu par le ministère de l'Agriculture, le programme incitatif de recherche « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF) du ministère de l'Ecologie a pour objectif de développer les connaissances nécessaires à une prise en compte effective de la biodiversité dans la gestion forestière au sens large, c'est-à-dire de l'exploitation forestière à la gestion d'espaces boisés protégés. Depuis sa création en 1996, le programme a soutenu 39 projets et généré de nombreuses publications, recueils et synthèses qui contribuent à éclairer les politiques publiques. En 2014, cinq nouveaux projets étudiant diverses facettes des interactions entre adaptation des forêts au changement climatique et préservation de la biodiversité ont été lancés.

d'histoire naturelle contribuent ainsi à deux indicateurs de l'Observatoire national de la biodiversité.

Cependant, la littérature scientifique et les projets BGF ont mis en avant la faible congruence des réponses à une même pratique de gestion entre différentes composantes de la biodiversité. Par exemple le projet GNB (2010-2014), coordonné par Frédéric Gosselin, a observé des réponses variées, selon les groupes taxonomiques*, à l'abandon de l'exploitation ; le projet IMPREBIO (2010-2014), coordonné par Philippe Balandier, a étudié les différentes réponses aux variations de l'intensité des prélèvements forestiers ; enfin, le projet DISTRAFOR (2010-2014), coordonné par Frédéric Archaux, s'est intéressé aux effets contrastés du niveau d'ancienneté des forêts sur la biodiversité floristique.

Cette relative divergence des réponses montre que la biodiversité ne peut-être réellement appréhendée qu'en s'intéressant simultanément à de multiples composantes de la faune et de la flore et non à un seul taxon*. Ainsi, les indicateurs directs devraient adopter une approche "multi-taxonomique"*. Mais celle-ci s'avère coûteuse et difficile à mettre en place aux échelles pertinentes pour la gestion.

Les indicateurs « indirects » sont conçus pour pallier ces difficultés de mise en œuvre. Dans le cas de la biodiversité forestière, ils sont généralement basés sur des caractéristiques des peuplements forestiers ayant un lien, plus ou moins bien établi quantitativement, avec la biodiversité (fragmentation du paysage, diversité des essences d'arbres, etc.). Plus faciles et moins coûteux à renseigner, ils sont souvent disponibles sur de plus grandes échelles et pourraient potentiellement intégrer les réponses de larges composantes de la biodiversité. Néanmoins, leurs domaines de validité ainsi que leur robustesse, fiabilité et précision restent mal connus. Trois projets du programme BGF ont contribué à mieux préciser les modalités d'utilisation et les limites de quatre types d'indicateurs indirects de la biodiversité forestière : les indicateurs spécifiquement liés au bois mort, à la structure des peuplements et au degré de

naturalité des forêts ainsi qu'un indicateur plus intégré, l'indice de biodiversité potentielle (IBP).

▫ **L'Observatoire national de la biodiversité**

Prévu par la loi dite « Grenelle 1 », l'Observatoire national de la biodiversité (ONB) a été officiellement lancé en 2011 avec pour objectif le suivi de l'état et des tendances d'évolution de la biodiversité et de ses interactions avec la société. L'ONB suit en particulier les effets de la Stratégie nationale pour la biodiversité en identifiant et en rendant accessibles des indicateurs robustes et partagés par tous.

Un travail spécifique de l'ONB sur la thématique « Biodiversité et forêt » a été entrepris en synergie avec les réflexions pilotées par le ministère de l'agriculture sur les indicateurs de gestion durable des forêts. Dans ce cadre, la présentation de la thématique et les questions stratégiques ont été mises en ligne sur le site de l'ONB en mars 2014, un jeu complet de thème d'indicateurs est identifié pour élaboration et publication en 2014-2015. En métropole, l'évolution des volumes de bois particulièrement favorables à la biodiversité (arbres aux stades vieillissants) figure parmi les indicateurs nationaux de synthèse de l'ONB déjà publiés.

Pour en savoir plus:

<http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/>

Indicateurs "bois mort" : le volume seul ne suffit pas

De par son rôle écologique – recyclage des nutriments, apport de matière organique au sol, stockage temporaire de carbone, ressource et habitat pour de nombreuses espèces animales, végétales et fongiques* – le bois mort est un facteur clé pour la biodiversité forestière. Environ 25 % des espèces forestières dépendraient ainsi du bois mort en Scandinavie. Très étudié en forêt boréale, le bois mort a pourtant longtemps souffert d'un déficit de connaissances pour les forêts tempérées, que le programme BGF a contribué à partiellement combler.

Le projet RESINE (2005-2009) coordonné par Christophe Bouget (Irstea) a ainsi étudié l'effet de différents descripteurs du bois mort (volume, qualité, diversité) sur la biodiversité saproxylique* (coléoptères et champignons du bois mort), dans la forêt de pin maritime des Landes de Gascogne et dans la chênaie de

plaine de la forêt de Rambouillet. Des centaines d'échantillonnages ont été menés, d'une part à l'échelle de pièces de bois mort de différents types, diamètres et stades de décomposition, et d'autre part à l'échelle de placettes forestières présentant un gradient étendu de volume de bois mort à l'hectare.

Les analyses mettent en évidence des divergences marquées entre les Landes et Rambouillet : lorsque les descripteurs comme le volume et la diversité du bois mort sont analysés à l'échelle locale (sur moins de 0,3 ha), ils ont un effet positif et marqué sur la biodiversité des coléoptères dans les Landes, mais beaucoup moins à Rambouillet (figure 1).

prononcé que les descripteurs précités (volume et diversité du bois mort). Ces résultats illustrent la difficulté de construire des indicateurs de biodiversité généralisables à partir du bois mort, et plaident pour des analyses au cas par cas de la pertinence des indicateurs étudiés. *In fine*, l'étude pointe les limites d'une gestion purement volumique du bois mort. Pour améliorer la prédiction de la richesse spécifique*, elle recommande la construction d'un indice composite, combinant des informations sur l'environnement local, la quantité, les types et la qualité du bois mort.

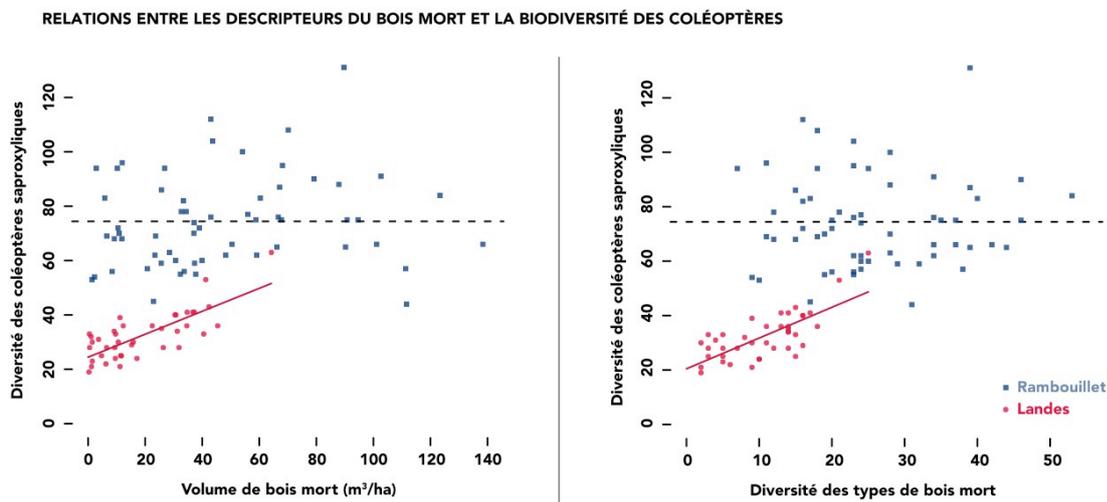


Figure 1 : La diversité des coléoptères est fortement reliée au volume et à la diversité du bois mort dans la forêt des Landes de Gascogne. En revanche, elle ne varie pas avec les métriques liées au bois mort dans les sites étudiés en forêt de Rambouillet. Source : RESINE

L'étude suggère cependant de bons descripteurs potentiels, applicables à un type de massif donné. Ainsi, dans la plantation de pins des Landes, le meilleur indicateur est basé sur le nombre de types de pièces de bois mort de diamètre supérieur à 15 cm. Pour la chênaie de Rambouillet, la densité périphérique de réserves biologiques (indicateur indirect, encore discuté, du volume de bois mort à l'échelle du paysage) s'avère avoir un effet positif sur la biodiversité saproxylique plus

Indicateurs basés sur la structure des peuplements forestiers : influencés par l'altitude, l'orientation, le pH...

Le projet GeForHet (2010-2013) a lui aussi mis en évidence l'importance des conditions locales sur la biodiversité forestière. Coordonné par Benoît Courbaud (Irstea), ce projet a étudié les relations entre flore du sous-bois, structure du peuplement et variables environnementales. Il s'est appuyé sur les données de richesse spécifique de la flore issues de l'Inventaire forestier (IGN), pour plus de 400 placettes de sapinières-pessières des Alpes et du Jura. Ces mesures de

biodiversité ont été confrontées à différents indicateurs indirects basés sur la structure du peuplement (couvert forestier, couvert par essence, surface terrière, diversité des essences d'arbres ,etc.) : la méthode employée a permis de distinguer les réponses de la flore selon 16 groupes écologiques formés à partir du caractère ligneux*, de la sensibilité à la lumière et la température (espèces héliophiles*, sciaphiles* ou intermédiaires) ou de l'habitat préférentiel (espèces de lisière, de milieux ouverts ou de forêts matures) des plantes.

L'étude a montré que les relations entre ces indicateurs indirects et la richesse spécifique de la plupart des groupes écologiques de la flore changent avec les conditions environnementales telles que la pente, l'altitude, l'orientation et le pH. L'altitude influence ainsi de manière particulièrement hétérogène les relations entre indicateurs indirects et diversité de nombre de groupes écologiques. En revanche l'orientation et le pH s'avèrent les moduler de manière plus homogène : une plus grande ouverture du peuplement semble avoir un effet positif sur la diversité d'une partie de la flore en conditions d'adret (versant au soleil) ou de pH plus acide, et plutôt négatif sur une autre partie de la flore en conditions d'ubac (versant à l'ombre) ou de pH moins acide. Plus largement, comme dans le cas des descripteurs du bois mort, les relations entre indicateurs indirects basés sur la structure du peuplement et biodiversité apparaissent très dépendantes des conditions environnementales : leur prise en compte semble incontournable pour la construction d'indicateurs de biodiversité dotés d'une véritable pertinence écologique.

Degré de naturalité : un effet très positif sur les bryophytes (mousses) et champignons du bois

Le degré de naturalité - généralement défini comme le degré de similitude d'un écosystème avec celui qui se trouverait à sa place si aucune perturbation anthropique n'avait modifié sa dynamique, sa structure ou sa composition - constitue un facteur ayant un effet *a priori* positif la biodiversité forestière. Il est notamment

approché par l'un des indicateurs de gestion durable retenus par le Ministère en charge de l'agriculture et de la forêt : la part de surface de forêt "non perturbée par l'homme". Un examen approfondi de la notion de naturalité et de ses liens avec la richesse faunistique et floristique a été mené par le projet Gestion, Naturalité, Biodiversité (GNB, 2010-2014), coordonné par Frédéric Gosselin (Irstea). À la faveur d'un effort de collecte de données exceptionnel, associant des équipes d'Irstea, de RNF (Réserves naturelles de France) et des réseaux naturalistes de l'ONF (Office National des Forêts), des inventaires ont été menés sur un réseau national de 213 placettes réparties sur 15 massifs (hêtraies-chênaies-charmaies de plaine et hêtraies-sapinières-pessières de montagne). L'échantillonnage a été conçu afin d'étudier spécifiquement l'impact de l'arrêt d'exploitation en comparant de manière rigoureuse forêts exploitées et parcelles non exploitées, laissées en évolution naturelle (réserves forestières intégrales). Sur ce réseau, les équipes ont ainsi effectué des relevés d'abondance et de présence d'espèces de sept groupes taxonomiques, des champignons aux coléoptères, des plantes vasculaires aux oiseaux. Ces données ont été confrontées à un ensemble d'indicateurs de naturalité et d'indicateurs structurels : parcelle exploitée ou réserve, durée depuis la fin de l'exploitation, distance à la lisière, bois mort, etc.

L'analyse statistique révèle un effet positif fort de l'arrêt de l'exploitation sur le nombre d'espèces de bryophytes forestiers (mousses, etc.) et de champignons du bois menacés ainsi que des effets positifs ou négatifs faibles ou des effets nuls, mais jamais fortement négatifs, pour les autres groupes étudiés. Ces résultats sont cohérents avec ceux issus d'une méta-analyse* portant sur 110 études en forêts tempérées et boréales, menée dans le cadre du projet GNB. Cependant, l'étude a aussi montré que l'effet de l'arrêt de l'exploitation en tant que tel sur les groupes taxonomiques étudiés est secondaire par rapport à l'effet de certaines variables favorisées par la mise en réserve des parcelles : quantité de bois mort, quantité de très gros bois, etc. Globalement, l'étude confirme qu'aucun des indicateurs indirects structurels

source de pollinisateurs pour le colza et les vergers des zones étudiées. Elles hébergent par ailleurs des oiseaux prédateurs d'insectes, augmentant ainsi le taux de prédatons de certains ravageurs des cultures (figure 1).

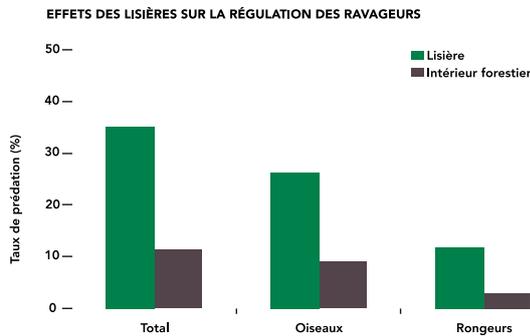


Figure 1 : Comparaison des taux de prédation moyens de ravageurs de cultures en lisière et à l'intérieur des massifs, au mois de juin (source : BILISSE). À gauche : prédation totale ; au centre : prédation aviaire ; à droite : prédation par les rongeurs.

... et des effets à longue portée sur l'intérieur des massifs...

L'influence des lisières sur la biodiversité s'étend également à l'intérieur des massifs forestiers. Cet "effet lisière" a été mis en évidence dans le cadre du projet CORYLUS (2005-2009), coordonné par Jean-Luc Dupouey (INRA) et Laurent Bergès (Irstea). Les équipes ont analysé la répartition de 214 espèces végétales en fonction de la distance à la lisière la plus proche en contrôlant les autres facteurs de variation (taille du massif, sol, climat, type de peuplement) à partir des relevés floristiques de l'Inventaire forestier (IGN), pour 52 départements de la moitié Nord de la France. Les résultats révèlent l'existence d'effets de lisière sur de grandes distances (supérieures à 750 m) et permettent de distinguer trois groupes de plantes : espèces de cœur, de périphérie et espèces indifférentes à la distance de la lisière.

Ces groupes peuvent être discriminés par les caractéristiques des plantes (mode de reproduction et de dispersion, réponse à la température, etc.). Par exemple, les 40 espèces de cœur font pour beaucoup parti de la famille des mousses (bryophytes), des fougères (ptéridophytes) et/ou des plantes vivaces dont la partie aérienne disparaît l'hiver (hémicryptophytes),

se développent préférentiellement sur sols acides (acidophiles) et dispersent leurs graines *via* le vent (anémochorie).

Les 38 espèces de périphérie sont quant à elles plus souvent à reproduction par dispersion des graines *via* les animaux (endozoochorie), se développent préférentiellement à la lumière et à la chaleur (héliophiles et thermophiles), sur sols basiques et riches en nitrates (basophiles et nitrophiles) et conservent leurs organes aériens l'hiver (phanérophytes) (figure 2).

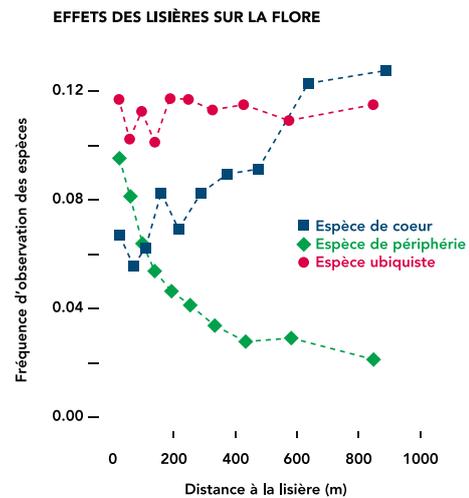


Figure 2 : Fréquences observées de différentes espèces en fonction de la distance à la lisière, dans la partie Nord de la France. En bleu, la fétuque des bois (espèce de cœur de massif) ; en vert, la grande ortie (espèce de périphérie) ; en rose, le genêt à balais (espèce ubiquiste, c'est-à-dire pouvant être présente dans de nombreux habitats) (Source : CORYLUS)

... qui seraient autant de traces des changements d'usage des sols passés

Ces effets de lisières à longue distance ne peuvent pas entièrement s'expliquer par les variations de facteurs environnementaux (lumière, sol...) habituellement impliquées dans les effets lisière à courte distance. Ils pourraient en revanche être liés au déplacement progressif des lisières suite à l'extension forestière massive depuis les années 1830. Les forêts récentes*, installées sur d'anciennes zones cultivées ou pâturées, auraient été lentement colonisées par les espèces de cœur, le plus souvent typiques de forêts anciennes et à

□

Cloches, saturations et seuils : des relations indicateurs - biodiversité pas toujours linéaires

De quelle manière un indicateur donné varie-t-il en fonction de la biodiversité ? Alors que les premières approches menées dans le cadre du programme BGF recherchaient a priori des relations linéaires, des études plus récentes soulignent l'importance d'envisager d'autres types de profils, plus généraux, que les développements statistiques permettent désormais d'étudier aisément. Ainsi le projet IMPREBIO (2010-2014), qui a étudié les effets de l'intensification de la gestion sylvicole sous la direction de Philippe Balandier (Irstea), et le projet SYLECOL (2010-2014), coordonné par Antoine Lecerf (CNRS) consacré à la recherche d'indicateurs de biodiversité pour les ruisseaux forestiers, ont tous deux testé systématiquement des modèles présentant une saturation, un plateau ou encore des modèles quadratiques, c'est-à-dire en forme de cloche ou de "U". Conformément à la théorie écologique, de nombreuses réponses en cloche ont été mises en évidence et décrivent mieux la relation entre indicateurs indirects et biodiversité (figure 2) Ce résultat a été retrouvé dans le projet Gestion, Naturalité, Biodiversité (2010-2014, GNB) coordonné par Frédéric Gosselin (Irstea) – avec dans certains cas des relations "fortes" entre indicateur et biodiversité qui ne se révélaient qu'avec cette forme quadratique. Le projet GNB a par ailleurs mis en évidence un autre forme de relation : un effet "seuil" où la biodiversité ne varie qu'à partir d'une valeur donnée de l'indicateur considéré. Et là encore, cet effet seuil était le plus efficace pour décrire les variations de certaines composantes de la biodiversité avec les indicateurs indirects étudiés – en l'occurrence le volume de gros et de très gros bois mort (figure 3).

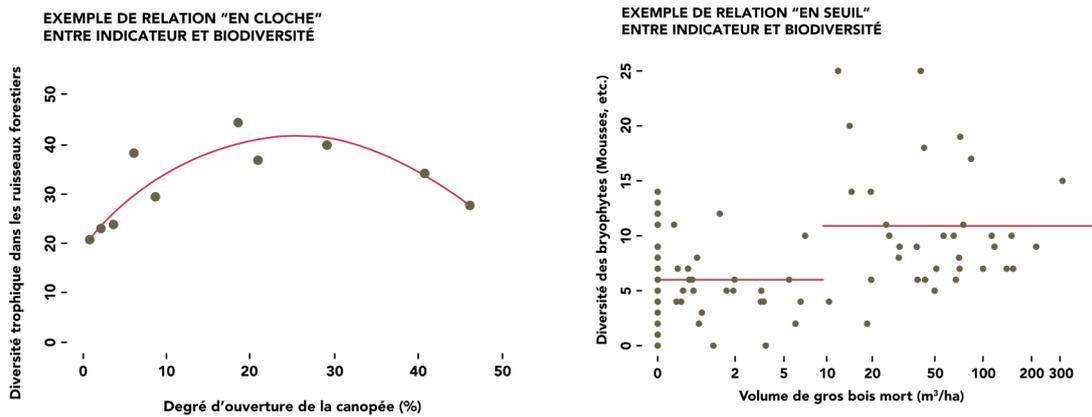


Figure 2 (à gauche) : Relation quadratique ("en cloche") entre un indicateur de diversité trophique (taille du réseau trophique mesurée par approche isotopique) des ruisseaux forestiers et l'ouverture de la canopée, mise en évidence dans le cadre du projet SYLECOL.
Figure 3 (à droite) : Relation entre la diversité des bryophytes (richesse spécifique) et le volume local de gros et très gros bois morts (diamètre supérieur à). La diversité est multipliée par un facteur 1,8 en moyenne lorsque le volume de gros bois morts dépasse 10 m³/ha environ. (Projet GNB)

Rapports complets, résumés et bibliographie sur

<http://bqf.gip-ecofor.org>

SESSION 2
Lisières, connectivité, colonisation :
la biodiversité dans l'espace et le temps forestiers

Projet BILISSE

Projet DISTRAFOR

Synthèse

Projet BILISSE

Comment la biodiversité des lisières renforce des services écologiques ?

Marc DECONCHAT

INRA Toulouse

marc.deconchat@toulouse.inra.fr

Mots clés : Biodiversité, lisière, services écosystémiques, apoïde, végétation, oiseaux, rhopalocères

Les lisières entre les milieux forestiers et les milieux ouverts, agricoles ou autres, sont très fréquentes dans les paysages ruraux tempérés dans lesquels les forêts sont fragmentées. Elles jouent des rôles écologiques majeurs, notamment pour la biodiversité. Pourtant, les connaissances sur cette biodiversité et les services écosystémiques associés restent très partielles et parfois contradictoires. Or, les gestionnaires forestiers et agricoles vont avoir de plus en plus besoin de ces informations pour adapter leurs gestions dans un contexte où les interactions entre les forêts et l'agriculture seront plus importantes, notamment à travers la valorisation des services écosystémiques, tels que la pollinisation et la régulation des ravageurs.

Le projet comporte 3 volets. Le volet 1 vise à établir l'état des connaissances sur la biodiversité des lisières forestières traitées par une méta-analyse. Le volet 2 aborde la question des relations entre les lisières et la biodiversité sous un angle original. Il s'agit de caractériser la biodiversité de segments de lisières. La biodiversité est évaluée pour 4 groupes spécifiques (Flore vasculaire, Apoïdes, Rhopalocères, Oiseaux) étudiés simultanément sur 3 sites de forêts de plaine (Régions Centre, Aquitaine et Midi-Pyrénées). Il est complété par une étude exploratoire sur les dendro-microhabitats. Le volet 3 s'intéresse aux rôles fonctionnels de cette biodiversité en évaluant des services écosystémiques rendus dans des milieux hors de la lisière. Il s'agit ici d'estimer le degré de réalisation des services écosystémiques de pollinisation et de régulation de phytophages par des dispositifs expérimentaux.

Une littérature abondante expose des points de vue multiples sur les lisières ; une méta-analyse d'une sélection de 250 études montre que les lisières sont plus riches que les milieux adjacents. Les observations conduites sur les segments de lisières des 3 régions d'étude montrent des patrons de réponse diversifiés des communautés végétales aux effets de lisière, en fonctions de la région d'étude et du régime de perturbation des habitats ouverts. Pour les communautés oiseaux, les effets de lisière sont très contrastés. Les lisières forestières intérieures sont les habitats les plus importants en termes de conservation. L'intérêt des lisières forestières en milieu tempéré pour les pollinisateurs est confirmé dans deux cultures à pollinisation entomophile (colza et vergers). Elles abritent des sites de nidification et d'accouplement des abeilles terricoles, dominantes dans les assemblages observés. L'abondance et la richesse spécifique des abeilles dans les champs de colza sont négativement affectées par la distance à la lisière forestière. Les papillons sont plus abondants dans les lisières de milieu ouvert que dans les milieux ouverts. Certains types de dendro-microhabitats sont plus présents en lisière qu'à l'intérieur des bois.

Les niveaux d'insectivorie avienne ont été évalués par la fréquence des attaques d'oiseaux sur des chenilles en plasticine. Le taux de prédation des chenilles-leurres était nettement plus fort en lisière forestière qu'en intérieur, avec un effet très marqué en début de printemps, puis tendant à s'atténuer avec l'avancement de la phénologie saisonnière. Des lisières agissant à la fois comme corridor et comme barrière aux flux de pollen. Le service de pollinisation, mesuré en termes de rendement, n'est pas meilleur en bord de verger qu'au milieu de la parcelle.

Les résultats soulignent l'importance des lisières forestières pour la biodiversité, mais aussi la complexité des dispositifs d'étude à mettre en place et des réponses observées. Compte tenu de leur importance et de leur omniprésence dans les paysages ruraux tempérés ; il semble nécessaire de mieux prendre en compte les caractéristiques des lisières, dans leur variabilité, dans les stratégies de gestion de la biodiversité. Cette biodiversité est susceptible de rendre des services écosystémiques, notamment de régulation des bioagresseurs. Il semble que ce soit surtout la partie intra-forestière de la lisière qui soit la plus déterminante pour la biodiversité et ses services. Les gestionnaires forestiers sont donc en capacité d'influer significativement sur la biodiversité forestière, mais aussi sur l'agriculture voisine.

Projet DISTRAFOR

Dispersion et persistance de la biodiversité dans la trame forestière

Frédéric ARCHAUX

IRSTEA Nogent-sur-Vernisson

frederic.archaux@irstea.fr

Mots-clés : coléoptères ; connectivité ; faune du sol ; flore ; métapopulation ; trame forestière ; qualité d'habitat.

L'établissement d'une trame forestière permettant aux espèces de se déplacer et de migrer au sein des paysages suppose de connaître les espèces qui se dispersent mal et les configurations paysagères délétères. Le projet Distrafor a comparé les communautés de trois groupes taxonomiques dans des forêts anciennes et des forêts récentes, situées dans des contextes paysagers variés pour évaluer la capacité des espèces à coloniser les forêts récentes à partir des forêts anciennes voisines.

Un premier volet du projet a étudié la réponse de la flore vasculaire forestière dans la moitié nord de la France (données floristiques IFN et CBNBP), en prenant en compte le sol et le peuplement forestier pour les données IFN, données qui manquaient pour les données du CBNBP. Un deuxième volet a exploré la réponse des coléoptères saproxyliques et de la faune du sol à l'ancienneté des boisements et à l'organisation du paysage, dans deux zones géographiques contrastées mais partageant des caractéristiques similaires en termes de couverture et de fragmentation forestières (régions Centre et Midi-Pyrénées). Une approche morphologique a également été menée sur un échantillon d'espèces de coléoptères saproxyliques. Un troisième et dernier volet a étudié si la recolonisation d'une forêt récente par la flore dépendait du fait que la forêt récente était en contact ou non avec un boisement ancien (en contrôlant la distance à la lisière ancienne), en suivant le même protocole répliqué dans le Centre et en Lorraine. Pour ces deux derniers volets, nous avons cherché à limiter la variabilité stationnelle et des peuplements (y compris bois mort pour le volet 2).

L'analyse des cartes de forêt ancienne des régions Nord-Pas-de-Calais et Lorraine et du cœur du Bassin parisien a montré un accroissement forestier depuis 1830 de 20%, très variable selon les régions, et une proportion élevée de forêts anciennes dans nos forêts actuelles (70%). Les forêts récentes sont généralement situées sur des sols plus riches, en lien avec leur passé agricole.

Pour près d'une plante sur deux, la fréquence diffère entre forêts anciennes et forêts récentes et selon la surface forestière dans le paysage. Comme les forêts récentes se situent surtout en marge des forêts anciennes, la fréquence de ces plantes varie du cœur vers la périphérie des forêts : les espèces de forêt ancienne sont aussi celles plus fréquentes au cœur des forêts, et inversement les espèces de forêt récente sont des espèces de périphérie. La colonisation d'un boisement récent dépend de la distance à la forêt ancienne, et elle est nettement supérieure si le bois récent est en contact direct avec une forêt ancienne. L'effet de la surface forestière dans le paysage, une des mesures de la connectivité forestière, est équivoque: il y a autant de plantes dont la fréquence augmente ou diminue avec la proportion de forêt

dans le paysage. Ces espèces répondent généralement de manière non linéaire à la surface forestière dans le paysage. L'urbanisation joue un rôle dans la colonisation de la forêt récente mais il y a autant de plantes favorisées que défavorisées. Une majorité de plantes naturalisées sont avantagées par l'artificialisation des sols autour des taches forestières, mais peu par la connectivité forestière. L'importance relative de la limitation par la dispersion ou par le recrutement semble dépendre des conditions de sol : sur sols acides, la distribution des plantes serait plus limitée par la nature des sols que par la connectivité, tandis que l'inverse prévaudrait sur sols plus riches.

La diversité et l'abondance globale des coléoptères saproxyliques et les coléoptères carabiques ne manifestent de réponse significative à aucun des facteurs étudiés (qualité de l'habitat, ancienneté, connectivité) mais la composition en espèces varie en fonction de l'ancienneté. Cela vaut également pour un groupe de petites espèces aptères vivant dans la litière. A l'échelle spécifique, certains de ces facteurs semblent jouer un rôle. Une explication au manque de réponse serait que la fragmentation favorise les individus plus dispersifs, ce qui compense les effets délétères de l'isolement. C'est le cas pour trois coléoptères saproxyliques qui présentent (au moins pour un sexe) une charge alaire plus faible dans les boisements récents. Mais d'autres espèces ne montrent pas ce patron, et certaines semblent même moins dispersives dans les forêts récentes.

Parmi les facteurs étudiés, l'acidité du sol influence clairement la diversité et l'abondance des vers de terre, des gastéropodes, des myriapodes et des isopodes, ainsi que la surface du boisement et son ancienneté. Cependant l'effet de ces facteurs est idiosyncratique et positif ou négatif selon le taxa. Par ailleurs la diversité des assemblages semble généralement appauvrie dans les paysages les plus forestiers, un patron également mis en évidence pour une partie de la flore et des coléoptères.

Nos résultats tempèrent donc l'importance de la connectivité forestière pour la biodiversité en général. Néanmoins pour les espèces et les groupes d'espèces aux capacités de dispersion limitées, le maintien voire l'accroissement de la connectivité, y compris dans les zones très agricoles ou urbaines, est important pour leur maintien. Pour accroître la taille des populations, l'accrétion forestière semble une meilleure stratégie que la nucléation mais nous n'avons pas formellement testé l'effet "corridor en pas japonais" de ces petits boisements isolés.

Synthèse

Lisières, connectivité, colonisation : la biodiversité dans l'espace et le temps forestiers

Cette synthèse est une version provisoire éditée pour le colloque final des projets 2010-2014. Elle s'inscrit dans une série de trois synthèses thématiques qui seront publiées à destination des gestionnaires et porteurs de politiques. Ces documents synthétiques seront publiés sous la forme de trois plaquettes et présenteront des résultats marquants des projets du programme BGF qui se terminent (2010-2014) ; elles incluront également les résultats des projets antérieurs (tranches 2005 et 2000).

Vous trouverez dans cette synthèse des résultats issus des projets :

- BILISSE, 2010-2014. Comment la biodiversité des lisières renforce des services écologiques ?
- CORYLUS, 2005-2009. Influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité
- DISTRAFOR, 2010-2013. Dispersion et persistance de la biodiversité dans la trame forestière
- GUYASPASE, 2010-2013. Comment passer des estimations locales de biodiversité et de stocks de carbone à des indicateurs régionaux utilisables dans l'aménagement et la gestion des massifs forestiers guyanais ?
- ISLANDES, 2001-2004. Evaluation de la méthode des îlots feuillus pour restaurer la biodiversité de l'écosystème simplifié de pin maritime des Landes de Gascogne et améliorer sa résistance aux insectes ravageurs et champignons pathogènes

Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques

Lisières, connectivité, colonisation : la biodiversité dans l'espace et le temps forestiers

Comment la faune et la flore répondent-elles aux modifications de la trame forestière ? Comment les lisières, la mosaïque paysagère, le degré de naturalité ou de fragmentation des massifs les influencent-ils ? Le programme BGF a livré un ensemble de résultats qui précisent les liens complexes entre distribution de la biodiversité et choix de gestion.

En France, depuis la fin du 19^e siècle, la surface forestière a augmenté de près de deux-tiers : le taux de boisement est aujourd'hui de l'ordre de 30% en métropole. Mais cette extension globale recouvre des évolutions très hétérogènes, dans le temps comme dans l'espace. Sous l'effet de l'aménagement du territoire, des changements d'usage des sols et des stratégies d'exploitation, le paysage forestier se recompose sans cesse : déplacement des lisières, fragmentation ou agrégation des massifs, régénération ou mise en réserve... Dans quelle mesure les différentes espèces de la flore et de la faune forestière parviennent-elles à coloniser de nouveaux périmètres ? Quelles configurations paysagères permettent de favoriser ou de limiter leur dispersion ? À l'heure de la mise en œuvre au niveau national de la Trame verte et bleue (voir l'encadré page 2), pensée pour restaurer la connectivité entre les écosystèmes, le programme BGF a apporté un ensemble de connaissances nouvelles sur ces questions cruciales pour la préservation de la biodiversité.

Lisières : une interface structurante pour la biodiversité...

Zones de transition entre milieux ouverts et forêt, les lisières constituent des espaces-clés pour la biodiversité. Une méta-analyse menée sur plus de 250 études dans le cadre du projet BILISSE (2010-2014), a établi qu'elles sont généralement plus riches en diversité végétale et animale que l'intérieur forestier. Coordonné par Marc Deconchat (INRA-INPT), ce projet a précisé l'influence de ces interfaces sur la biodiversité grâce à des

échantillonnages standardisés, mis en place sur des segments de lisières jouxtant des milieux ouverts (cultures ou prairies) dans trois sites (Centre, Landes et Gascogne). Couvrant quatre groupes taxonomiques* (plantes, papillons de jour, abeilles et oiseaux), les résultats montrent que l'abondance* en papillons de jour est plus élevée le long des lisières extérieures qu'en milieu ouvert. Pour les oiseaux, qui présentent des réponses très contrastées aux effets de lisière, la bande de forêt attenante à la lisière se révèle être l'habitat le plus important en termes de conservation : leur abondance et leur diversité y sont plus élevées que dans les milieux voisins.

Enfin, l'étude a mis en évidence certains services écosystémiques* rendus par les lisières aux cultures voisines : à la fois corridor et barrière pour les flux de pollen, elles offrent un habitat privilégié aux abeilles terrioles (nichant dans le sol) et agissent comme une

□

Le programme BGF en quelques mots

Animé par le Groupement d'intérêt public Ecofor et soutenu par le ministère de l'Agriculture, le programme incitatif de recherche « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF) du ministère de l'Ecologie a pour objectif de développer les connaissances nécessaires à une prise en compte effective de la biodiversité dans la gestion forestière au sens large, c'est-à-dire de l'exploitation forestière à la gestion d'espaces boisés protégés. Depuis sa création en 1996, le programme a soutenu 39 projets et généré de nombreuses publications, recueils et synthèses qui contribuent à éclairer les politiques publiques. En 2014, cinq nouveaux projets étudiant diverses facettes des interactions entre adaptation des forêts au changement climatique et

source de pollinisateurs pour le colza et les vergers des zones étudiées. Elles hébergent par ailleurs des oiseaux prédateurs d'insectes, augmentant ainsi le taux de prédatons de certains ravageurs des cultures (figure 1).

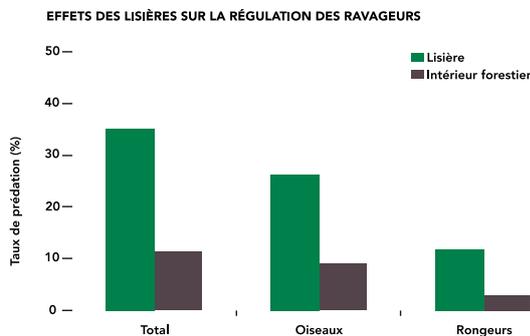


Figure 1 : Comparaison des taux de prédation moyens de ravageurs de cultures en lisière et à l'intérieur des massifs, au mois de juin (source : BILISSE). À gauche : prédation totale ; au centre : prédation aviaire ; à droite : prédation par les rongeurs.

... et des effets à longue portée sur l'intérieur des massifs...

L'influence des lisières sur la biodiversité s'étend également à l'intérieur des massifs forestiers. Cet "effet lisière" a été mis en évidence dans le cadre du projet CORYLUS (2005-2009), coordonné par Jean-Luc Dupouey (INRA) et Laurent Bergès (Irstea). Les équipes ont analysé la répartition de 214 espèces végétales en fonction de la distance à la lisière la plus proche en contrôlant les autres facteurs de variation (taille du massif, sol, climat, type de peuplement) à partir des relevés floristiques de l'Inventaire forestier (IGN), pour 52 départements de la moitié Nord de la France. Les résultats révèlent l'existence d'effets de lisière sur de grandes distances (supérieures à 750 m) et permettent de distinguer trois groupes de plantes : espèces de cœur, de périphérie et espèces indifférentes à la distance de la lisière.

Ces groupes peuvent être discriminés par les caractéristiques des plantes (mode de reproduction et de dispersion, réponse à la température, etc.). Par exemple, les 40 espèces de cœur font pour beaucoup parti de la famille des mousses (bryophytes), des fougères (ptéridophytes) et/ou des plantes vivaces dont la partie aérienne disparaît l'hiver (hémicryptophytes),

se développent préférentiellement sur sols acides (acidophiles) et dispersent leurs graines *via* le vent (anémochorie).

Les 38 espèces de périphérie sont quant à elles plus souvent à reproduction par dispersion des graines *via* les animaux (endozoochorie), se développent préférentiellement à la lumière et à la chaleur (héliophiles et thermophiles), sur sols basiques et riches en nitrates (basophiles et nitrophiles) et conservent leurs organes aériens l'hiver (phanérophytes) (figure 2).

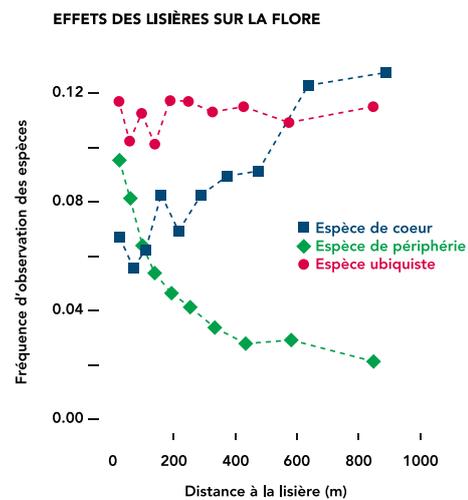


Figure 2 : Fréquences observées de différentes espèces en fonction de la distance à la lisière, dans la partie Nord de la France. En bleu, la fétuque des bois (espèce de cœur de massif) ; en vert, la grande ortie (espèce de périphérie) ; en rose, le genêt à balais (espèce ubiquiste, c'est-à-dire pouvant être présente dans de nombreux habitats) (Source : CORYLUS)

... qui seraient autant de traces des changements d'usage des sols passés

Ces effets de lisières à longue distance ne peuvent pas entièrement s'expliquer par les variations de facteurs environnementaux (lumière, sol...) habituellement impliquées dans les effets lisière à courte distance. Ils pourraient en revanche être liés au déplacement progressif des lisières suite à l'extension forestière massive depuis les années 1830. Les forêts récentes*, installées sur d'anciennes zones cultivées ou pâturées, auraient été lentement colonisées par les espèces de cœur, le plus souvent typiques de forêts anciennes et à

faible capacité de dispersion, et abandonnées progressivement par les espèces de périphérie.

Cette hypothèse souligne la nécessité d'appréhender les relations de la biodiversité avec la trame forestière dans leur dynamique spatio-temporelle : comment la faune et la flore opèrent-elles la colonisation de nouveaux milieux à partir des cœurs de nature ? Quels niveaux de connectivité entre habitats récents et anciens faut-il assurer pour permettre la mobilité des espèces, dont les capacités respectives de dispersion restent mal connues ?

Colonisation des milieux récents : le contact à une forêt ancienne est primordial, la distance secondaire

Le projet DISTRAFOR (2010-2014), coordonné par Frédéric Archaux (Irstea), a étudié cette dynamique spatio-temporelle de la flore forestière dans la moitié Nord de la France à partir de deux grandes bases de données floristiques (Inventaire forestier de l'IGN, Conservatoire botanique national du bassin parisien). S'appuyant sur une base cartographique actuelle (IGN) et des cartes anciennes (18^e et 19^e siècles), l'équipe a précisé les évolutions de la répartition spatiale des forêts pour la zone d'étude : l'accroissement de la surface forestière s'y avère d'abord moins important qu'à l'échelle nationale (+21% par rapport à 1830 pour les régions Nord, Lorraine et le Bassin parisien) ; cette surface est constituée à 70% de forêts anciennes* ; 80% des forêts récentes (apparues après 1830), sont en contact avec celles-ci. Ce travail a permis de corroborer la réinterprétation temporelle de l'effet lisière à longue distance proposée dans le cadre du projet CORYLUS : les espèces de cœur de forêt sont les espèces de forêts anciennes, les espèces de périphérie celles des forêts récentes.

Le projet DISTRAFOR a également établi qu'à distance équivalente de la lisière ancienne, la flore colonise plus facilement les forêts récentes "agrégées" (au contact d'un massif ancien) que "nucléées" (sans contact avec un massif ancien). La distance entre boisement récent et ancien s'avère n'avoir qu'une influence secondaire par rapport à cet effet de contact et semble indétectable au

delà de 100 m. Deux mécanismes peuvent expliquer la présence moins fréquente de certaines plantes en forêt récente : une faible capacité de dispersion intrinsèque de certaines espèces ou de fortes contraintes d'installation. Le premier mécanisme apparaît prépondérant en Lorraine tandis que le second prédomine dans la région Centre où les caractéristiques des sols, notamment une acidité nettement plus marquée, semblent plus limitantes. Ces analyses, à poursuivre, contribuent à identifier les espèces et les conditions dans lesquelles certaines plantes sont les plus limitées par leur capacité de dispersion et donc les plus dépendantes de la mise en place d'une Trame verte adaptée.

□

Trame verte et bleue et forêt

Engagement fort du Grenelle de l'environnement, la Trame verte et bleue (TVB) a pour ambition de permettre un aménagement durable de notre territoire, conciliant préservation de la nature et développement des activités humaines. La TVB repose sur l'identification d'un réseau de continuités écologiques à préserver ou à restaurer dans les milieux terrestres, aquatiques et humides. Elle est mise en œuvre sur la base d'un partenariat Etat - Région au travers de schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE), élaborés en étroite concertation avec les acteurs locaux. Le premier SRCE a été adopté en l'Île-de-France en octobre 2013 et une douzaine d'autres seront approuvés en 2014.

Des liens ont été instaurés par le législateur entre TVB et forêt dans les documents de planification et de gestion. En particulier, le code forestier prévoit que le plan pluriannuel régional de développement forestier (PPRDF) doit prendre en compte le SRCE. Des évolutions seront apportées par le projet de loi d'avenir sur l'agriculture et la forêt, examiné par le parlement au premier semestre 2014, celui-ci prévoyant la disparition des PPRDF au profit de programmes régionaux de la forêt et du bois, déclinaisons d'un programme national lui-même issu de ce projet de loi.

Pour en savoir plus : www.trameverteetbleue.fr

Des haies pour rétablir la connectivité forestière?

Au delà de l'effet lisière, plusieurs projets BGF ont cherché à évaluer l'influence de la mosaïque paysagère sur la biodiversité. Le projet CORYLUS a notamment cherché à évaluer l'effet de la densité d'un élément structurel du paysage, les haies, dont l'efficacité pour restaurer la connectivité entre des massifs disjoints reste assez mal évaluée. Basée sur des données du réseau STOC (Suivi temporel des oiseaux communs) et de l'Inventaire forestier (IGN), une analyse statistique à l'échelle nationale montre que les haies, en augmentant la connectivité, pourraient favoriser la compétition entre espèces d'un groupe écologique a priori peu limité par la dispersion : les oiseaux forestiers. Les haies agissent en effet comme un facteur d'amplification des taux d'extinction et de colonisation inter-annuels des 55 espèces d'oiseaux étudiées, en particulier dans des boisements de faible surface. Toutefois, cet effet n'influe pas sur la composition ou la diversité moyennes des communautés aviaires. Celles-ci ne répondent, à l'échelle nationale, ni à la densité des haies, ni à la fragmentation ou à l'isolement des espaces boisés mais principalement à la surface forestière : il y a d'autant plus d'espèces d'oiseaux forestiers que la surface totale de forêt à proximité est grande. Si aucun effet positif des haies pour les oiseaux forestiers n'a été mis en évidence, un éventuel effet déstabilisateur reste à confirmer et n'est bien sûr pas généralisable à d'autres groupes : les haies pourraient jouer un rôle plus positif pour d'autres espèces forestières ou pour des taxons* agricoles. Pour favoriser la colonisation des boisements récents, à l'échelle paysagère, la recommandation principale reste bien de préférer l'accrétion forestière aux corridors en "pas japonais", formés de fragments forestiers disjoints.

Stades jeunes et âgés, feuillus et résineux : la mosaïque intra-forestière structure la biodiversité

Si la structure et la répartition spatiale des zones forestières par rapport aux milieux ouverts détermine fortement la distribution de la biodiversité, la mosaïque paysagère intra-forestière est également à prendre en

compte. Ainsi, le projet ISLANDES (2001-2004), coordonné par Hervé Jactel et Luc Barbaro (INRA) a par exemple démontré le rôle déterminant et positif, en termes de richesse et de composition*, pour toutes les composantes étudiées de la biodiversité (oiseaux, carabes, plantes, araignées), de la distribution et de la connectivité d'îlots de feuillus dans la forêt de résineux des Landes (figure 3).

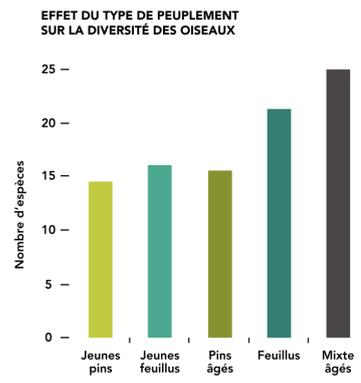


Figure 3 : Nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs présents localement selon les types de peuplements d'arbres, dans la forêt des Landes de Gascogne (Source : ISLANDE)

Quelques définitions

***taxon / groupe taxonomique :** entité conceptuelle regroupant les organismes vivant ayant un caractère commun du fait de leur parenté. Quelques exemples de taxons : variété (un sous-taxon du taxon espèce), espèces, genre, famille...

***richesse spécifique / diversité spécifique :** nombre d'espèces dans un espace donné.

***service écosystémique :** bénéfices que les hommes retirent des écosystèmes. Ils sont de quatre types : (1) les services d'approvisionnement (nourriture, eau...), (2) services de régulation (contrôle des inondations et régulation des maladies...), (3) services culturels sociaux (valeur esthétique, valeur récréative...), (4) services de support des autres services écosystémiques (production d'oxygène atmosphérique, formation et rétention du sol...).

***forêt ancienne, forêt récente :** Une forêt ancienne correspond à une forêt n'ayant pas connu de défrichement depuis la plus ancienne référence cartographique connue, soit vers 1830-1840 en France. A l'opposé, une forêt récente est une forêt défrichée pour être cultivée ou pâturée et reboisée après 1830-1840.

Un autre volet du projet CORYLUS, déjà évoqué, a évalué l'influence de la mosaïque paysagère sur la flore : les relevés de l'Inventaire forestier (IGN) ont été photo-interprétés ou analysés via un système d'information géographique au regard de la surface, de la densité et de la répartition spatiale des "taches" paysagères correspondant à une quinzaine d'habitats (landes, milieux aquatiques, clairières, futaies, taillis, résineux et feuillus, etc.). Ces travaux ont montré qu'en plus de l'effet lisière déjà présenté, l'influence du paysage sur la composition des communautés floristiques provenait principalement de la présence et de la structure spatiale (1) des stades jeunes ou ouverts par rapport aux peuplements plus âgés ainsi que (2) des peuplements feuillus et résineux. Il résulte néanmoins de l'étude que l'effet de la qualité de l'habitat local (type de sol, type de peuplement, etc.) sur la flore est prépondérant par rapport à l'effet des différents facteurs paysagers étudiés.

Les facteurs paysagers moins influents que l'habitat local

D'autres résultats obtenus par les projets BGF corroborent cet effet prépondérant de la qualité de l'habitat local sur la structure paysagère : les travaux du projet DISTRAFOR ont permis de montrer que la nature des sols est le premier déterminant de la flore forestière, avant l'ancienneté et la connectivité forestière. Le projet CORYLUS a également livré quelques résultats sur l'importance du degré d'hétérogénéité des types d'essences pour la flore : si l'effet positif des mélanges feuillus - résineux sur la biodiversité est mis en avant dans de nombreux travaux, CORYLUS a nuancé cette hypothèse pour une vingtaine d'espèces identifiées comme préférant les peuplements homogènes. Enfin, le projet ISLANDE a démontré que malgré l'importance des facteurs paysagers pour les oiseaux nicheurs, les coléoptères carabiques et les araignées, le facteur le plus important restait l'âge et la hauteur du peuplement forestier, c'est-à-dire le stade du cycle sylvicole allant de la coupe rase au peuplement mature. ■

□

L'exploration de la forêt guyanaise se poursuit

À elle seule, la Guyane française totalise un tiers de la superficie forestière nationale. Cet immense territoire, riche d'une faune et d'une flore exceptionnelles et encore mal connues, a fait l'objet de plusieurs travaux dans le cadre du programme BGF. Le dernier en date, GuyaSpaSE (2010-2014), a exploré sous la direction de Christopher Baraloto (INRA) différentes facettes de la biodiversité guyanaise. Les équipes ont notamment complété les inventaires floristiques sur un réseau de sites, et contribué au développement de protocoles pour le suivi de biodiversité à l'échelle de ce territoire. En parallèle, un vaste travail a été entrepris pour fédérer les données disponibles sur la diversité des arbres et préciser les liens entre noms scientifiques latins et noms vernaculaires souvent utilisés pour les inventaires de terrain.

Cet effort a notamment contribué à une publication remarquable, qui estime à 16 000 le nombre d'espèces d'arbres en Amazonie et met en évidence la forte dominance de 227 espèces. Celles-ci, principalement des spécialistes, y totalisent plus de la moitié des 390 milliards de tiges. À elles seules, 1,4 % des espèces seraient ainsi à l'origine de près de la moitié des feuilles, des fruits, des fleurs, du pollen et de la biomasse et donc des services écosystémiques rendus par l'une des forêts les plus diverses au monde. Si le rôle des 11 000 espèces rares (moins de 0,12 % des arbres) ne doit pas être sous-estimé, ce résultat ouvre des perspectives de simplifications majeures pour appréhender et modéliser le fonctionnement de cet écosystème extraordinairement complexe.

Le projet GuyaSpaSE comporte enfin un important volet de modélisation cartographique : la biomasse aérienne des arbres a ainsi été représentée, pour la première fois à l'échelle de la Guyane, sans les biais induits par des approches purement satellitaires. Cet effort se poursuit pour cartographier la diversité des arbres ainsi que, en partenariat avec l'ONCFS, les amphibiens et la grande faune.

Rapports complets, résumés et bibliographie sur

<http://bgf.gip-ecofor.org>

SESSION 3
Appel à propositions de recherche 2013

Projet AMII

Projet BioPICC

Projet DISTIMACC

Projet DYNFORDIV

Projet PotenChêne

Appel à propositions de recherche 2013

Le service de la recherche du commissariat général au développement durable du ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'Ecologie a lancé un nouvel appel à propositions de recherche dans le cadre du programme BGF « Biodiversité, gestion forestière, changement climatique et politiques publiques » le 13 novembre 2013.

Créé en 1996, le programme « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF) résulte d'une initiative conjointe du ministère de l'Ecologie et d'ECOFOR, avec le soutien du ministère de l'Agriculture. L'objectif du programme est de développer les connaissances sur l'évolution et le rôle de la biodiversité des espaces boisés et d'apporter des éléments d'aide à la décision aux gestionnaires et responsables concernés par la préservation de la biodiversité dans les forêts. Il s'agit donc à la fois de recherches, de développement et d'échanges au sein des réseaux de recherche et de professionnels. Par rapport à d'autres programmes de recherche sur la biodiversité, BGF se singularise par son approche multidisciplinaire et sectorielle. Celle-ci permet, par le biais d'une animation scientifique forte, d'assurer une meilleure prise en compte par les chercheurs des problématiques des acteurs concernés ainsi qu'une valorisation des résultats à la fois plus efficace et plus pertinente.

Bien qu'historiquement les deux questions de la biodiversité forestière et du changement climatique aient été traitées par deux programmes de recherche différents au sein du MEDDE (BGF et GICC), les interactions entre biodiversité et gestion forestière ne peuvent aujourd'hui se concevoir sans prendre en compte les modifications du climat. En effet, le changement climatique affecte directement le devenir des espèces forestières et les mesures de gestion prises pour l'adaptation ou l'atténuation du changement climatique sont également susceptibles d'impacter la biodiversité.

L'appel 2013 s'inscrit donc à l'intersection entre trois domaines majeurs des politiques publiques : la préservation de la biodiversité, la mise en place des stratégies de réponse au changement climatique et la promotion de gestions forestières durables.

L'appel est constitué de deux axes. Le premier mobilise les sciences de la nature et la recherche finalisée sur les itinéraires techniques de gestion pour aborder, dans une approche plus systémique, les interactions entre biodiversité, changement climatique et actions de gestion à différentes échelles, compte tenu de la structure, de la dynamique et du fonctionnement des écosystèmes. Il s'agit d'étudier le devenir et le rôle de la biodiversité dans la réponse des écosystèmes forestiers au changement climatique pour favoriser l'émergence de gestions forestières innovantes. Il s'agit également d'étudier les effets réciproques des mesures de gestion forestière envisagées pour faire face changement climatique ou pour la conservation de la biodiversité.

Le second axe offre une entrée par les sciences humaines et sociales. Il concerne l'interprétation des informations par l'ensemble des acteurs afin de mieux comprendre la chaîne menant de l'information à la décision d'agir ou de ne pas agir. Ce second axe questionne en outre le rôle des politiques publiques, de la gouvernance et de la coordination pour mieux déterminer les modalités, échelles d'action et instruments de politique publique (e.g. réglementation, incitation ou laisser-faire) les plus à même de promouvoir des prises de décisions de gestion pertinentes malgré un contexte de forte incertitude.

Projet AMII

Articuler motivations, incitations et institutions pour mieux mobiliser les propriétaires forestiers privés en faveur de la protection de la biodiversité

Francis DE MOROGUES

FCBA Grenoble

francis.de.morogues@fcba.fr

Mots-clés : motivations, incitations, institutions, propriétaires privés, Natura 2000, politique publique, forêt, biodiversité.

Notre projet questionne les modalités d'incitations des politiques publiques relatives à la protection de la biodiversité adressées aux propriétaires forestiers privés. En effet, nous constatons un succès très relatif des contrats forestiers signés en zone Natura 2 000 notamment. Pour l'expliquer, nous formulons l'hypothèse que le caractère uniquement monétaire des incitations des contrats Natura 2000 peut créer un « effet d'éviction » auprès de la majorité des propriétaires forestiers, c'est-à-dire réduire leurs comportements de gestion aux origines pro sociales (altruisme, image de soi,...). Ainsi, en se référant à la littérature économique sur les comportements pro sociaux, nous considérons que l'incitation à la protection de la biodiversité en forêt peut aussi reposer sur des motivations non monétaires.

Au-delà de Natura 2 000, cette question d'efficacité des incitations, comprise ici comme le nombre de propriétaires engagés dans la protection, se pose aussi pour la mise oeuvre de politiques spécifiques à d'autres échelles. C'est le cas au sein du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges, notre site d'étude, qui envisage la promotion de mesures sylvo - environnementales en direction de la biodiversité ordinaire. On peut aussi penser à la mise en oeuvre des trames vertes, aux schémas régionaux de cohérence écologique, etc.

Aussi, notre objectif scientifique est double :

- Vérifier notre hypothèse en mesurant l'effet d'éviction associé au contrat monétaire et les différentes motivations des propriétaires forestiers privés (monétaires, sociales, éthiques) ;
- Montrer qu'introduire des modalités de contrat relatives à des motivations non monétaires et qu'adapter la qualité de l'institution signataire (aujourd'hui le Préfet ou son représentant en Natura 2 000) permet de disposer de mécanismes d'incitations plus efficaces auprès des propriétaires forestiers privés.

Notre projet de 24 mois est interdisciplinaire, associant des économistes et une socio-anthropologue. Les méthodes sont quantitatives en économie (enquête téléphonique et Internet, économétrie, « Choice Experiment ») mais aussi complémentaires et en dialogue avec l'approche ethnographique. Sur le plan des politiques publiques, les recommandations potentielles de cette recherche appelleront à considérer un ensemble plus large de couples incitations / institutions porteuses pour atteindre une efficacité plus grande en termes d'adhésion et de permanence. Ces prescriptions porteront notamment sur l'introduction d'incitations non monétaires et sur les conditions d'un recours à des institutions décentralisées privées ou publiques.

Projet BioPICC

Biodiversité et productivité des forêts :
effets des interactions biotiques sous contrainte climatique

Bastien CASTAGNEYROL

INRA Université de Bordeaux

bastien.castagneyrol@pierroton.inra.fr

L'état sanitaire des forêts est menacé de manière directe par le changement climatique, notamment par la récurrence et l'intensité croissante des épisodes de sécheresse estivale, et de manière indirecte par ses conséquences sur la pullulation de ravageurs. La diversité des arbres est susceptible de tempérer ces risques. En effet, les forêts mélangées sont de plus en plus reconnues comme étant plus productives, plus résistantes et plus résilientes vis-à-vis des perturbations biotiques et abio-tiques que les forêts monospécifiques. Pourtant, une question reste à explorer : *comment le changement climatique va-t-il influencer le sens et la magnitude des effets de la diversité des arbres sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers, tant en termes de productivité que de résistance ?* Si les effets directs du stress hydrique sur la performance des arbres sont assez bien connus, les effets interactifs de la sécheresse et des dégâts causés par les herbivores restent en effet à explorer.

Dans ce contexte, le projet proposé vise à répondre aux questions suivantes : 1) Quel est l'effet de la diversité des arbres sur leur croissance et sur la productivité des peuplements forestiers mélangés ? 2) La diversité spécifique des arbres constitue-t-elle une assurance de stabilité pour le fonctionnement des écosystèmes forestiers vis-à-vis des épisodes de sécheresse ? 3) Quel est l'effet de la diversité des arbres sur la résistance des peuplements forestiers aux insectes herbivores ? 4) Dans quelle mesure le sens et la magnitude des effets de la diversité des arbres sur la productivité des peuplements forestiers et leur résistance aux herbivores sont-ils modifiés sous contrainte hydrique ? 5) Quels sont les mélanges d'essences conférant la meilleure productivité et la meilleure résistance des peuplements forestiers ?

De manière à produire des résultats génériques applicables à différents types forestiers, un accent particulier sera mis dans ce projet sur les mécanismes sous-tendant les effets interactifs de la diversité des arbres et du stress hydrique sur les interactions biotiques et les relations biodiversité-productivité et biodiversité-résistance (herbivores, sécheresse). L'accomplissement de cet objectif sera permis par une démarche complètement expérimentale construite autour du dispositif ORPHEE dont la mise en place (2007-2008) a été financée par le GIP ECOFOR. Ce dispositif – ORPHEE – est intégré au réseau international de sites expérimentaux, TREEDIVNET manipulant la diversité des arbres en forêt (www.treedivnet.ugent.be). Installé au sud de Bordeaux, il s'étend sur 12 hectares. Ce dispositif se caractérise par 8 répétitions de 31 parcelles forestières dont la composition correspond à chacun des mélanges de une à cinq espèces natives des Landes de Gascogne (*Pinus pinaster*, *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Q. ilex*, *Q. pyrenaica*). Les modèles climatiques locaux prévoient une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses estivales pour les forêts atlantiques. Dès 2014, l'irrigation de la moitié du dispositif permettra de lever la contrainte hydrique estivale de manière à tester selon un plan complètement factoriel les effets de la diversité des arbres et du stress hydrique sur le fonctionnement des parcelles

expérimentales. La croissance des arbres et la productivité des parcelles expérimentales sous contrainte hydrique intègre la complexité des interactions biotiques directes et indirectes impliquant les arbres, la végétation herbacée, les herbivores et leurs ennemis naturels. De manière à isoler ces différentes interactions, le projet est composé de cinq tâches dont la synthèse permettra d'explorer les synergies et antagonismes d'effets de ces différentes interactions biotiques sur la performance (croissance) des arbres.

La première tâche est centrée sur les interactions arbres-herbivores. Elle vise à évaluer la plasticité des traits foliaires des arbres en réponse à l'identité de leurs voisins et au stress hydrique (*i.e.* traits de réponse) et à relier la variabilité des traits à l'herbivorie et aux performances des herbivores (*i.e.* traits d'effets). La seconde tâche consistera en l'étude l'effet du stress hydrique et de la composition des peuplements forestiers sur l'efficacité du contrôle biologique des herbivores par leurs ennemis naturels. La troisième tâche relève de l'écophysiologie. A partir de l'utilisation de marqueurs isotopiques, elle a deux objectifs : (i) la caractérisation de l'efficacité d'utilisation de l'eau des différentes essences le long du gradient de diversité, en interaction avec le stress hydrique, et (ii) l'évaluation de l'effet de la compétition pour l'eau et la lumière entre différentes essences sur leur profondeur d'enracinement. La quatrième tâche vise à caractériser la réponse des communautés végétales au gradient de diversité dans la canopée, en interaction avec le stress hydrique.

Les effets des interactions entre les arbres et leurs environnements biotique et abiotique sont étudiés séparément dans les tâches 1 à 4. De manière à intégrer l'ensemble de ces interactions, la dernière tâche consistera en l'évaluation de l'effet du stress hydrique et de la diversité des arbres sur la performance globale des parcelles, à travers l'estimation de la production de biomasse. Elle se basera sur des mesures dendrométriques et des relations d'allométrie. L'herbivorie étant renseignée à l'échelle de l'arbre, elle sera utilisée comme co-variable dans la modélisation de la croissance des différentes essences, en monocultures et en mélanges. La modélisation ainsi basée sur les données de terrain permettra d'évaluer l'intérêt des mélanges d'essences en termes de productivité des peuplements forestiers.

Ce projet fournira des éléments de compréhension de l'effet de la diversité des arbres sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers sous contrainte hydrique à deux niveaux : au niveau de la parcelle, par une description des patrons de réponse de la végétation du sous bois, de la productivité totale, de l'herbivorie et de la prédation, et à l'échelle de l'arbre individuel (physiologie, croissance, herbivorie). L'originalité de ce projet réside dans son caractère intégrateur des interactions complexes entre différents niveaux trophiques, et entre le compartiment biotique et abiotique. Par l'accent mis sur les mécanismes, il fournira des résultats génériques permettant leur transposition à d'autres modèles que ceux étudiés, en faisant ainsi un outil éclairant sur le choix des essences à associer préférentiellement (hypothèse d'assurance et de *tradeoffs*) pour favoriser la productivité et la résistance des forêts dans un contexte de changement climatique.

Ainsi, une sixième tâche, pilotée par le CRPF, aura pour objectif l'évaluation de l'intérêt sylvicole des mélanges d'essences en forêt de plantation, ainsi que le transfert et la valorisation des résultats du projet auprès des propriétaires forestiers et des professionnels de la filière bois en Aquitaine. Elle aboutira à la rédaction d'un rapport technique diffusant les résultats de la recherche.

Projet DISTIMACC

Diversité, stabilité et fonctionnement des écosystèmes forestiers :
quelle ingénierie et quels mélanges pour l'adaptation au changement climatique,
de la Provence aux Alpes du Nord ?

Xavier MORIN

CNRS Montpellier

xavier.morin@cefe.cnrs.fr

Mots-clés : Résilience, régénération, productivité, décomposition des litières, variabilité individuelle, traits fonctionnels, mélanges, sylviculture, adaptation, modélisation mécaniste, gradient climatique.

Les changements globaux affectent les processus écosystémiques des forêts et les services qui en découlent, en modifiant les conditions environnementales. Mais ils influencent également indirectement les écosystèmes forestiers en modifiant la composition des communautés. Or, de tels changements de biodiversité sont susceptibles d'affecter le fonctionnement des écosystèmes, puisque les processus écosystémiques – comme la productivité, la décomposition et le recyclage des nutriments – sont particulièrement sensibles à la diversité en espèces. Le rôle de la diversité sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers a en effet été démontré de diverses façons, aussi bien expérimentalement que *via* des observations *in situ*. Mais s'il existe de nombreux travaux sur la relation entre diversité et le niveau moyen atteint par un processus donné (productivité ou décomposition par exemple), peu d'études ont cherché à estimer l'effet de la diversité sur la stabilité de ces processus écosystémiques. Cette stabilité concerne la capacité d'un écosystème forestier à maintenir sa structure et ses propriétés après une perturbation ou un stress (stabilité par résistance), et aussi sa vitesse de récupération (stabilité par résilience). Ce manque de connaissances sur la stabilité des écosystèmes est particulièrement criant pour les écosystèmes forestiers ; et les inconnues sont encore plus grandes si l'on considère l'interaction entre effet de la diversité et effets du changement climatique. Pourtant, dans ce contexte de changement climatique, mieux connaître la résistance des peuplements et leur résilience semble primordial, que l'on se place du point de vue de la conservation de diversité à l'échelle locale ; ou du point de vue du gestionnaire, pour qui la préservation de services écosystémiques (*e.g.* production) au cours du temps est aussi importante que la recherche d'un gain de productivité ponctuel. Sous cet angle appliqué, un point clé est l'identification de mélanges qu'il serait intéressant de maintenir ou même de favoriser pour l'adaptation des forêts au changement climatique.

Partant de ces constats, ce projet vise (i) à apporter de nouvelles connaissances sur l'effet de la diversité ligneuse (arbustes inclus) sur la stabilité des écosystèmes forestiers, et ce sous différentes conditions climatiques ; (ii) à identifier les types de mélanges qu'il serait intéressant de maintenir ou de favoriser pour l'adaptation des forêts au changement climatique dans les zones de montagne et méditerranéenne ; et (iii) à développer un savoir-faire en ingénierie forestière sur les conditions techniques de maintien ou de promotion de ces mélanges. Ce projet se focalisera sur la région Méditerranéo-alpine, région où se trouvent de nombreux types forestiers identifiés comme sensibles au changement climatique. Un tel projet

améliorera nos connaissances fondamentales sur la stabilité des forêts face aux facteurs climatiques et sa dépendance vis-à-vis de la diversité. Mais il renseignera également sur les essences et mélanges d'intérêts, ainsi sur que les pratiques sylvicoles les plus favorables. Le projet comportera donc des recommandations de gestion en fonction des résultats obtenus à la fois grâce aux mesures et aux simulations et également par une démarche d'ingénierie des mélanges pour définir des pistes de gestion pour l'adaptation des forêts au changement climatique.

Nous étudierons donc la réponse - à la diversité et au climat - de deux processus écosystémiques clés, la croissance des arbres et la décomposition des litières, ainsi que de la régénération, processus démographique crucial dans le contexte de changement climatique. Plus précisément, après avoir vérifié que (i) la croissance moyenne des peuplements et la décomposition des litières augmente avec la diversité (intra- et inter-spécifique) des ligneux, nous testerons (ii) si la stabilité de la productivité et de la décomposition des peuplements augmente avec la diversité (intra- et inter-spécifique) des ligneux, (iii) si l'effet du mélange est plus fort dans les conditions environnementales plus stressantes, et (iv) si la régénération est favorisée par la diversité des espèces et de la structure du peuplement notamment en conditions climatiques plus stressantes.

Pour ce faire, ce projet reposera sur trois volets complémentaires. Tout d'abord des mesures *in situ* en considérant des gradients climatiques (gradients latitudinaux nord-sud, gradients altitudinaux, en Provence et dans les Alpes) et différentes conditions de mélanges. Puis une approche de modélisation pour étudier la relation diversité-stabilité, grâce à un modèle de dynamique forestière. Cette approche doit permettre de confirmer les effets constatés *in situ*, et d'essayer de les décomposer pour en comprendre les mécanismes. Enfin, une démarche d'ingénierie forestière associant chercheurs et gestionnaires du projet qui s'appuiera sur une synthèse bibliographique sur les mélanges d'intérêt et sur la conduite de ces mélanges, ainsi que sur un travail de simulation de modalités de gestion de ces mélanges, à l'aide du modèle, selon certains scénarios d'évolution climatique.

Outre l'effet positif du mélange sur la productivité moyenne, la vitesse de décomposition et le succès de la régénération, on s'attend à ce que l'effet positif du mélange sur ces processus soit plus fort lorsque la variabilité intra-spécifique est faible. On s'attend également à ce que cette situation se rencontre plus souvent en conditions plus stressantes, avec une sécheresse estivale par exemple. Le modèle doit permettre d'explorer les mécanismes pouvant expliquer ces effets (au niveau de la productivité essentiellement), comme par exemple l'asynchronie de la réponse des espèces aux conditions environnementales. Enfin ce projet doit permettre de tester la mise au point de scénarios sylvicoles pour les différentes situations écologiques d'intérêt, en identifiant les essences impliquées et les modes de gestion utilisés.

Le projet se déroulera sur 3 ans et demi, avec notamment trois saisons de terrain. Il débutera notamment par un workshop initial qui doit permettre une réflexion *en amont* pour les aspects opérationnels du projet (terrain, simulations) et anticiper le transfert vers la gestion.

Ce projet bénéficiera d'interactions avec d'autres projets, qu'ils soient nationaux ou internationaux, principalement ceux qui portent sur l'importance des effets de la diversité sur les processus écosystémiques et/ou sur l'impact des changements globaux sur les patrons de diversité (à différentes échelles spatiales). En particulier, il est important de noter que le projet

profitera des données acquises dans le projet BioProFor (ANR ; 2012-2014) et de l'outil de modélisation initié dans le cadre du projet BACCARA (EU FP7) et amélioré *via* le projet EC21C (BiodiverSa ; 2013-2016), ainsi que des acquis des projets portant sur les forêts mélangées (RESINE, GEFORHET, ECOGER).

Enfin ce projet se caractérise par une approche originale liant observations et modélisation, tout en proposant une interaction forte entre chercheurs et gestionnaires pour définir une démarche d'ingénierie des mélanges originale, et proposer des pistes de gestion pour l'adaptation des forêts au changement climatique.

Projet DYNFORDIV

Forçages environnementaux et anthropiques du turnover forestier,
conséquences sur la diversité des communautés d'arbres en forêt tropicale

Daniel SABATIER

IRD Montpellier

daniel.sabatier@ird.fr

Ce projet s'intéresse aux relations entre diversité/composition floristique des communautés d'arbres et turnover du couvert forestier en forêt tropicale. Depuis la proposition par Phillips & Gentry (1994) d'une accélération généralisée du turnover forestier différentes sources de forçage ont été identifiées (fertilisation, climat) auxquelles s'ajoute une pression anthropique croissante. Cette transformation des forêts tropicales s'accompagnerait notamment d'un accroissement très significatif de la proportion de lianes au détriment de la fraction arborescente. Il est cependant impossible de vérifier expérimentalement les conséquences à long terme de cette accélération sur le devenir des espèces composant ces communautés forestière et leur modélisation complexe est sujette à controverse.

Nous proposons d'utiliser une situation remarquable, non encore étudiée, d'opposition entre versants au vent et sous le vent des reliefs de Guyane, comme un modèle naturel de l'impact du forçage du turnover forestier sur la diversité des communautés d'arbres. Les informations dont nous disposons font état de l'existence de forêts à canopée très haute sous le vent des reliefs (comparables aux situations remarquables décrites pour les forêts du sud-est asiatique) et d'une mosaïque de forêts hautes et de forêts à lianes du côté au vent. Cette opposition s'étend au-delà des seuls versants.

Notre projet étalé sur 3 ans s'appuiera sur 4 sites principaux, non exploités et présentant ce fort contraste : deux en zone Sud (PAG) et deux en zone Nord (ONF). Nous y effectuerons des levés LiDAR et des relevés de terrain permettant de caractériser les relations dynamique-structure-diversité et de les comparer avec d'autres sites déjà étudiés, certains en exploitation forestière ou simulation d'exploitation, d'autres demeurés en forêts naturelles.

La composition floristique des communautés d'arbres (quatre compagnes lors des saisons sèches) sera abordée par deux méthodes compatibles avec celles des projets connexes conduits par les équipes du labex CEBA : l'une « botanique » sera mise en œuvre par des relevés quantitatifs de type segments de point-carré échantillonnant 120 arbres de dbh ≥ 10 cm (déjà mise en œuvre dans plusieurs sites) répétés dans chacun des paysages forestiers ; l'autres, « inventaires forestiers », issue d'un projet récent mené par l'ONF et ses partenaires scientifiques (UMRs AMAP et ECOFOG), consiste en des relevés linéaires (20m x 3 km) des arbres de dbh $\geq 17,5$ cm, une caractérisation environnementale (pédologique) et une mesure des hauteurs d'arbres dominants.

La mesure, sur de larges superficies (2 000 à 4 000 ha par site) des statures et structures (au sens de Bongers 2001a) ainsi que, via une approche diachronique (t1 déjà acquis ou à acquérir grâce à une télédétection LiDAR aéroportée, dont nous maîtrisons bien les aspects techniques. Cette technique, qui permet une cartographie détaillée de la canopée, du volume de

végétation et de la topographie, est actuellement mis en œuvre en Guyane par l'ONF pour le suivi des secteurs en exploitation. Une approche comparative entre secteurs soumis ou non à exploitation est envisagée.

Le changement d'échelle sera abordé à l'aide d'une approche télédétection optique qui visera à améliorer la détection des types forestiers et donc leur cartographie ainsi que la détection des indices de perturbation (trouées). Sur ces deux thématiques, les résultats obtenus par l'équipe proposante et utilisés par les gestionnaires méritent d'être approfondis. Une thèse est dédiée à cette approche.

Le présent projet vise donc à fournir aux gestionnaires d'espaces forestiers des éléments et outils de diagnostic et d'interprétation en termes de trajectoire dynamique et de susceptibilité aux forçages anthropiques et climatiques des couverts forestiers, afin d'améliorer les itinéraires techniques de gestion. Il se focalise sur les espaces forestiers à canopée haute et très haute, en les comparant entre eux ainsi qu'aux forêts adjacentes, plus basses ou plus ouvertes, avec une double ambition : 1) mieux comprendre les interrelations entre stature, structure, dynamique et composition/diversité des communautés d'arbres ; 2) fournir des clefs de lecture et d'interprétation de ces paramètres afin d'améliorer les outils de diagnostic et de suivi des forêts de Guyane. Plus précisément, il s'agit de :

1. Finaliser une carte de types forestiers par combinaison de télédétection optique et LiDAR :
 - Améliorer la typologie et la cartographie par télédétection optique (imagerie à moyenne résolution (10 - 30 m), approche multi-temporelle et modélisation du signal (DART), avec appuis de levés LiDAR et de relevés de terrain) des forêts hautes et très hautes de Guyane ;
 - Fournir aux gestionnaires une carte des types forestiers qui complètera l'approche environnementale déjà mise en œuvre (carte des paysages géomorphologiques).
2. Déterminer à l'aide d'inventaires botaniques quantitatifs et de relevés forestiers, la part de diversité (α et β) de la composante arborescente de la biocénose associée aux variations de stature et structure dans ces paysages forestiers :
 - Analyser conjointement les inventaires botaniques et forestiers en relation avec les cartes de structures élaborées aux échelles locales et régionale.
3. Inférer un modèle de relation entre dynamique, stature-structure et diversité ; étudier ses conséquences en termes de gestion forestière :
 - Améliorer la télédétection à large échelle des processus dynamiques par une approche multi-temporelle ; mesurer, à l'aide de levés LiDAR, sur une période de deux années minimum (dix années pour deux des sites d'étude) les processus dynamiques (accruescence, ouverture) en relation avec la stature et structure du couvert en tenant compte de l'exposition au vent ou sous le vent des reliefs ;
 - Mesurer, à l'aide de levés LiDAR diachroniques, le niveau de contagion dans le temps des ouvertures de canopée en fonction de la stature et structure initiale du couvert ; inférer un indicateur de susceptibilité (processus auto-entretenu par exemple) aux forçages entraînant une ouverture des canopées ;

- Comparer les modifications de structure consécutives aux exploitations avec les dynamiques naturelles étudiées ; fournir des perspectives quant aux conséquences en terme de susceptibilité de communautés d'arbres aux forçages anthropiques et climatiques.
4. Contribuer à la mise en place d'un dispositif de suivi à long terme de l'impact des changements climatiques sur la forêt non soumis aux impacts anthropiques (PAG).
- Mise en place d'une stratégie pour le suivi du couvert forestier à différentes échelles par télédétection optique, LiDAR et parcelles permanentes.

Ces objectifs s'inscrivent dans la démarche adoptée par le labex CEBA (Centre d'étude de la biodiversité amazonienne) et sont en adéquation avec plusieurs aspects importants des politiques publiques nationales et régionales qui visent d'une part au renforcement de la connaissance des territoires forestiers, des systèmes écologiques qu'ils renferment, de leurs composantes biotiques et d'autre part, à une amélioration des mesures de gestion, conservative ou non, et du suivi (proposition de mesure d'adaptation aux CC dans le cadre des exploitations, participation à l'atténuation, maintien de la résilience des peuplements exploités).

Projet PotenChêne

Potentiel de régénération des chênaies dans le contexte du changement climatique : quel avenir pour le masting et les consommateurs de glands ?

Samuel VENNER

CNRS Lyon

samuel.venner@univ-lyon1.fr

Les stratégies de régénération des forêts, en particulier des chênaies, représentent un enjeu majeur à la fois économique et écologique qui impose de se projeter sur le long terme, *i.e.*, plusieurs siècles, en raison du cycle de vie extrêmement long des arbres. Dans ce contexte, le changement climatique suscite des inquiétudes quant à la capacité qu'auront les populations d'arbres d'intérêt majeur à s'adapter, en quelques générations, aux bouleversements climatiques annoncés. Plusieurs projets de recherche menés au cours de la dernière décennie ont tenté d'évaluer la diversité des réponses du chêne dans des conditions climatiques contrastées. Si la plupart de ces travaux concerne la phénologie foliaire, étonnamment, actuellement aucune étude équivalente n'est menée sur les stratégies de reproduction du chêne, alors qu'il s'agit là d'un élément central dans le processus de régénération des chênaies. Le projet présenté vise à apporter un éclairage nouveau sur les capacités des chênaies à faire face au changement climatique en se focalisant sur le devenir du masting du chênes (stratégie de reproduction caractérisée par des fructifications massives, intermittentes et synchronisées à l'échelle d'une population d'arbres) et sur le devenir des consommateurs de glands qui sont susceptibles de fortement impacter la démographie des chênes. Nous nous focaliserons en particulier sur des consommateurs qui donnent prise à l'action publique (3 espèces d'ongulés, 4 espèces d'insectes). Ce projet s'articule selon 4 axes:

Dans l'axe 1, nous développerons un ensemble d'approches complémentaires, qui visent à mieux comprendre les mécanismes proximaux qui sous-tendent le masting du chêne en intégrant les processus endogènes à l'arbre (lien entre son effort de floraison, de fructification et de croissance végétative courants en fonction de ses productions fruitières passées) et les conditions environnementales (disponibilité en pollen, conditions climatiques). Il s'agit là d'un pré requis pour alimenter nos modèles prévisionnistes (Axe 3). Nos approches reposeront sur la quantification de paramètres directement liés à la reproduction des chênes sur un large réseau de sites d'observation (voir ci-après). Nous nous attendons en particulier à un impact marqué des conditions climatiques sur le succès de pollinisation, le succès de fécondation des fleurs et le processus de maturation des jeunes fruits.

Dans l'axe 2, dans la perspective d'établir des scénarii solides du devenir des chênaies, nous explorerons rigoureusement la dynamique « glandée - consommateurs de glands - régénération ». Le changement climatique pourrait en effet fortement impacter les patrons de fructification et indirectement la démographie des consommateurs de fruits, qui en retour influenceraient le recrutement et le potentiel de régénération des populations d'arbres. Dans ce projet, nous nous focaliserons sur trois espèces d'ongulés d'intérêt cynégétique (sanglier, cerf, chevreuil) et sur une communauté d'insectes parasites des glands. Nous analyserons (i)

l'impact du masting sur la démographie de ces espèces et (ii) celui des consommateurs sur le potentiel de régénération des chênaies. Chez les ongulés, nous prédisons que les réponses démographiques des populations seront extrêmement fortes chez le sanglier, peu marquées ou absentes chez le chevreuil et intermédiaires chez le cerf. Nos investigations seront fondées sur les suivis intensifs à long terme de populations d'ongulés menés dans 4 sites en France et 1 site en Italie. On s'attend par ailleurs à ce que la structure et la dynamique des communautés d'insectes (ainsi que le taux d'infestation des fruits et le pouvoir germinatif des glands) soient très sensibles (i) à l'amplitude des fluctuations interannuelles des fructifications et à leur composante stochastique, (ii) au degré de synchronisation de ces fructifications entre les arbres et (iii) à la taille des fruits. Des données précises seront obtenues annuellement pendant 6 ans consécutifs sur notre réseau de 15 sites d'étude en plaine offrant des situations environnementales naturellement contrastées.

Dans l'axe 3, nous élaborerons des modèles hybrides de « masting » (mécanistique et statistique basés sur des méthodes de Monte-Carlo par chaînes de Markov) qui prendront en compte l'impact des conditions climatiques sur le masting (mis en évidence dans l'Axe 1) et qui devraient permettre de générer des patrons de fructification fidèles aux observations empiriques. Sur la base de ces modèles et des projections des modèles climatiques issues des travaux du GIEC (IPCC 2013), nous proposerons différents scénarii sur le devenir du masting. Nous pourrions alors évaluer l'impact du changement climatique, via les modifications induites sur le masting, sur la démographie des ongulés (modèles matriciels stochastiques de Leslie-Lewis), sur la dynamique des communautés d'insectes et sur le potentiel de régénération des chênaies (modèles « individu-centré » de la dynamique de communautés d'insectes à l'échelle d'une population d'arbres structurée spatialement).

Dans l'axe 4, nous fournirons de nouvelles connaissances et outils qui pourraient contribuer à optimiser la procédure de régénération des chênaies et le contrôle des populations d'ongulés. En fonction des résultats des premiers axes, nous proposerons que les critères sur lesquels se fonde la méthode de régénération des chênaies puissent être élargis à la taille des fruits, un critère simple à évaluer et susceptible d'avoir un double effet positif sur le succès de régénération : (i) le pouvoir germinatif d'un gros fruit, même infesté, serait augmenté et (ii) l'augmentation de la taille des fruits est susceptible d'amplifier l'épuisement des ressources énergétiques de l'arbre consécutif à une reproduction, et ainsi d'accroître encore les fluctuations interannuelles de glandée et la synchronisation des productions entre arbres, renforçant alors le masting et le contrôle des populations de ravageurs.

Nous évaluerons également de nouveaux critères d'ajustement des plans de chasse basés sur une prédiction fiable du niveau de la glandée à venir. Dans ce cadre, une première étape du programme sera d'évaluer l'impact des glandées sur les dégâts agricoles et forestiers occasionnés par les ongulés. La seconde étape consistera à élaborer une méthode robuste mais légère d'estimation de la glandée à l'échelle d'une localité ou d'une unité de gestion. Cet outil sera mis en place sur notre réseau de surveillance des glandées (150 chênes répartis sur 15 sites, voir fig. 1) avant d'être exporté à l'ensemble des territoires de chasse ; ce critère pourra ainsi être pris en compte pour ajuster les plans de chasse à l'échelle des départements.

SESSION 4
**Compromis nécessaires entre biodiversité,
production
et autre services forestiers**

Projet IMPREBIO

Projet GEFORHET

Projet OPTIQUE-BIODIVERSITE

Synthèse

Projet IMPREBIO

Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité.

Philippe BALANDIER

IRSTEA Nogent-sur-Vernisson

philippe.balandier@irstea.fr

Mots clés : densité des arbres ; biodiversité ; fonctionnement du sol ; herbivorie ; effets en cascades

Pour répondre à une demande croissante de bois énergie et pour limiter la sensibilité des peuplements aux sécheresses estivales, la sylviculture d'aujourd'hui et de demain devrait conduire à des peuplements forestiers moins denses ; ces modifications de pratiques sont susceptibles d'impacter la biodiversité. Le projet Imprebio visait à étudier les effets de différents régimes d'éclaircie sur différents compartiments de la biodiversité (flore, faune du sol, gastéropodes, insectes aériens) et les mécanismes associés (interactions avec les cervidés, écophysiologie). Notre travail s'est appuyé sur deux réseaux complémentaires de peuplements réguliers de chênes (*Quercus petraea* et *Q. robur*) dont la densité de peuplement est gérée de manière expérimentale (GIS Coopérative des données : peuplements jeunes, fort gradient de densité ; LERFOB : peuplements âgés, gradient modéré de densité). Les principaux objectifs du projet étaient (1) de mettre en évidence les variations de biodiversité sur une gamme de scénarios sylvicoles très contrastés et contrôlés, (2) d'approfondir les liens fonctionnels sous-jacents et (3) de modéliser et simuler ces relations afin d'aboutir à un outil de prédiction.

L'intensité de l'échantillonnage a varié entre sites, certains faisant l'objet d'un équipement plus lourd afin d'étudier plus finement certaines relations, notamment celles liées au microclimat sous peuplement. De très nombreuses mesures et descriptions ont été réalisées au cours du projet, consignées dans une base de données totalisant plus de cinq millions d'entrées. L'éclaircie en sous-bois peut être (1) déduit des grandes caractéristiques des peuplements comme le RDI ou la surface terrière, et (2) correctement estimé avec un nombre limité de mesures. Les peuplements les plus fermés ont tendance à tamponner les variations de températures et à s'assécher plus précocement. Concernant la biodiversité, la conclusion principale pour la majorité des variables biotiques ou abiotiques étudiées est qu'il existe un fort effet site, mêlant âge et sol. L'effet de la densité du peuplement est secondaire sur la pression d'herbivorie, les gastéropodes, la macrofaune du sol et les humus. Surtout, cet effet ne semble guère généralisable car il dépend des taxons, des groupes fonctionnels, des espèces considérées, de l'âge du peuplement, de la station, de l'essence...

Les analyses par traits fonctionnels révèlent en revanche des liens fonctionnels entre compartiments, qui ne sont pas nécessairement linéaires : la relation entre RDI et diversité des vers de terre anéciques est quadratique, comme celle entre le recouvrement des plantes interférentes et les diversités floristique et entomologique. Ces relations se révèlent parfois plus complexes encore avec des relations en cascade entre compartiments. L'ouverture des peuplements entraîne des modifications de la qualité des litières, l'activité microbienne est notamment favorisée sur les sols acides, largement représentés dans les chênaies. La baisse de densité des peuplements forestiers, bien qu'elle n'ait pas vocation à atteindre les valeurs les

plus basses considérées dans ce projet, ne devrait pas entraîner de modifications radicales de l'écosystème forestier (fonctionnement, biodiversité). Les atteintes les plus fortes sont visibles dans le cas où le recouvrement de la végétation interférente se développe au-delà de 50% de couvert, provoquant des effets en cascade sur le reste de la flore et des invertébrés. Ce cas de figure reste toutefois marginal dans notre échantillonnage.

Il est plus probable qu'un tel changement des régimes d'éclaircie provoquera des réajustements des communautés végétales et animales. Par exemple, la baisse de la densité des arbres devrait favoriser les plantes héliophiles et xérophiles - et les insectes associés - au détriment des plantes les plus hygrophiles, indépendamment de leur tolérance à l'ombrage. Nos résultats doivent être traduits avec prudence en recommandations sylvicoles, notamment en raison d'un contexte expérimental différent de la gestion courante, conduisant à un contrôle plus fort du sous étage. Or le couvert de ce sous-étage vient contrebalancer l'effet de l'ouverture des peuplements. L'implémentation des relations que nous avons mises en évidence (qui restent à affiner pour certaines) dans le modèle de dynamique forestière RReShar devrait permettre d'explorer plus finement les conséquences pour l'écosystème forestier de différents scénarios d'évolution sylvicole.

Projet GEFORHET

Produire plus tout en préservant mieux la biodiversité :
quelle gestion multifonctionnelle des peuplements forestiers hétérogènes ?

Benoît COURBAUD

IRSTEA Saint-Martin-d'Hères

benoit.courbaud@irstea.fr

Mots clés : Sylviculture irrégulière, hêtraie-sapinière-pessière, compromis production biodiversité, diamètre d'exploitabilité, trouées, flore du sous bois, simulation, dispositif expérimental.

Le Grenelle de l'environnement et les Assises de la forêt ont conduit à proposer un protocole d'accord pour la forêt (2007) avec le double objectif de produire plus tout en préservant mieux la biodiversité. Les traitements en peuplements irréguliers sont réputés favorables à la multifonctionnalité à l'échelle des peuplements et sont pratiqués depuis longtemps en hêtraie-sapinière-pessière. Cependant, ce mode de gestion reste empirique et basé sur la tradition. Plusieurs questions se posent dans ce contexte : Est-il possible de baisser les diamètres d'exploitabilité pour mieux s'adapter à la demande industrielle? Est-il nécessaire d'accepter un compromis entre production et biodiversité ? Les meilleurs compromis sont-ils atteints pour des intensités intermédiaires de gestion ? Plus largement, quels sont les effets des différents paramètres de la gestion forestière sur la durabilité de la structure irrégulière, la production de bois et la biodiversité ?

Ce projet s'est appuyé sur les forêts de Queige en Savoie et Prénovel dans le Jura. Nous avons également utilisé les données de l'Inventaire Forestier National (IFN) de ces deux régions. Nous avons réalisé des expérimentations sylvicoles par simulation sur des peuplements de 4ha, grâce au couplage entre le modèle de dynamique forestière Samsara2, un algorithme de sylviculture et des indicateurs de biodiversité liés à la structure du peuplement et à la dynamique du bois mort. Nous avons également utilisé les données IFN pour analyser les relations entre flore du sous-bois, structure du peuplement et variables environnementales, et nous avons implémenté le modèle obtenu dans Samsara2. Les simulations ont permis d'étudier l'effet des paramètres de gestion sur la structure du peuplement, la récolte de bois et les indicateurs de biodiversité. Elles ont également été utilisées pour mettre en place des expérimentations sylvicoles de long terme sur le terrain.

La baisse du diamètre d'exploitabilité (à 52.5 cm) associée à la récolte d'une forte proportion des arbres supérieurs à ce diamètre se traduit par une récolte élevée pendant quelques rotations, dans un peuplement initialement dense et chargé en gros bois. Cependant, le manque de gros bois conduit ensuite à des récoltes faibles. L'intensité de récolte a un effet négatif sur les indicateurs de biodiversité liés à la structure du peuplement (diversité des diamètres, bois mort, densité de très gros bois). Ce résultat est cependant fortement dépendant de la répartition spatiale des interventions. Une sylviculture par micro-trouées (500 m²) augmente la diversité structurale, la densité de très gros bois, et la régénération par rapport à la sylviculture pied-à-pied. L'effet sur la flore est plus contrasté. L'analyse des données IFN montre que le couvert et/ou la surface terrière du peuplement et la surface terrière des perches

ont un effet généralement négatif sur la biodiversité floristique. La richesse en essence a un effet plutôt positif sur la richesse de la flore, mais cet effet devient moins fréquent quand on ne regarde que les herbacées. La diversité floristique semble favorisée par des les peuplements fermés en condition d'adret ou de pH acide, et par des peuplements ouverts en condition d'ubac ou de pH moins acide. Dans les simulations avec Samsara2, la réduction du diamètre d'exploitabilité et l'augmentation de la part de gros bois récoltés ont un effet positif sur la richesse spécifique des héliophiles, mais négatif sur les sciaphiles et intermédiaires. Une analyse de sensibilité a montré que le diamètre d'exploitabilité, l'intensité de récolte (proportion d'arbres récoltés parmi les arbres supérieurs au diamètre d'exploitabilité), et la taille des trouées sont les paramètres de gestion ayant le plus d'influence sur les indicateurs de structure, de production et de biodiversité. On observe des compromis entre indicateurs de production et de biodiversité (volume de bois récolté vs. densités de très gros bois vivants et gros bois morts debout, richesse spécifique des herbacées sciaphiles et intermédiaires). On note également des compromis entre différents indicateurs de production (volume récolté vs. dimension des arbres coupés) et entre différents indicateurs de biodiversité (richesse spécifique des héliophiles vs richesse spécifique des sciaphiles ou. densité de très gros bois vivants). Ces résultats demandent toutefois à être confortés expérimentalement. Nous avons mis en place sur le terrain quatre dispositifs expérimentaux qui demanderont un suivi de long terme. Ils sont destinés à comparer la durabilité d'itinéraires sylvicoles aux diamètres d'exploitabilité différant d'au moins 10cm. Quatre sites d'étude ont été retenus : deux en sapin pur sapin et deux en mélange sapin-épicéa, dans le Jura (calcaire) et en Belledonne (acide). La croissance en diamètre et en hauteur, la régénération et le bois mort au sol et sur pied seront suivis. Les coupes reposeront sur l'utilisation de l'algorithme de sylviculture développé dans le projet et sur des critères complémentaires de qualité des arbres, d'état sanitaire et de présence de cavités.

L'outil d'aide à la décision mis au point (modèle de dynamique Samsara2, algorithmes de coupe, indicateurs de production et de biodiversité) est disponible sur la plateforme Capsis. Au-delà du projet, cet outil est utilisé sur marteloscope et des Projet GEFORHET 12/2013 Programme BGF 8.

Projet OPTIQ-BIODIVERSITÉ

Outils et processus pour une territorialisation intégrée de la qualité de la biodiversité.

Alain BAILLY et Marc VALENZISI
FCBA Cestas Pierroton
Alain.bailly@fcba.fr , marc.valenzisi@fcba.fr

Mots-clés : motivation ; qualité de la biodiversité ; prise en charge ; biodiversité ordinaire ; plateau de Millevaches ; co-construction ; recherche-action

Alors que la préservation de la biodiversité ordinaire, de plus en plus reconnue comme un enjeu majeur, interroge les fondements mêmes des outils et politiques classiques de conservation de la nature, le projet OPTIQ-Biodiversité s'intéresse à un levier d'action aujourd'hui peu mobilisé : il explore la possibilité de s'appuyer sur les motivations propres des acteurs en faveur de la biodiversité, pour favoriser une prise en charge active de la qualité de la biodiversité. A partir d'un état de l'art des outils et processus participatifs potentiellement applicables, une recherche-action a été mise en oeuvre sur le plateau de Millevaches en Limousin. La démarche a comporté trois grandes étapes :

Une phase d'exploration stratégique, reposant sur une série d'entretiens approfondis auprès d'acteurs de la forêt et des territoires, a permis d'évaluer la possibilité et l'intérêt de conduire une démarche visant à la prise en charge de la biodiversité dans un contexte particulièrement difficile et dégradé (multiplicité des acteurs, absence de leadership manifeste, ancienneté des conflits entre acteurs, dissymétrie des rapports de force) ; de repérer un ensemble de conditions pour que la démarche ait quelque chance d'aboutir – l'une de ces conditions étant d'ancrer la démarche dans un territoire restreint ; enfin, d'identifier un territoire favorable pour une telle expérimentation.

La seconde phase s'est déroulée au niveau d'une communauté de communes, avec l'aide et l'implication des élus de ce territoire. Elle a consisté en la *mise en place d'ateliers participatifs sur le thème « forêt biodiversité et territoire »*. Un groupe pluraliste d'une vingtaine de personnes (élus, propriétaires forestiers, habitants, associations environnementalistes et d'usagers) s'est réuni à quatre reprises. Un référentiel de la biodiversité du territoire a pu être établi, ainsi qu'un accord sur les priorités d'actions. Une analyse de la situation a conduit le groupe à conclure qu'une meilleure prise en charge de la biodiversité impliquait de se concentrer sur un problème majeur : l'absence de lieu de rencontre entre les différents acteurs concernés par la forêt. La réflexion du groupe débouche sur la formulation d'un projet ambitieux et ouvert, qui favoriserait le dialogue et la concertation entre les parties prenantes, et faciliterait la recherche de jeux gagnant-gagnant. Parallèlement, le travail d'analyse des occupations du sol conduit par l'ENS fournit de possibles outils de pilotage et de suivi pour la mise en oeuvre d'un tel projet.

La troisième phase de la démarche vise la *consolidation du projet*. Elle passe par une reconnaissance large de l'intérêt du projet (au-delà du territoire de la communauté de communes). Les analyses et le projet issus des ateliers sont d'ores et déjà repris par les élus de la communauté de communes, qui cherchent à susciter une mobilisation croissante autour du

projet (PNR, Région, Interprofession bois...), avec l'aide de l'équipe de recherche. La mise en oeuvre de la recherche action permet de dégager plusieurs conclusions et enseignements. Premier point : dans un contexte extrêmement difficile et dégradé, des résultats tangibles ont pu être obtenus. Non seulement nous avons vérifié qu'il existait des motivations fortes des acteurs par rapport à la biodiversité ; mais nous avons pu concevoir et tester un processus permettant de s'appuyer sur les motivations individuelles des acteurs, pour faire émerger une volonté et un projet partagé de prise en charge de la biodiversité.

Deuxième point : ces avancées ont été rendues possibles par la mise en place d'un processus de facilitation largement co-construit avec les acteurs. Ce processus est modélisable, et apparaît largement transférable à d'autres territoires forestiers. Par ailleurs, la réflexion développée en situation sur le plateau de Millevaches a permis de dégager les points-clés dans la façon d'appréhender les spécificités d'un territoire forestier, et d'en tenir compte pour concevoir des démarches adaptées de prise en charge de la biodiversité. Sur un plan plus général, le projet confirme que la question de la motivation des acteurs constitue un point d'entrée et un levier de changement de première importance pour que les stratégies internationales et les politiques publiques en faveur de la biodiversité connaissent un second souffle.

Synthèse

Quels compromis entre biodiversité, production et autres services forestiers ?

Cette synthèse est une version provisoire éditée pour le colloque final des projets 2010-2014. Elle s'inscrit dans une série de trois synthèses thématiques qui seront publiées à destination des gestionnaires et porteurs de politiques. Ces documents synthétiques seront publiés sous la forme de trois plaquettes et présenteront des résultats marquants des projets du programme BGF qui se terminent (2010-2014) ; elles incluront également les résultats des projets antérieurs (tranches 2005 et 2000).

Vous trouverez dans cette synthèse des résultats issus des projets :

- BILISSE, 2010-2014. Comment la biodiversité des lisières renforce des services écologiques ?
- DISTRAFOR, 2010-2013. Dispersion et persistance de la biodiversité dans la trame forestière
- GEFORHET, 2010-2013. Produire plus tout en préservant mieux la biodiversité : quelle gestion multifonctionnelle peuplements forestiers hétérogènes ?
- GNB, 2010-2014. Gestion forestière, naturalité et biodiversité
- IMPREBIO, 2010-2014. Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité
- OPTIQ-BIODIVERSITE, 2010-2014. Outils et processus pour une territorialisation intégrée de la qualité de la biodiversité
- SYLECOL, 2010-2014. Impact de la Sylviculture sur la biodiversité et le fonctionnement des éco-systèmes lotiques

- Angeon et Caron, 2005-2009. Quel mode de régulation et de gestion durable des ressources forestières pour la biodiversité ? Une analyse à partir de la coordination locale
- Bailly et Brédif, 2005-2009. Recherche des voies, conditions et moyens d'une prise en charge renforcée des enjeux de la biodiversité par les propriétaires et les gestionnaires forestiers.
- Baraloto, 2005-2009. Influence de l'intensité d'exploitation et du degré d'ouverture de la canopée en forêt tropicale humide sur le maintien et la dynamique de la biodiversité
- Berthelot, 2005-2009. Biodiversité floristique, entomologique et ornithologique des vallées alluviales de Champagne-Ardenne : rôle de l'antécédent historique et de l'intensité des entretiens des peupleraies, en interaction avec la station et en référence aux habitats forestiers et prairiaux sub-naturels.
- CORYLUS, 2005-2009. Influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité
- RESINE, 2005-2009. Représentations sociales et intérêts écologiques de la nécromasse.

- ISLANDES, 2001-2004. Evaluation de la méthode des îlots feuillus pour restaurer la biodiversité de l'écosystème simplifié de pin maritime des Landes de Gascogne et améliorer sa résistance aux insectes ravageurs et champignons pathogènes

Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques

Quels compromis entre biodiversité, production et autres services forestiers ?

Comment concilier l'intensification attendue de l'exploitation de la forêt avec la préservation de sa biodiversité ? Le programme BGF vise à apporter des éléments de réponse opérationnels aux attentes des acteurs forestiers et des pouvoirs publics tant aux échelles du paysage qu'à celles de la parcelle.

À la fois puits de carbone et source d'énergie renouvelable, la forêt est appelée à jouer un rôle majeur face aux défis énergétiques et climatiques du XXI^e siècle, mais il est désormais admis que cette évolution, pour être durable, ne devra pas s'opérer au préjudice de la biodiversité et des écosystèmes forestiers. En effet, depuis la loi d'orientation sur la forêt du 9 juillet 2001, la gestion durable et multifonctionnelle de la forêt est devenue un principe fondamental de la politique forestière française. L'objectif de *"produire plus en préservant mieux la biodiversité"*, formulé au plan national par le Grenelle de l'environnement puis lors des Assises de la forêt (2008), résume cette double injonction et place la filière forêt-bois française face à un faisceau de questions nouvelles. De quelle manière l'intensité des prélèvements affecte-t-elle la biodiversité forestière ? Quelles structures spatiales d'intervention faut-il privilégier pour limiter ces impacts ? Quels facteurs faut-il prendre en compte pour raisonner les choix de gestion, à l'échelle du paysage et au niveau local ? Quelles conditions sociales (modalités d'organisation des acteurs, de formation, de communication, etc.) peuvent permettre aux gestionnaires de mettre en œuvre collectivement ces options ? Des travaux du programme BGF découlent un ensemble de repères opérationnels pour orienter les acteurs de la forêt vers les bons compromis.

Arrêt de l'exploitation : des impacts variables sur la diversité

L'augmentation des prélèvements de bois en forêt répond principalement à des objectifs nationaux ambitieux de développement du bois-énergie en alternative aux énergies fossiles. Une des mesures adoptées par la Stratégie Nationale pour la Biodiversité vise à protéger la biodiversité forestière de l'intensification de l'exploitation en étendant le réseau de réserves forestières. La littérature scientifique indique en effet que la mise en réserve – ou la non-exploitation – favoriserait une partie de la biodiversité impactée par les pratiques actuelles, mais les

Le programme BGF en quelques mots

Animé par le Groupement d'intérêt public Ecofor et soutenu par le ministère de l'Agriculture, le programme incitatif de recherche « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF) du ministère de l'Ecologie a pour objectif de développer les connaissances nécessaires à une prise en compte effective de la biodiversité dans la gestion forestière au sens large, c'est-à-dire de l'exploitation forestière à la gestion d'espaces boisés protégés. Depuis sa création en 1996, le programme a soutenu 39 projets et généré de nombreuses publications, recueils et synthèses qui contribuent à éclairer les politiques publiques. En 2014, cinq nouveaux projets étudiant diverses facettes des interactions entre adaptation des forêts au changement climatique et préservation de la biodiversité ont été lancés.

connaissances sur les régions tempérées et les groupes taxonomiques* concernés font défaut. Le projet Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité (GNB, 2010 - 2014), coordonné par Frédéric Gosselin (Irstea), a étudié l'impact de l'arrêt de l'exploitation sur la structure des peuplements et sur sept groupes taxonomiques* en comparant rigoureusement des parcelles non exploitées (réserves forestières intégrales) et exploitées. Pour cela, des inventaires d'abondance et de présence d'espèces ont été menés sur un réseau national de 213 placettes réparties sur 15 massifs (hêtraies-chênaies-charmaies de plaine et hêtraies-sapinières-pessières de montagne). L'analyse statistique des données recueillies montre un effet positif mais relativement modéré de l'arrêt de l'exploitation sur la diversité totale des oiseaux, des chauves-souris et des champignons du bois ainsi qu'une absence d'effet sur le nombre d'espèces de plantes ou de coléoptères (figure 1).

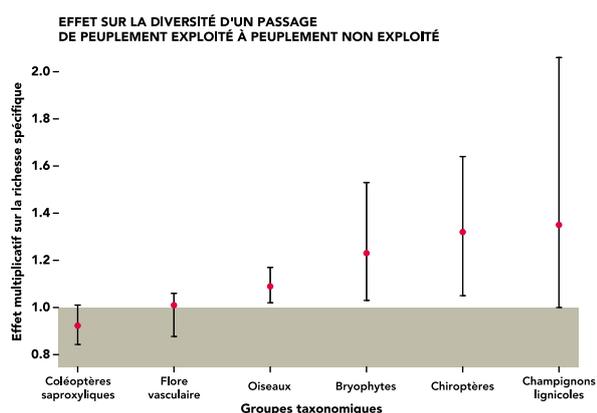


Figure 1 : Effet multiplicatif du passage d'un peuplement exploité à un peuplement non-exploité dans l'échantillon GNB sur la moyenne de la richesse spécifique de différents groupes écologiques. Un effet multiplicatif de 1,2 signifie qu'il y a 1,2 fois plus d'espèces dans un peuplement non exploité par rapport à un peuplement exploité comparable. Barres verticales : incertitude autour de la valeur de l'effet (intervalle crédible à 95%). (Source : projet GNB)

Aucun effet négatif n'a été mis à jour alors que des effets positifs et forts ont été observés pour certains groupes taxonomiques* précis : le sous-groupe des champignons lignicoles menacés d'extinction (effet multiplicatif médian de 2,8) et celui des bryophytes* forestières (effet multiplicatif médian de 1,5).

Intensification de l'exploitation : des réponses variées selon les groupes écologiques

S'il a été montré que l'effet de l'arrêt de l'exploitation sur la biodiversité est plus ou moins significatif selon le groupe taxonomique* étudié, l'impact d'une intensification de l'exploitation mérite aussi d'être étudié. En effet, en diminuant la densité d'arbres sur pied, l'intensification de l'exploitation sylvicole augmente la quantité de lumière et d'eau disponible pour le sous-bois et peut ainsi modifier la structure et la composition de la biodiversité. Le projet IMPREBIO (2010-2014), mené sous la direction de Philippe Balandier (Irstea), a étudié les conséquences de cette diminution de la densité des peuplements sur la biodiversité du sous-bois. L'étude s'est basée sur un vaste réseau de sites en chênaie régulière répartis sur toute la France (GIS-CDCPF et réseau chêne du laboratoire LERFOB), expérimentant l'effet sur la biodiversité de différentes densités forestières décrites par l'indice de densité relative (RDI). Des protocoles standardisés ont permis la récolte de nombreuses données physico-chimiques et l'échantillonnage de la biodiversité sur un gradient couvrant l'ensemble des valeurs de densité possibles (d'un RDI de 0, pas de couverture forestière, à 1). L'échantillonnage a couvert la faune et flore microbienne du sol, les bryophytes* et la flore vasculaire*, les escargots, les insectes et les herbivores supérieurs, l'activité de ces derniers ayant été mesurée par le taux d'abrutissement*.

L'indice de densité relative (RDI)

L'indice de densité relative de Reineke (RDI, Reineke, 1933, Dhôte 1997) rapporte la densité observée d'un peuplement d'arbres à sa densité théorique maximale, compte-tenu du diamètre moyen du peuplement considéré. Cette densité maximale (RDI=1) correspond au cas d'un peuplement sans intervention, où la diminution du nombre de tiges au cours du vieillissement du peuplement ne résulte que de la mortalité naturelle des arbres par compétition. La gestion forestière accélère ce processus naturel, en diminuant la densité des arbres : en peuplement géré, le RDI est donc inférieur à 1. La limite inférieure théorique (RDI= 0) correspondrait à un peuplement sans arbres.

Rarement linéaires, les réponses à la diminution du volume de bois sur pied s'avèrent de plus très variables selon les composantes de la biodiversité étudiées. Ainsi, au sein même du compartiment "sol" les réponses sont contrastées. La diminution de la densité du peuplement forestier semble, d'une part, entraîner une dégradation de la qualité de la litière de chêne, diminuant entre autre les propriétés fertilisantes de celle-ci, et d'autre part, influencer la diversité des vers de terre anéciques* évoluant de maximale pour des RDI intermédiaires (0,6) à très faible pour les valeurs extrêmes. Ces vers de terre, qui enfouissent la matière organique issue de la surface, jouent un rôle écologique important en participant à la structuration et à la fertilisation des sols et en favorisant l'écoulement de l'eau en profondeur.

Par ailleurs, la diminution du couvert forestier augmente la diversité floristique en favorisant les espèces de lumière (héliophiles) sans pour autant faire régresser les espèces d'ombre (sciaphiles). La diversité des insectes se révèle très liée à celle des plantes (figure 2), elle est donc aussi positivement impactée par l'augmentation de la quantité de lumière disponible. Enfin, certains groupes ne sont pas impactés par la réduction du couvert forestier : les escargots et certains types de mousses par exemple. Des réactions "en cascade" peuvent venir compliquer encore la prévision des impacts : par exemple une forte réduction de densité du peuplement, c'est-à-dire une forte ouverture du couvert forestier, peut favoriser la croissance d'une végétation basse à fort pouvoir couvrant (comme la ronce, la fougère aigle, etc.) qui, en se développant, peut recouvrir plus de 50 % de la surface au sol et finalement, minorer la quantité de lumière reçue par celui-ci.

L'intensité des prélèvements n'a donc pas un effet univoque sur les groupes étudiés. Il est cependant impossible d'affirmer que certaines fonctions de l'écosystème ou des groupes biologiques autres que ceux étudiés, ne soient pas aussi impactés par des ouvertures du peuplement beaucoup plus faibles que celles étudiées.

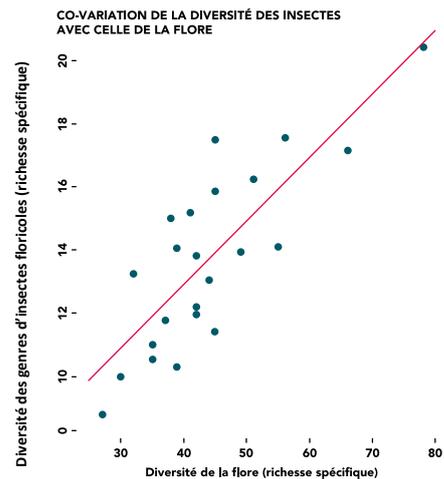


Figure 2 : Réponse de la diversité des genres d'insectes floricoles à la diversité floristique, toutes deux relevées sur une placette donnée (Source : IMPREBIO)

Le projet SYLECOL (2010-2014), coordonné par Antoine Lecerf, a lui aussi étudié l'effet de l'ouverture du couvert forestier sur la biodiversité. L'équipe s'est particulièrement intéressée à l'impact de l'éclaircissement des forêts rivulaires sur la biodiversité des ruisseaux forestiers. En effet, l'exploitation forestière en fond de vallée et sur les versants est susceptible d'induire des perturbations notables au sein de l'habitat aquatique (réchauffement de l'eau, sédimentation, etc.) et de modifier profondément les apports d'énergie et de matières aux ruisseaux (nutriments, invertébrés et litière).

Les travaux menés ont montré que ces écosystèmes aquatiques semblaient globalement, sur le gradient d'ouverture étudié (de 0,8 % à 46,2 %), être en mesure de s'adapter aux conséquences d'une ouverture du couvert forestier, notamment grâce à la plasticité des chaînes alimentaires impliquées.

Ils ont néanmoins confirmé les macro-invertébrés benthiques* comme de bons indicateurs pour détecter la réponse de l'écosystème aquatique à des modifications subtiles telles qu'induites par des variations modérées de l'ouverture du couvert forestier. Enfin, pour limiter l'impact de cette ouverture sur la biodiversité du cours d'eau, l'étude recommande de maintenir la végétation basse se développant sur les berges après une coupe, en ce qu'elle prend le relais des

arbres en contribuant à fournir des débris végétaux et des proies au milieu aquatique.

À l'échelle du massif : favoriser une mosaïque d'itinéraires de gestion...

Cette difficulté pour livrer des conclusions univoques quant à l'effet de l'intensité de gestion sur la biodiversité a également été soulignée, dans le cas des sapinières-pessières irrégulières de montagne, par le projet GeForHet (2010-2013) dirigé par Benoît Courbaud (Irstea). Développant une approche alliant modélisation et expérimentation *in situ*, le projet s'est entre autre intéressé à mettre en évidence des compromis ou synergies entre production de bois et conservation de la biodiversité à différentes échelles. Les travaux menés ont permis de recommander une mosaïque d'itinéraires de gestion à l'échelle du massif : mettre en place une sylviculture par micro-trouées (500-1000 m²) avec un diamètre d'exploitabilité relativement élevé (au-delà de 52,5 cm) et une intensité moyenne maximale de prélèvement inférieure à 50 % des arbres de diamètre supérieur à 52,5 cm, en une seule coupe. Ce compromis semble permettre de maintenir durablement la structure irrégulière des peuplements, la biodiversité et la récolte de bois tout en augmentant la proportion de bois de faible diamètre et ainsi la diversité structurale.

L'intérêt pour la production de bois de ce type d'exploitation par micro-trouées a également été étudié dans le cas de la forêt tropicale humide de Guyane par le projet mené de 2005 à 2009 sous la conduite de Christopher Baraloto (INRA). Sur le réseau expérimental du Paracou, suivi depuis plus de 20 ans, l'équipe a analysé les réponses des arbres (diversité spécifique et génétique, composition, croissance...) en fonction de la taille des trouées d'abattage et de la distance à la trouée. Les résultats mettent en avant un gain de croissance, précisé pour différentes essences, pour les arbres à proximité de trouées et recommandent aussi de privilégier plusieurs petites trouées à quelques grandes, le gain de croissance des arbres apparaissant

principalement lié à la distance à la clairière et non à sa surface.

De manière plus générale, différents travaux du programme BGF plaident pour des itinéraires sylvicoles favorisant un effet "mosaïque" à l'échelle intraforestière, comme le projet ISLANDES (2001-2004), coordonné par Hervé Jactel et Luc Barbaro (INRA), dont les conclusions recommandent le maintien d'îlots de feuillus distribués dans la forêt de pins des Landes, en vertu de leur effet très positif sur la faune et la flore du massif (figure 3).

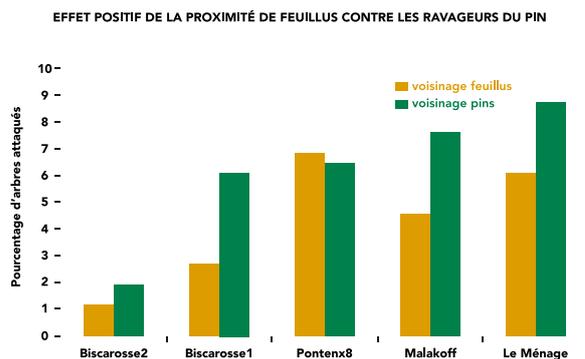


Figure 3 : Pourcentage moyen d'arbres attaqués par la chenille processionnaire du pin dans les peuplements de pin maritime, en fonction de leur voisinage, sur cinq placettes expérimentales. (Source : ISLANDE).

...et des mesures de conservation de bois morts et très gros bois refuges de biodiversité

Le projet GeForHet, déjà évoqué, pointe la nécessité de coupler la gestion par micro-trouées à la préservation de gros bois morts et de très gros bois vivants porteurs de micro-habitats. Ces précautions de gestion, peu pénalisantes pour la production de bois, sont nécessaires au maintien de certaines composantes de la biodiversité qui trouvent refuge dans ces arbres (insectes et champignons saproxyliques*, oiseaux, chauves-souris). Le projet a par ailleurs mis au point une méthode permettant de quantifier précisément ces compromis entre biodiversité et production à partir de simulations numériques explorant, sur les pas de temps caractéristiques de la sylviculture (150 ans), une large gamme de pratiques possibles. Cette méthode conduit à identifier un ensemble de scénarios sylvicoles qui

optimisent simultanément plusieurs indicateurs de production, tel le diamètre des arbres coupés, et de biodiversité, comme les densités de très gros bois vivants ou la diversité de certains groupes taxonomiques. La figure 4 présente par exemple les compromis résultant de scénarios de gestion optimisant à la fois le volume récolté à chaque passage, le nombre de gros bois morts debout et le nombre de très gros bois vivants debout (deux indicateurs de biodiversité), c'est-à-dire les scénarios pour lesquels il n'existe aucune autre modalité de gestion permettant de gagner sur un de ces trois indicateurs sans dégrader un des deux autres. Ainsi, l'équipe met en évidence de manière quantitative un ensemble de compromis réalisables entre production et biodiversité.

QUANTIFICATION DU COMPROMIS ENTRE BIODIVERSITÉ ET PRODUCTION PAR MODÉLISATION

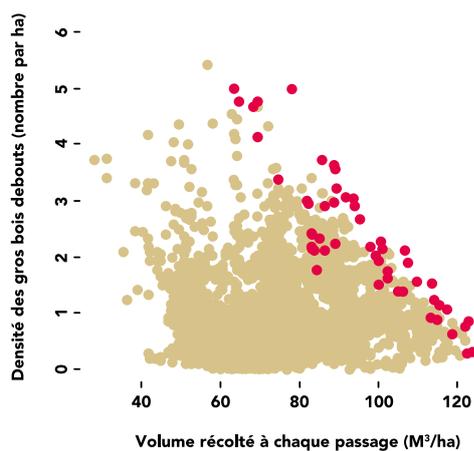


Figure 4 : Compromis résultant de scénarios de gestion optimisant à la fois le volume récolté à chaque passage, le nombre de gros bois morts debout et de très gros bois vivants. Les points rouges représentent les scénarios de gestion optimaux au sens de Pareto, c'est-à-dire pour lesquels il n'existe aucune autre modalité de gestion permettant de gagner sur un des trois indicateurs considérés sans dégrader un des deux autres. (Source : GEFORHET)

Mais l'analyse révèle également des compromis au sein d'un même service écosystémique : volume récolté et dimension des arbres coupés ne peuvent être maximisés simultanément, et différentes modalités de gestion favorisent localement des composantes différentes de la biodiversité. Si les résultats restent préliminaires, la

démarche est prometteuse en ce qu'elle permettra de fournir à la gestion des gammes de scénarios envisageables assortis de leurs impacts quantifiés.

Centré sur les relations entre biodiversité et bois mort, le projet RESINE (2005-2009), coordonné par Christophe Bouget (Irstea), recommande lui aussi de maintenir du bois mort et précise cette recommandation. Pointant l'insuffisance d'une gestion purement volumique du bois mort – avec par exemple un objectif de volume à l'hectare – en raison notamment de la disparité des interactions habitat-espèce parmi les espèces du bois mort, l'étude souligne l'intérêt de conserver de très gros bois morts mais aussi de très petites branches. Un effort particulier doit par ailleurs être consenti à la préservation des pièces les plus riches en biodiversité comme les chandelles de chêne (tronc mort encore debout démunie de branches) ou les souches de pin. Le bois mort du houppier (ensemble des branches situées au sommet du tronc) ne peut par ailleurs compenser un déficit de bois mort au sol, car les assemblages d'espèces ne sont pas les mêmes. Enfin l'étude plaide pour un "approvisionnement" continu en bois mort, chaque stade de décomposition au sol étant associé à des assemblages différenciés de champignons et de coléoptères saproxyliques*. D'autres projets BGF ont aussi confirmé l'intérêt du bois mort pour le maintien d'une grande partie de la biodiversité forestière (voir synthèse BGF n°2 : *Quels indicateurs pour la biodiversité forestière ?*). Cependant, ces résultats, et les recommandations qui en découlent, méritent encore d'être confirmés par des études d'ingénierie de conservation.

Compromis à l'échelle du paysage : conserver les lisières et favoriser les continuités

À l'échelle intra-forestière et extra-forestière, plusieurs projets du programme BGF ont mis en évidence l'influence de différentes variables paysagères sur la biodiversité forestière. L'effet des lisières sur la biodiversité a été caractérisé par les projets Corylus (2005-2009) et BILISSE (2010-2014), qui démontrent

notamment leurs influences à longue portée sur la flore forestière et leurs rôles positifs pour la pollinisation des cultures adjacentes (voir la synthèse BGF n°1 : *La biodiversité dans l'espace et le temps forestiers*).

De même, le projet DISTRAFOR (2010-2013) a précisé les effets du degré de connectivité entre forêts pour la diversité forestière : il a été établi qu'à distance équivalente de la lisière ancienne, la flore colonise plus facilement les forêts récentes "agrégées" (au contact d'un massif ancien) que "nucléées" (sans contact avec un massif ancien). Les continuités forestières contribuent à structurer la dynamique spatio-temporelle de la

biodiversité forestière : schématiquement, les forêts anciennes agissent comme des foyers de biodiversité forestière, à partir desquelles peut s'effectuer la dispersion des espèces vers les peuplements récents. Cette colonisation apparaît nettement facilitée lorsque les deux forêts sont en contact ce qui conduit à recommander de favoriser l'accrétion forestière à la fragmentation. Ces considérations paysagères, difficiles à traduire pour la gestion locale, fournissent en revanche une grille d'analyse de long terme pour les aménageurs et les gestionnaires publics en charge de la Trame Verte et Bleue (départements, régions et Etat), en particulier pour la conservation de la biodiversité forestière par le maintien de la continuité forestière en forêt publique.

Quelques définitions

***taxon / groupe taxonomique** : entité conceptuelle regroupant les organismes vivant ayant un caractère commun du fait de leur parenté. Quelques exemples de taxons : variété (un sous-taxon du taxon espèce), espèces, genre, famille...

***flore vasculaire** : groupe réunissant les plantes possédant des vaisseaux conducteurs de sève, c'est-à-dire principalement l'ensemble des fougères et des plantes à graines ou à fleurs. Les mousses et les algues n'en font pas partie.

***bryophytes** : plantes terrestres n'ayant pas de systèmes vasculaire. Ce groupe taxonomique est, en outre, composé des mousses.

***mégaphorbiaie** : en zone tempérée, nom donné au stade floristique de transition entre zone humide et forêt des berges des rivières. Elle est principalement constituée de roseaux denses et de hautes herbes vivaces.

***organismes saproxyliques** : organismes qui dépendent du bois mort pour leur cycle de vie (lieux de refuge, reproduction ou nourriture).

***insectes carabiques** : insectes carnivores de la famille des coléoptères (coccinelle, scarabées ou hannetons par exemple).

***vers de terre anéciques** : vers pigmentés de grande taille qui vivent dans des galeries verticales permanentes et se nourrissent de matière organique de surface.

***abrouissement** : fait de brouter les broussailles ou jeunes arbres. Les principaux animaux responsables sont le cerf et le chevreuil qui, en cas de surpopulation, peuvent faire des dégâts sur les semis et les jeunes plants.

***macro-invertébrés benthiques** : invertébrés mesurant plus de 0,5 mm (larves d'insectes, vers, mollusques ou crustacés) et vivant au fond des ruisseaux, des lacs et des marais.

L'apport des sciences sociales : rendre possibles les compromis

En complément des approches en écologie forestière présentées ci-avant, le programme BGF a également permis de mener plusieurs projets visant à favoriser l'appropriation par les acteurs forestiers des compromis entre production de bois et préservation de la biodiversité. Un projet couplant entretiens semi-directifs et approche théorique sous la direction de Valérie Angeon et Armelle Caron (ENGREF-AgroParisTech), a abordé cette problématique sur six terrains d'étude présentant des caractéristiques forestières et des contextes institutionnels variés (Site Natura 2000, parc national, parc naturel régional, groupement de développement forestier...). Elle constate la faiblesse des connaissances des propriétaires sur la notion de biodiversité et souligne le manque d'outils et de cadre spécifiquement dédiés à une prise en charge collective de la biodiversité. Elle confirme le caractère décisif de la présence d'un "animateur" localement légitime pour permettre les évolutions et indique que les groupes de propriétaires se déclarent d'autant plus enclins à modifier leurs pratiques qu'ils sont associés aux choix d'aménagement du territoire. Diverses études ont cependant observé que ces déclarations d'intention ne sont pas toujours suivies de l'action correspondante. Un projet similaire, mené par Alain Bailly et Hervé Brédif

(FCBA) entre 2005 et 2009, confirme l'absence d'un référentiel objectif et partagé définissant la biodiversité chez les gestionnaires de terrain et plaide en faveur du lancement d'ateliers territoriaux réunissant différents acteurs, pour l'adoption de stratégies locales au service de la biodiversité. Cette dernière proposition a été partiellement expérimentée par le projet OPTIQ-Biodiversité (2010-2014), coordonné par Alain Bailly et Marc Valenzisi (FCBA), au travers d'une démarche de recherche-action au sein du Parc Naturel Régional du Plateau de Millevaches. Les auteurs ont précisé les

quatre étapes d'un processus participatif aboutissant à une prise en charge des enjeux de la biodiversité par un groupe d'acteurs locaux, sous l'impulsion d'une équipe projet. Une étude bibliographique des méthodes participatives a abouti à la construction d'un guide permettant aux concepteurs et animateurs de démarches participatives de développer une prise en charge collective et active de la biodiversité la plus adaptée à la situation locale. ■

Gestion des peupleraies : des compromis difficiles entre rentabilité économique et préservation de la fonction de refuge

Habitat typique des vallées alluviales, à la croisée des milieux forestiers et du monde agricole, les peupleraies peuvent apporter une contribution importante à la biodiversité de certains territoires. Leur gestion actuelle n'est cependant pas sans conséquences sur l'environnement : forte consommation d'eau pouvant impacter les nappes en période sèche, ou ralentissement de la dynamique de la matière organique dans les sols et les milieux aquatiques dû aux propriétés particulières des litières des peupliers cultivés. Les liens entre la faune et la flore des peupleraies et celles de la forêt, au regard des pratiques de gestion, ont fait l'objet d'un projet mené de 2005 à 2009 sous la conduite d'Alain Berthelot (FCBA), le long de la Seine, de l'Aube et de la Marne. Des échantillonnages standardisés ont été menés pour la flore, les insectes carabiques (coccinelle, scarabées ou hannetons par exemple) et les oiseaux. Dans un contexte local de grande rareté des forêts anciennes et des prairies sub-naturelles, les résultats suggèrent que les peupleraies jouent un rôle de refuge pour diverses espèces carabiques tant forestières que de prairies et pour différentes espèces de plantes forestières. Elles apparaissent par ailleurs comme l'habitat préférentiel de 31 plantes et de 18 carabiques spécifiques des peupleraies. L'équipe a proposé deux itinéraires de gestion favorables à la préservation de la biodiversité des peupleraies : (1) un itinéraire favorisant la mégaphorbiaie*, habitat Natura 2000, en rallongeant la durée de la rotation du peuplier pour faciliter le retour de toutes les espèces en début de cycle d'exploitation au moment où les arbres sont coupés ; (2) un itinéraire favorisant le sous-étage ligneux par l'arrêt anticipé de l'entretien au bout de 2 ans. L'équipe n'est cependant pas parvenue à trouver un compromis entre rentabilité économique et préservation de la biodiversité puisque les coûts estimés pour les exploitants des deux itinéraires proposés se sont révélés importants du fait d'interventions mécaniques supplémentaires pour l'itinéraire 1 et du retardement de la récolte des peupliers de quelques années pour l'itinéraire 2.

Rapports complets, résumés et bibliographie sur

<http://bqf.gjp-ecofor.org>

TABLE RONDE

« Forêt et changement climatique : quelle place pour la biodiversité dans l'atténuation et l'adaptation »

Forêt et changement climatique : quelle place pour la biodiversité dans l'atténuation et l'adaptation

Les forêts contribuent à la maîtrise des émissions nettes de gaz à effet de serre. Elles occupent ainsi une place centrale dans la politique nationale d'atténuation du changement climatique qui vise à développer la séquestration du carbone, son stockage en forêt et dans les produits du bois ainsi que la substitution matériau et énergie. Des objectifs ambitieux ont notamment été définis pour le développement du bois énergie (+15,6Mm³/an, soit de +3 à +5,4 Mtep¹ entre 2009 et 2020), qui impliquent de fortes hausses de la récolte de bois et viennent s'ajouter aux objectifs de réduction de l'écart entre production biologique et prélèvements dans les forêts françaises. Les impacts potentiels sur la biodiversité d'une mobilisation accrue de bois ont suscité de nombreuses études et recherches, dont certains projets BGF restitués lors de ce colloque (IMPREBIO, GEFORHET). Sept ans après le Grenelle de l'environnement et les Assises de la forêt, cette table ronde sera l'occasion de s'interroger sur les capacités actuelles pour la mise en pratique du « produire plus tout en préservant mieux », tout particulièrement pour ce qui relève du développement du bois énergie.

Les forêts sont également directement impactées par le changement climatique. La communauté forestière réfléchit donc intensément à l'adaptation des forêts au changement climatique depuis plusieurs années, les gestionnaires forestiers s'appropriant maintenant ces enjeux en interaction avec la recherche à travers, par exemple, le Réseau mixte technologique AFORCE. Mais ses réflexions se focalisent généralement autour de stratégies pour améliorer la résistance des arbres, notamment sur le choix d'itinéraires sylvicoles et d'essences ou de provenances plus aptes à résister à l'augmentation probable de la fréquence des sécheresses. Dans le cadre de l'appel BGF lancé en 2013, il a semblé nécessaire d'aborder les interactions entre préservation de la biodiversité et adaptation au changement climatique. Les modifications du climat devraient en effet engendrer des modifications profondes des assemblages d'espèces, des réseaux d'interactions trophiques et non-trophiques, et donc du fonctionnement des écosystèmes forestiers dans leur ensemble. En particulier, l'appel cherchait à développer des recherches :

- sur la cohérence de scénarii de gestion justifiés jusqu'ici de façon indépendante pour, d'une part, l'atténuation du changement climatique et, d'autre part, la préservation de la biodiversité ;
- autour de l'hypothèse d'assurance de la biodiversité par laquelle des écosystèmes diversifiés seraient plus stables, résilients ou résistants et sa possible utilisation pour adapter la gestion ;
- sur les modalités selon lesquelles les politiques publiques, la gouvernance et la coordination peuvent permettre une prise de décision conciliant les enjeux de biodiversité et du changement climatique.

Les intervenants de cette table ronde seront interrogés sur la place de la biodiversité dans leurs politiques ou stratégies de prise en compte du changement climatique et sur leurs attentes par rapport aux nouveaux projets BGF.

1 9 Mm³ de bois d'oeuvre dont 40% vont à l'énergie et 12 Mm³ de bois énergie/industrie qui peuvent être directement valorisés par l'industrie de la trituration ou l'énergie (Assises de la forêt, 2007 repris dans le Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables 2009-2020)

SORTIE DE TERRAIN
en forêt de Parroy,
6 juin 2014

Parcelles IMPREBIO

Parcelles GNB



Projet **IMPREBIO** :

Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité

(<http://www1.clermont.inra.fr/imprebio/index.htm>)

Expérimentations sur la base du dispositif du **GIS Coopérative de données** sur la croissance des peuplements forestiers, comparaison de différents scénarios de densité de chêne et impacts sur le microclimat et la biodiversité de l'écosystème – **Le cas du dispositif de Parroy**.

Frédéric Archaux, Michaël Aubert, Philippe Balandier

Catherine Collet, Yann Dumas, Philippe Malagoli

Localisation de l'essai :

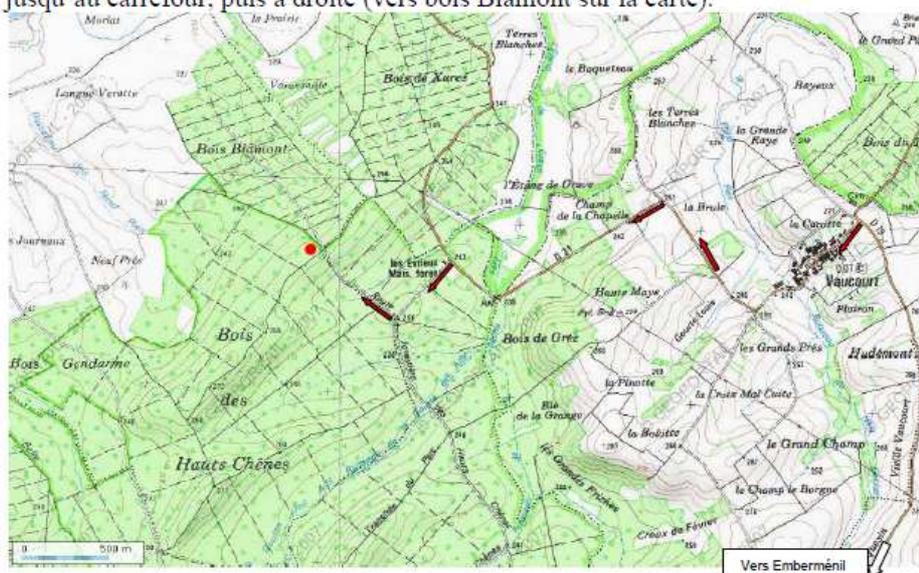
Région	Lorraine	Contraintes particulières
Département	Meurthe et Moselle	
Commune	Mouacourt	
Forêt Domaniale	De Parroy	
Parcelle	112-113	
X	918075.751	
Y	2416691.67	
Responsable de l'essai	Nicolas Gomez nicolas.gomez@onf.fr	
Contact Local	Jean-Luc Gravel 03.83.42.92.21	
Chef d'UT	emmanuel.colin@onf.fr	

Plan de localisation



Plan d'accès

A partir de Vaucourt, par D21, jusqu'à la maison forestière (les Evrieux), route forestière à gauche jusqu'au carrefour, puis à droite (vers bois Blâmont sur la carte).



Plan du dispositif :

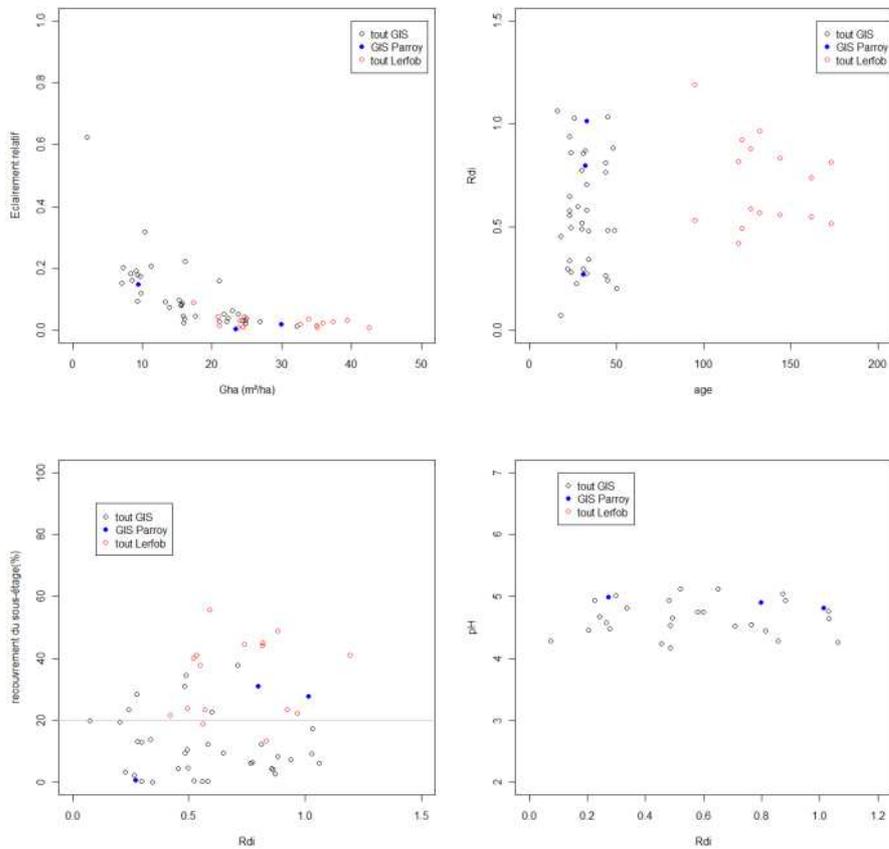
FD de Parroy, parcelles 112-113

Distance au placeau depuis la
Borne rouge sauf indication contraire

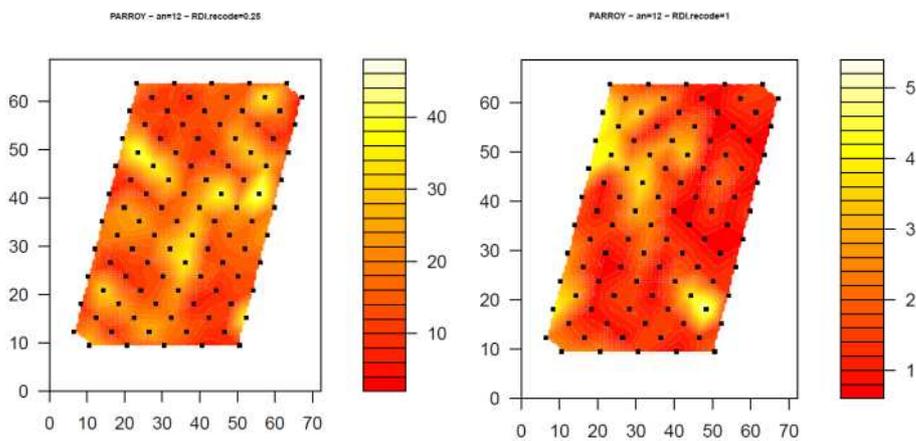
- +2 Placeau d'inventaire repéré par piquet jaune
Numéroté et rubalise sur un arbre voisin
- +3 Idem + fiche métallique orange indiquant
L'emplacement provisoire pour l'humus



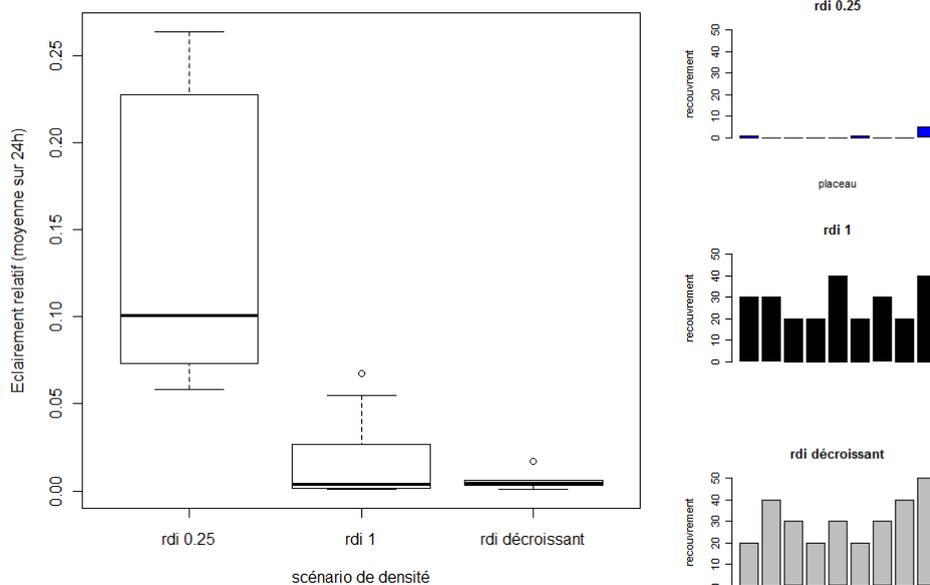
Caractéristiques des placettes :



Lumière :

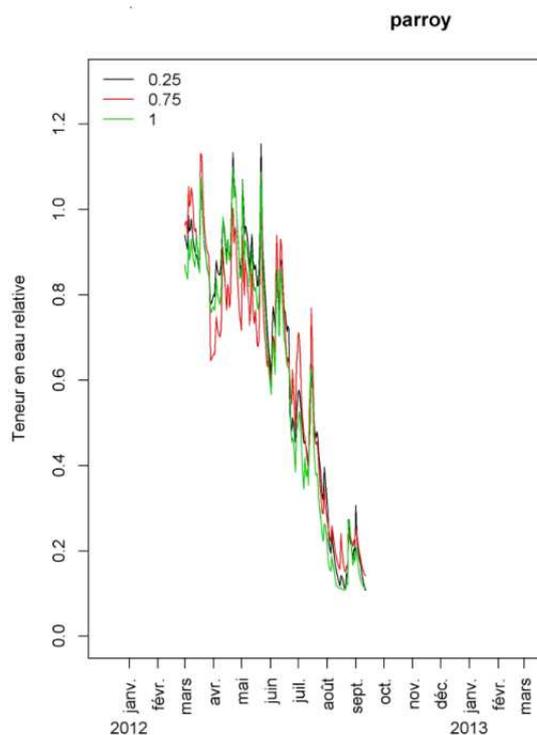


Carte de la lumière transmise (rapport entre le rayonnement sous couvert et le rayonnement incident, en %, échelle de couleur) mesurée à partir d'un BF5. A gauche RDI 0.25, A droite RDI 1.



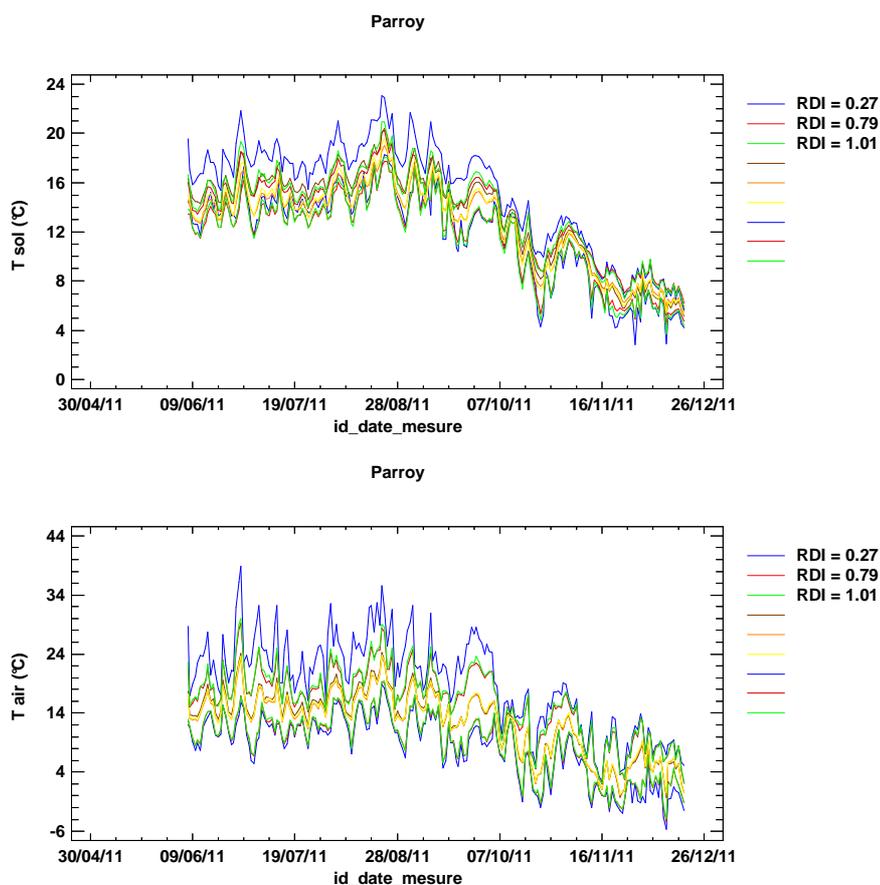
Eclairage relatif (rapport entre la lumière mesurée sous couvert et la lumière mesurée au-dessus du couvert) mesuré sur 24h en fonction du scénario de densité (à gauche) et recouvrement du sous-étage par plateau (à droite) en 2011

Evolution de la teneur en eau du sol :



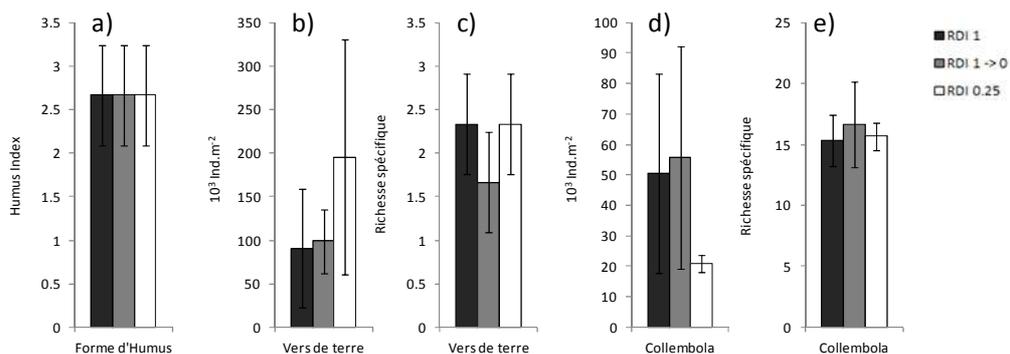
Evolution de la teneur relative en eau du sol (teneur en eau mesurée à un moment donné divisée par la teneur en eau à la capacité au champ, varie de 0 à 1) en fonction du rdi.

Evolution des températures :



Températures du sol (à -15 cm) et de l'air sous abri (à +100 cm). Exemple de l'année 2011.

Humus et diversité de la faune du sol :



Valeur moyennes par RDI (+/- écart-type) de a) L'humus Index; b) l'abondance totale de vers de terre; c) la richesse spécifique de vers de terre; d) l'abondance totale de collemboles et e) la richesse spécifique de collemboles. L'humus index HI varie de 1 à 8 avec 1= Eumull, 2 = Mesomull, 3 = Oligomull, 4 = Dysmull, 5 = Hémimoder, 6 = Eumoder, 7 = Dysmoder et 8 = Mor.

Diversité de la flore

L'inventaire de la flore terricole a été réalisé sur 9 placeaux circulaires de 40 m² (3.57 m de rayon) par placette (cf. schéma du dispositif). Les plantes sont prises en compte lorsque leur partie aérienne entre dans le cylindre de 2 m de hauteur au-dessus de cette surface.

L'inventaire des bryophytes épiphytes a été réalisé jusqu'à 2 m de hauteur sur le plus gros chêne de chacun des 5 placeaux n°3, 6, 7, 8 et 9 (angle et centre).



Pour les calculs de recouvrement, le tronc est assimilé à un cylindre dont le diamètre est celui du tronc à 1 m de hauteur (une table de conversion est utilisée pour traduire les surfaces en pourcentage de recouvrement). Selon le cas, l'arbre le plus gros de la placette se trouve à l'intérieur, sur la limite ou à l'extérieur si la densité est faible. Dans ce dernier cas, sa distance est notée mais elle n'a pas été introduite pour l'instant dans les calculs de richesse spécifique.

Quelques chiffres concernant la flore de ce dispositif :

Rappel des caractéristiques dendrométriques	Placette 1 RDI = 1.01 Age = 34 ans gha = 30,4 m ² /ha Rec. sous-étage = 47% Eclaircement = 1% Rec. cloison ^t . = 14%	Placette 2 RDI = 0.82 Age = 33 ans gha = 24,2 m ² /ha Rec. sous-étage = 52% Eclaircement = 0,8 % Rec. cloison ^t . = 17%	Placette 4 RDI = 0.29 Age = 32 ans gha = 10,3 m ² /ha Rec. sous-étage = 4% Eclaircement = 15% Rec. cloison ^t . = 7%
Nombre d'espèces terricoles dans la placette (9 x 40 m ²)	41	33	76
Nombre moyen d'espèces terricoles par placeau de 40m ²	18	13	33
Nombre d'espèces fleuries dans la placette (9 x 40 m ²)	3	2	37
Recouvrement total moyen dans la placette	15	9	79
Recouvrement moyen des espèces interférentes	10	8	19
Nombre d'espèces bryophytiques terricoles dans la placette (9 x 40 m ²)	10	11	16
Nombre d'espèces bryophytiques épiphytes sur 5 arbres de la placette	15	15	16
Nombre moyen d'espèces bryophytiques épiphytes par arbre	8	8	8
Nombre d'espèces forestières dans la placette	17	19	26
Nombre d'espèces de forêt ancienne (Dupouey) dans la placette	13	7	16

Nombre d'espèces de forêt ancienne (Hermy) dans la placette	31	22	57
Nombre d'espèces sciaphiles dans la placette	5	2	5
Nombre d'espèces mésosciaphiles dans la placette	9	8	8
Nombre d'espèces mésohéliophiles dans la placette	16	13	29
Nombre d'espèces héliophiles dans la placette	8	7	27
Nombre d'espèces xérophiles dans la placette	9	7	17
Nombre d'espèces mésophiles dans la placette	24	17	30
Nombre d'espèces hygrophiles dans la placette	3	2	9

- la richesse floristique de la flore terricole (y compris bryophytes) est plus grande dans la placette dont le peuplement est le moins dense, c'est la placette du projet Imprébio qui renferme le plus d'espèces terricoles (76)
- mais c'est en termes d'espèces fertiles (en fleurs ou en fruits) que cette placette contraste le plus avec les deux autres et c'est là encore la placette du projet Imprébio qui atteint le plus grand score (37)
- la richesse la plus faible se rencontre dans la placette dont le peuplement est de densité intermédiaire, c'est la placette dont l'éclaircissement est le plus faible, le sous-étage y est le plus recouvrant
- la richesse en bryophytes épiphytes est équivalente quelle que soit la modalité, elle est relativement élevée par rapport aux autres placettes du projet Imprébio mais ne constitue pas un record qui est atteint en présence de chêne pédonculé
- le recouvrement des espèces interférentes n'atteint pas de valeurs importantes dans ce dispositif (19% ce qui est bien inférieur au seuil que nous avons décelé comme ayant un effet négatif sur la richesse floristique)
- le nombre d'espèces forestières, de forêts anciennes, mésohéliophiles, héliophiles, xérophiles, mésophiles et hygrophiles est plus important dans la placette la plus claire
- la placette de densité intermédiaire, mais dont l'éclaircissement est le plus faible, est pratiquement toujours la placette la moins riche pour ces catégories de plantes (sauf pour les mésosciaphiles dont la richesse est équivalente quelle que soit la modalité)
- l'inventaire de la flore de ce dispositif ne comporte pas d'espèce patrimoniale
- une espèce exotique envahissante est décelée dans un seul plateau (4-4), il s'agit d'une bryophyte, le torpiéd cactus, *Campylopus introflexus*, la seule espèce exotique envahissante rencontrée dans le cadre d'Imprébio. Son occurrence est de 11% sur l'ensemble des placettes de l'étude.

(Liste des espèces terricoles inventoriées sur le site (par ordre de fréquence décroissante, bryophytes en caractères clairs, interférentes en caractères gras, exotique envahissante soulignée) :

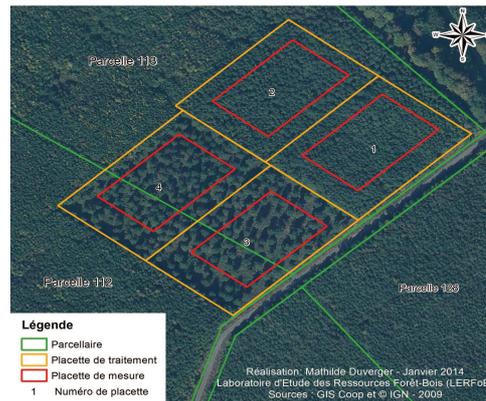
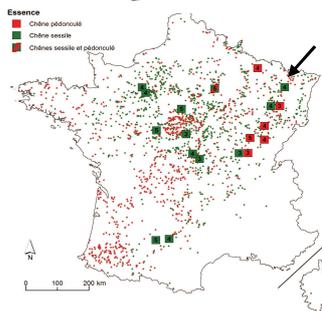
Rubus fruticosus group.	Dactylis glomerata
Anemone nemorosa	Luzula multiflora
Fagus sylvatica	Moehringia trinervia
Quercus petraea	Potentilla sterilis
Carpinus betulus	Ajuga reptans
Corylus avellana	Brachypodium sylvaticum
<i>Atrichum undulatum</i>	<i>Fissidens bryoides</i>
<i>Polytrichum formosum</i>	<i>Isothecium alopecuroides</i>
Deschampsia cespitosa	Potentilla erecta
<i>Eurhynchium striatum</i>	Prunus avium
Viola canina	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>
Hedera helix	Rosa arvensis
<i>Hypnum cupressiforme</i>	Rosa canina
<i>Kindbergia praelonga</i>	Salix caprea
Galeopsis tetrahit	<i>Scleropodium purum</i>
<i>Thuidium tamariscinum</i>	Viola riviniana
<i>Brachythecium rutabulum</i>	Agrostis canina
Betula pendula	Angelica sylvestris
Teucrium scorodonia	Anthoxanthum odoratum
Agrostis capillaris	<i>Calypogeia arguta</i>
Carex caryophyllea	<u><i>Campylopus introflexus</i></u>
Fraxinus excelsior	Cardamine pratensis
Hypericum pulchrum	Carex ovalis
Carex pallescens	Chiloscyphus coadunatus
Carex pilulifera	Deschampsia flexuosa
<i>Fissidens taxifolius</i>	Festuca heterophylla
Luzula luzuloides	<i>Fossombronia sp</i>
Tilia cordata	<i>Isothecium myosuroides</i>
Carex sylvatica	Lotus pedunculatus
<i>Dicranum scoparium</i>	Luzula pilosa
Fragaria vesca	Malus sylvestris agg.
Molinia caerulea	Peucedanum cervaria
Athyrium filix-femina	Phleum pratense
Carex flacca	Pyrus communis agg.
Convallaria majalis	Rubus sp
Crataegus laevigata agg.	Salix aurita
Eupatorium cannabinum	Scrophularia nodosa
Heracleum sphondylium	Sorbus aucuparia
Lonicera periclymenum	Viburnum opulus
Poa chaixii	
Rubus idaeus	
Veronica officinalis	
Calamagrostis epigejos	
Carex remota	
Cytisus scoparius	
<i>Dicranella heteromalla</i>	
Poa nemoralis	
Populus tremula	
Prunus spinosa	
Betula pubescens	
Calluna vulgaris	
Crataegus monogyna agg.	

Liste des espèces bryophytiques épiphytes inventoriées sur le site (par ordre de fréquence décroissante) :

Hypnum cupressiforme Hedw.
Ulota bruchii Hornsch.
Radula complanata (L.) Dumort.
Frullania dilatata (L.) Dumort.
Metzgeria furcata (L.) Corda
Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp.
Isothecium alopecuroides (Lam. ex Dubois) Isov.
Eurhynchium striatum (Schreb. ex Hedw.) Schimp.
Homalia trichomanoides (Hedw.) Schimp.
Kindbergia praelonga (Hedw.) Ochyra
Orthotrichum affine Schrad. ex Brid.
Thuidium tamariscinum (Hedw.) Schimp.
Isothecium myosuroides Brid.
Chiloscyphus coadunatus (Sw.) J.J.Engel & R.M.Schu
Chiloscyphus profundus (Nees) J.J.Engel & R.M.Schu
Dicranum scoparium Hedw.
Hypnum andoi A.J.E.Sm.
Platygyrium repens (Brid.) Schimp.
Brachytheciastrum velutinum (Hedw.) Ignatov & Hutt
Bryum capillare Hedw.
Orthotrichum sp
Ulota crispa (Hedw.) Brid.



Essence	Chêne sessile
Région IFN	Plateau Lorrain
Altitude	280 m
Précipitations	800 mm
Température	8,0 °C
Nb placettes	4
Surface totale	3,5 ha
Installation	automne 1996



Objectif

Dispositif du GIS Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers, groupe chênes.

Facteur étudié	Placeau	Modalités	
Scénarios sylvicoles	P1	RDI = 1	Témoin sans intervention
	P2	RDI décroissant	Indice décroissant au court de la vie du peuplement
	P3	RDI croissant	Indice croissant au court de la vie du peuplement
	P4	RDI = 0,25	Indice constant et faible

Station

- * Topographie : légère crête limoneuse du plateau lorrain
- * Géologie : marnes du Keuper
- * Sol : brunisol rédoxique

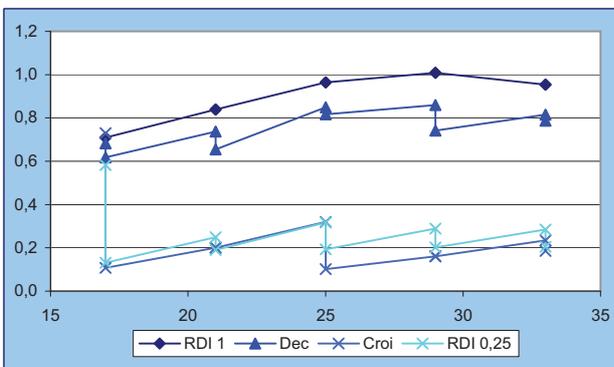
- * Humus : oligomull
- * Végétation : acidycline
- * Station : chênaie mixte charmaie sur limons et limons argileux

Peuplement avant l'installation

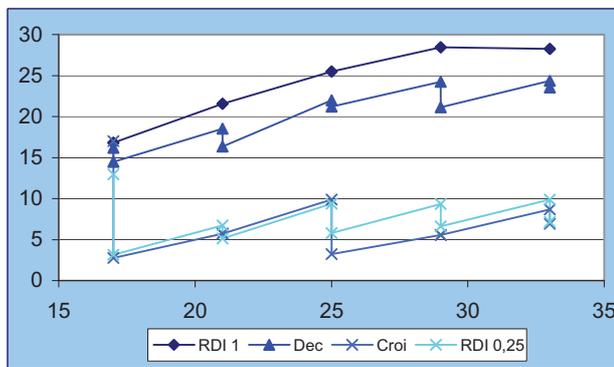
- * Gaulis de chêne sessile quasi-pur de 9 m de hauteur dominante, issu de régénération naturelle (glandée de 1969)
- * Fin 1996, à 17 ans d'âge (0.30m) estimé uniforme, le peuplement présentait 5 200 tiges vivantes/ha en moyenne pour une hauteur moyenne voisine de 8 m

Résultats des dernières mesures

2012

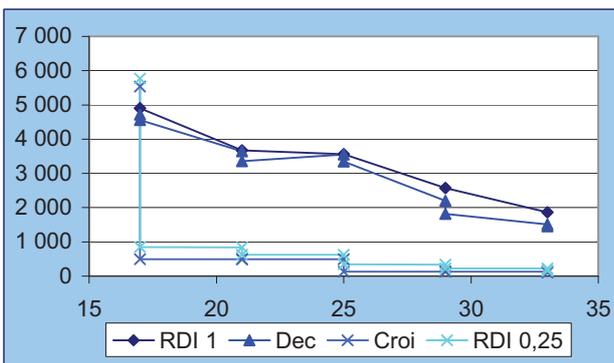


Evolution du RDI en fonction de l'âge

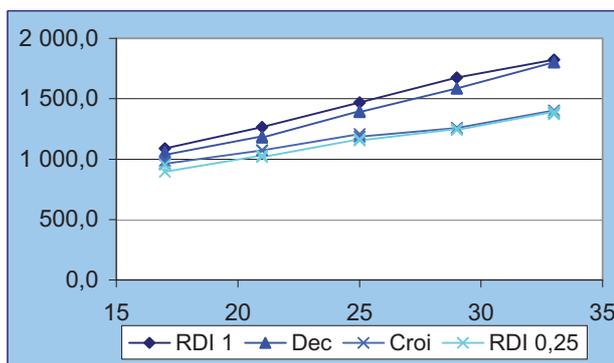


Surface terrière (m²/ha) en fonction de l'âge

	Unité	Période	RDI 1	DEC	CROI	RDI 0,25
Diamètre dominant...	cm	2012	22	23	31	27
... et accroissement	mm/an	1996-2012	0,5	0,7	1,2	1,0
Hauteur dominante...	m	2012	18,2	18,0	14,0	13,9
... et accroissement	cm/an	1996-2012	46	48	28	31



Nombre de tiges / ha en fonction de l'âge



Evolution de la hauteur dominante en fonction de l'âge

Vous trouverez les publications finales des projets BGF
sur le site du programme :

<http://bgf.gip-ecofor.org/>

GIP ECOFOR
c/o CIRAD
42, rue Scheffer
75116 Paris
Tel : 01 53 70 21 70

<http://www.gip-ecofor.org/>

Colloque de restitution des projets 2010 et de lancement des projets 2014

Liste des participants

Nom	Prénom	Organisme
AMM	Annabelle	ECOFOR
APPORA	Viviane	ECOFOR
ARCHAUX	Frédéric	IRSTEA
ARNOULD	Paul	École Normale Supérieure de Lyon
ASAËL	Stéphane	CRPF Lorraine-Alsace
AUBERT	Michaël	Univ. de Rouen
BAILLY	Alain	FCBA
BALANDIER	Philippe	IRSTEA
BEAUDESSON	Pierre	CNPF
BENKEDER	Zineb	INRA
BERGÈS	Laurent	IRSTEA
BILOT	Nicolas	INRA
BLONDET	Marieke	LEF INRA AgroParisTech Nancy
BLUCHET	Jérôme	DDT des Vosges
BONTEMPS	Fanny	MEDDE
BORNOT	Yoran	INRA UMR EEF
BOULANGER	Vincent	ONF
BOSSU	Julie	ECOFOG
BOUSSOU	Véronique	PNF
BUÉSO	Patrice	MEDDE
BURST	Maxime	Univ. de Lorraine
CADIC	Julia	Synd. Mixte du Pays de la Déodatie
CADORET	Fanny	étudiante AgroParisTech
CAKPO	Coffi Belmys	AgroParisTech
CASTAGNEYROL	Bastien	INRA
CHAUCHARD	Sandrine	Univ. de Lorraine
CHAUMET	Marin	AgroParistech
CLUZEAU	Catherine	ONF Lorraine
COLLET	Catherine	INRA
CONSTANT	Thierry	INRA
CORDONNIER	Thomas	IRSTEA
COURBAUD	Benoît	IRSTEA
COVEMAEKER	Louise	GRUPE ISA
DARSES	Ophélie	MEDDE/CGDD

Nom	Prénom	Organisme
DEBAIVE	Nicolas	RNF
DECONCHAT	Marc	Dynafor (INRA)
DELCAMP	Matthieu	GIP PNF Champagne et Bourgogne
DELEUZE	Christine	ONF
DE MOROGUES	Francis	FCBA
DESCAMPS	Coraline	Communauté d'agglomération de Metz Métropole
DHÔTE	Jean-François	ONF
DIEUDONNE	Robert	URL des Entrepreneurs de Territoires
DLOUHA	Jana	INRA
DUMAS	Yann	IRSTEA
EPRON	Daniel	Univ. de Lorraine
FERRY	Bruno	AgroParisTech
FLOT	Jean-Luc	DGAL/MAAF
FOURNIER	Meriem	AgroParisTech
GALINAT	Florian	CRPF de Corse
GALLEMANT	Christophe	GIP PN ECB
GAMBLIN	Bernard	ONF
GÉGOUT	Jean-Claude	AgroParisTech
GERARD	Bastien	Univ. de Lorraine - INRA
GILLESPIE	Alexandra	IRSTEA
GODÉ	Laurent	PNRL
GOSELIN	Frédéric	IRSTEA
GRANET	Anne-Marie	ONF
GROSDIDIER	Marie	INRA-EEF
GUEHL	Jean-Marc	INRA
GUITET	Stéphane	ONF-INRA
GUITTON	Jean-Luc	MAAF
HABBI	Ghania	master FAGE
HATTENSCHWILER	Stéphan	CNRS
HENNERON	Ludovic	ECODIV - Univ. de Rouen
HERMELINE	Michel	ONF
JACOB	Etienne	Paysage et Biodiversité
JACQUÉ	Marie	Univ. Aix Marseille
JACTEL	Hervé	INRA
JOURDAIN	Jean-Baptiste	
KLEIN	François	ONCFS

Nom	Prénom	Organisme
KUHN	Emilien	LERFoB, INRA - AgroParisTech
LAGARRIGUE	Marie-Hélène	ECOFOR
LANDMANN	Guy	ECOFOR
LAPORTE	Marc	CNPF Région Centre-Ile de France
LARRIEU	Laurent	CNPF/INRA
LECERF	Antoine	Univ. Paul Sabatier de Toulouse
LEMBKE	Manuel	CEN Lorraine
LUMARET	Roselyne	CNRS
MAGNIER	Martial	DDT88 /seaf /bureau forêt
MAGNIN-FEYSOT	Thomas	PNR du Haut-Jura
MANDRILLON	Aksana	ECOFOR
MARSAUD	Julie	FNE
MEJEAN	Henri	DDT 42
MENILLET	Paul-Henri	AgroParisTech
MICHEL	Claude	PNR des ballons des Vosges
MICHELOT-ANTALIK	Alice	Univ. de Lorraine
MONMOUSSEAU	Marie	Comité français de l'UICN
MORAUD	Sabine	MEDDE
MORIN	Xavier	CNRS
MORNEAU	François	ONF
NINGRE	François	INRA LerFob
NOURRIGEON	Olivier	PNR Lorraine
NOYER	Estelle	INRA Nancy-Lorraine
PAILLET	Yoan	IRSTEA
PARÈS	Nelly	LPED - AMU
PEYRON	Jean-Luc	ECOFOR
PICARD	Olivier	CNPF/IDF
PLAUCHE-GILLON	Henry	CNPF
POFFET	Laetitia	MAAF
RANTIEN	Caroline	ADEME
REMY	Quentin	AgroParisTech
RIOND	Catherine	ONF
ROMAN-AMAT	Bernard	AgroParisTech
ROUX	Florian	AgroParisTech
ROUX	Alexis	DDT 88
SABATIER	Daniel	IRD

Nom	Prénom	Organisme
SAÏD	Sonia	ONCFS
SAMIE	René	EDF - RD - LNHE
SANE	Ndéye Fatou	AgroParisTech
SAPIJANSKAS	Jurgis	MEDDE
SCHEID	Christelle	PNR Vosges du Nord
SCHOENSTEIN	Olivier	NEOMYS
SÉON-MASSIN	Nirmala	ONCFS
SEVRIN	Eric	CNPF - CRPF IDF et du Centre
SONG	Jialin	UMR LERFoB/INRA-AgroParistech
SOUBELET	Hélène	MEDDE
SOUBIEUX	Jean-Michel	ONCFS
SOURIE	Mallorie	DREAL Lorraine
SUEUR	Annabelle	AgroParisTech
TAPADINHAS	Laurent	MEDDE
TEILLAC-DESCHAMPS	Pauline	UICN
THIRY	Violaine	Service Public de Wallonie
TISSERAND	Fabienne	Le Bois International
TOUAHRI	Nassim	UL
TRIBOLET	Laurence	DREAL Midi-Pyrénées
VALENZISI	Marc	FCBA
VAST	Florian	INRA
VAUCHELET	Camille	AgroParisTech
VENNER	Samuel	Univ. Lyon 1
VIGAN	Martin	UMR Dynafor - INRA Toulouse
VOREUX	Christophe	AgroParisTech