

FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**



Première Charte forestière : comment l'approche des services écosystémiques informe une gestion multifonctionnelle

Laura Maebe^{1,2} | Hugues Claessens¹ | Marc Dufrêne²

¹ Gestion des Ressources Forestières (Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège)

² Biodiversité et Paysage (Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège)

Une Première Charte forestière a vu le jour en forêt de Saint-Hubert. L'analyse des services écosystémiques liés au territoire a permis d'éclairer la meilleure manière de promouvoir une gestion multifonctionnelle.

La mise en lumière des divers bienfaits que l'humanité tire de la nature, regroupés sous le terme de services écosystémiques (SE), est cruciale pour assurer une gestion durable, multifonctionnelle et résiliente de la biosphère. Ces services comprennent par exemple la nourriture issue de l'agriculture ou de la récolte de fruits sauvages, le bois d'œuvre et d'énergie, l'eau, la purification de l'eau et de l'air, la protection contre les inondations, la pollinisation, la régulation du climat, les loisirs de plein air, l'observation de la nature ou encore l'éducation en nature.

Par la mise en évidence des multiples interactions entre l'humanité et son environnement, cette approche permet de comprendre les liens d'interdépendance que les sociétés humaines entretiennent avec la nature : d'une part, leurs multiples dépendances et d'autre part, les impacts de leurs actions sur le fonctionnement des écosystèmes. En révélant les coûts cachés de certaines activités exclusives ou intensives (par exemple : traitement des eaux qui ont été polluées, dégâts d'inondations), elle fait la balance entre les intérêts individuels (par exemple : production de bois) et les intérêts collectifs (par exemple : régulation des inondations, récréation en forêt). En mettant les différents acteurs autour de la table pour qu'ils expriment leur diversité de points de vue, elle présente également un grand potentiel pédagogique, notamment dans l'accompagnement des démarches participatives.

Grâce à sa vision holistique et intégrative des écosystèmes et sociétés humaines, les impacts écologiques, sociaux et économiques de différents scénarios de gestion des territoires peuvent être évalués. En effet, l'approche des SE donne une autre vision de la multifonctionnalité dans une optique plus forte de développement durable. Elle considère que le facteur limitant majeur est la capacité du capital naturel à réaliser des fonctions, pour lequel il faut éviter de dépasser des seuils irréversibles du fonctionnement des écosystèmes afin de prévenir les impacts sociaux et économiques importants sachant que l'économie est censée être au service des attentes sociales.

Dans ce but, l'analyse des services écosystémiques doit être plurielle, c'est-à-dire révéler la diversité de valeurs accordées aux SE (par exemple : quantités physiques comme le volume moyen de bois par hectare ou le nombre de visiteurs d'un site, les préférences individuelles et collectives des acteurs, le prix de vente du bois), sans se limiter à une évaluation purement économique des services. On parle alors d'évaluation intégrée des services écosystémiques. Ce type d'évaluation permet de révéler les diverses interactions entre l'humain et son environnement naturel, de comparer l'offre des écosystèmes et la demande en services des différents acteurs ainsi que d'identifier les antagonismes, les synergies et les opportunités. Elle se réalise à partir d'un ensemble de méthodes (par exemple, inventaire sur le terrain pour évaluer le volume de bois, questionnaires au-

RÉSUMÉ

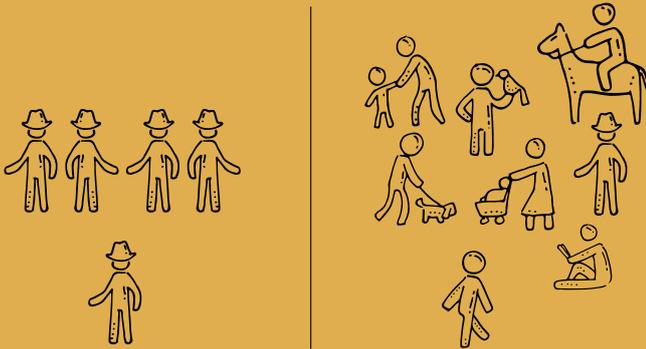
La révélation des services écosystémiques (SE), c'est-à-dire l'ensemble des bienfaits que l'humanité tire de la nature (par exemple le bois, la pollinisation ou la récréation en nature), constitue une approche prometteuse pour mettre en évidence les multiples interactions entre l'environnement et les sociétés humaines ainsi qu'entre les acteurs. Elle révèle les coûts et bénéfices cachés des actions humaines et met en balance les intérêts individuels et collectifs pour une gestion durable, multifonctionnelle et résiliente des écosystèmes. Dans ce but, une plateforme wallonne sur les services écosystémiques (Wal-ES) a été mise en place pour incorporer cette approche dans les outils territoriaux d'aide à la décision (Wal-ES, 2016).

L'approche des SE, développée par Wal-ES, a été appliquée au projet de « Première Charte forestière du territoire » mis en place par l'asbl Ressources Naturelles Développement[®]. Ce projet vise à donner à la « Grande forêt de Saint-Hubert » une place au sein du territoire

tout en assurant sa multifonctionnalité au profit de l'ensemble des acteurs. Dans ce cadre, une cartographie des services rendus par cette forêt a été réalisée. Un niveau de 0 (fourniture minimale) à 6 (fourniture maximale) a été attribué à chaque service en fonction, d'une part, du type de forêt et d'autre part, du type de contexte écologique en différenciant les bons sols des sols peu fertiles ou contraignants.

Cette cartographie a mis en évidence les zones pour lesquelles les services pouvaient être améliorés, c'est-à-dire celles de faibles fournitures en SE ou présentant un déséquilibre entre les intérêts individuels et collectifs. Afin d'évaluer l'impact de méthodes de gestion alternatives sur les services, trois scénarios ont été testés. Ce test a permis d'identifier les méthodes de gestion les plus appropriées pour assurer une fourniture diverse et équilibrée en services par la forêt, gage de sa multifonctionnalité et de sa durabilité.

Qu'entend-on par intérêts individuels et collectifs ?



Dans cet article, l'intérêt individuel est défini comme tout intérêt porté par un individu ou un groupe d'individus particuliers. Par exemple, le service de production de bois, en générant des revenus économiques et des bénéfices sociaux directs, correspond à un intérêt « individuel » car il bénéficie uniquement à certains acteurs ou groupes d'acteurs spécifiques (par exemple, les propriétaires forestiers, les communes ou encore à la filière bois).

Quant à l'intérêt collectif, il est considéré, dans cet article, comme l'intérêt général, pour la société dans son ensemble. Par exemple, le service de régulation du climat global par séquestration des gaz à effet de serre profite au monde entier. Ainsi, le maintien et la restauration de forêts feuillues ou d'espaces naturels ouverts dans des conditions écologiques particulières permet de restaurer, de développer des services de régulation (par exemple la régulation des inondations et de la qualité de l'eau ou la pollinisation) ainsi qu'une forte attractivité touristique qui génèrent aussi des revenus économiques et des bénéfices sociaux plus indirects pour une plus large diversité d'acteurs et d'utilisateurs de ces espaces.

près des acteurs pour connaître leurs habitudes de fréquentation des forêts, évaluation des prix du bois) au sein d'un même travail d'évaluation pour révéler les liens de synergie, d'antagonisme ou de dépendance entre les différentes valeurs accordées aux services.

Face aux nombreux atouts de cette approche mais aussi pour éviter les dérives liées à une marchandisation et financiarisation de la nature et de tous ses services, le gouvernement wallon a décidé, en 2014, de créer une plateforme wallonne sur les services écosystémiques. À l'interface entre l'administration publique et les universités, cette plateforme vise la mise en place d'outils d'aide à la décision basés sur l'ap-

proche des SE. Financée seulement pour 1 an, elle n'a pu développer que les bases communes permettant le développement ultérieur de tels outils : un cadre conceptuel clarifiant la notion de services écosystémiques, une classification de ces services adaptée au contexte wallon, un cadre guidant leur évaluation, une base de données regroupant les informations et indicateurs disponibles pour l'évaluation des SE et la version initiale d'un site internet. Malgré un financement limité, ces bases communes ont pu être appliquées à plusieurs projets dont celui de Première Charte forestière du territoire.

Les différents intérêts et limites de l'approche des SE, les travaux de la plateforme Wal-ES, la méthodologie à suivre pour réaliser une évaluation intégrée des SE et des exemples d'application de cette approche sont davantage développés dans l'article⁶ paru dans le Forêt.Nature 147.

Première Charte forestière du territoire

Le projet de Première Charte forestière du territoire a été mis en place par RND (Ressources Naturelles Développement asbl) pour assurer un véritable ancrage de la forêt dans son environnement écologique, socio-culturel et économique au sein du massif de « La Grande Forêt de Saint-Hubert », dans quatre communes : Saint-Hubert, Tellin, Libin et Libramont-Chevigny. Cette charte vise à assurer le développement harmonieux des différentes fonctions de la forêt à partir d'une réflexion partagée et d'une mobilisation des différents acteurs (élus locaux, propriétaires et gestionnaires forestiers, exploitants, entreprises, secteur touristique, environnementalistes, promeneurs, VTTistes, cavaliers, chasseurs, pêcheurs, riverains) pour mettre en œuvre des projets individuels et collectifs concertés menant à une forêt multifonctionnelle⁸.

Ce projet a débuté par un diagnostic du territoire de la forêt, de ses acteurs, des autres activités du territoire et des interactions entre ces trois composantes. Ensuite, les acteurs ont été consultés par l'intermédiaire de deux questionnaires, l'un à destination des propriétaires privés et l'autre à destination des usagers de la forêt, ainsi que de trois ateliers participatifs. Ces derniers ont été organisés sous forme d'un jeu de territoire (utilisation de la représentation spatiale comme supports de description, d'analyse et de médiation) pour :

1. Définir les enjeux et objectifs du territoire forestier sur base du diagnostic.
2. Construire une vision partagée de la forêt en définissant ses orientations et stratégies.

Services écosystémiques	Nom codifié SE	Indicateur
PRODUCTION		
Bois	Bois	Volume de bois disponible
RÉGULATION		
Séquestration du carbone dans le sol	Carbone	Quantité de carbone séquestré dans les sols forestiers
Contrôle des inondations	Inond	Capacité d'infiltration des sols, de ralentissement des écoulements et d'évapotranspiration de la végétation
Rétention des sédiments	Sédi	Capacité à retenir les sédiments et les sols
Régulation de la qualité de l'eau par rétention des nitrates et du phosphore	NO3-P	Capacité à retenir les nitrates et le phosphore
CULTUREL		
Tourisme	Tourisme	Attractivité des paysages forestiers pour les touristes

Tableau 1. Les six services écosystémiques (SE) cartographiés dans le diagnostic de la Première Charte forestière avec l'indicateur d'offre utilisé pour évaluer chaque SE.

- Établir sur cette base des projets individuels et collectifs menant à une gestion multifonctionnelle de la forêt.
- Analyser les impacts positifs et négatifs de ces projets et des activités réalisées en forêt.
- Envisager des mesures pour diminuer voire enrayer les impacts négatifs eu égard des enjeux et objectifs définis au point 1.⁸

Toute cette démarche s'est terminée par la signature de la charte par les élus communaux le 20 mars 2018.

Comment révéler les valeurs des services écosystémiques ?

Dans le diagnostic du territoire de la Première Charte forestière, une évaluation des services écosystémiques rendus par la forêt a été réalisée. Cette évaluation a été effectuée sur base de plusieurs méthodes : description qualitative du rôle de la forêt dans la fourniture de services, évaluation de l'importance de certains SE à partir de données biophysiques ou économiques et cartographie d'autres services. Pour pouvoir présenter un exemple clair, concis et concret de l'approche des SE, seule la cartographie des services écosystémiques est détaillée dans la suite de l'article.

Cette cartographie a été réalisée à partir d'une évaluation qualitative ordinale de la fourniture de six services écosystémiques. Chacun d'entre eux a été évalué à partir d'un indicateur d'offre (tableau 1), ca-

ractérisant la capacité de la forêt à rendre ce service, sur une échelle allant de 0 (fourniture minimale du SE) à 6 (fourniture maximale du SE). Les niveaux de 0 à 6 ont été estimés sur base d'analyses critiques de la littérature réalisées en groupe par les étudiants de master en Gestion des Forêts et des Espaces Naturels de Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège). Ensuite, une confrontation collective de ces évaluations et de leurs argumentaires a été réalisée pour définir une position de consensus. L'exercice a été répété cinq fois par autant de promotions d'étudiants entre 2013 et 2017. La moyenne des niveaux proposés par les cinq promotions d'étudiants a été révisée par les auteurs selon leur expertise.

Suivant la méthode décrite ci-dessus, ces niveaux ont été déterminés en fonction de deux facteurs : le type de forêt et le contexte écologique.

Le type de forêt différencie de manière contrastée les forêts feuillues des résineuses sur base du traitement le plus répandu en Ardenne :

- Un traitement en futaies irrégulières pour les peuplements feuillus (sans coupe à blanc et en régénération naturelle).
- Un traitement en peuplements purs équiennes pour les forêts résineuses (avec mise à blanc, broyage des rémanents et drainage des sols humides).

Le caractère caricatural de ces deux traitements exacerbe les différences de fourniture des services par les écosystèmes forestiers afin d'illustrer clairement le potentiel de la démarche de cartographie des SE.

Le contexte écologique correspond aux conditions physico-chimiques de l'environnement, principalement déterminées par l'altitude, la topographie et le type de sol. Six types de contexte écologique ont été définis :

- les « bons sols bruns forestiers » généralement présents sur les plateaux,
- les fortes pentes (pente $\geq 15\%$),
- les sols alluviaux ou humides des fonds de vallées,
- les sols humides dits « à argile blanche »,
- les sols podzoliques (sol extrêmement pauvre et acide),
- les sols paratourbeux et tourbeux excessivement humides et acides.

Ils permettent de caractériser l'aptitude de la forêt à fournir des biens et services (par exemple, la production de bois sera a priori plus élevée sur un « bon sol » que sur un sol podzolique) et le risque de les dégrader par les activités humaines (par exemple, une mise à blanc sur une forte pente entrave plus fortement le service de rétention des sédiments que sur un « bon sol » de plateau).

Cette cartographie ne représente qu'une des facettes de la méthodologie d'évaluation intégrée des services. Une véritable évaluation intégrée des SE impliquerait d'autres services, des indicateurs quantitatifs (volume, flux, rendement...), des évaluations sociales de la perception des acteurs (demande, importance accordée aux SE, degré de satisfaction...), d'autres types de gestion moins caricaturaux... Les résultats présentés dans la suite de l'article, essentiellement sous forme de cartes, sont ceux qui ont pu être développés dans le cadre de la Première Charte forestière. Ils ne donnent donc qu'une idée limitée de l'approche des SE.

La matrice synthétisant les valeurs des services écosystémiques

La matrice synthétise les niveaux des six services en fonction du type de forêt et du contexte écologique (tableau 2). Les niveaux sont des valeurs qualitatives ordinales qui ne peuvent pas s'interpréter comme des données quantitatives. Il s'agit plutôt d'un classement dans lequel on considère que le service est le mieux

Tableau 2. Matrice des SE utilisée pour réaliser la cartographie des services. Cette matrice attribue, à chacun des six services, un niveau allant de 0 à 6, déterminant le niveau auquel la forêt rend ce service en fonction du contexte écologique. Les surfaces ainsi que leur proportion sont indiquées pour chacune des combinaisons type de forêt et contexte écologique sur le territoire forestier de la Première Charte forestière.

FUTAIE PURE ÉQUIENNE D'ÉPICÉA AVEC MISE À BLANC

Contexte	Bois	Carbone	Inond	Sédi	NO3-P	Tourisme	Surface	% surface
Bons sols	6	5	5	5	3	3	10 770 ha	41 %
Fortes pentes	4	3	2	1	2	1	257 ha	1 %
Sols alluviaux	6	3	2	0	0	2	656 ha	3 %
Sols humides	3	2	1	1	1	1	1 209 ha	5 %
Sols podzoliques	4	3	3	2	1	3	337 ha	1 %
(Para)tourbe	0	0	0	0	0	0	122 ha	0 %

FORÊT FEUILLUE IRRÉGULIÈRE

Contexte	Bois	Carbone	Inond	Sédi	NO3-P	Tourisme	Surface	% surface
Bons sols	4	6	6	6	6	5	9 582 ha	37 %
Fortes pentes	3	4	5	4	5	4	1 016 ha	4 %
Sols alluviaux	4	6	6	6	6	6	904 ha	4 %
Sols humides	2	3	5	5	5	5	597 ha	2 %
Sols podzoliques	3	4	5	5	3	5	493 ha	2 %
(Para)tourbe	0	4	4	5	5	4	47 ha	0 %

rendu lorsque la valeur est proche de 6 et que ce service est minimal pour un niveau de 0.

Ce classement permet de comparer la fourniture d'un service en fonction du type de forêt ou du contexte écologique. Prenons l'exemple du service de contrôle des inondations. Sur les bons sols de plateau, les pessières présentent une très bonne fourniture du service (niveau de 5) en interceptant les eaux de pluie par leur couvert dense tout au long de l'année. Par contre, sur les fortes pentes, le service est moins bien rendu (niveau de 2) en raison de la mise à blanc qui accentue les écoulements d'eau. En comparaison, en futaie feuillue irrégulière, où la coupe à blanc n'est pas pratiquée, le service de contrôle des inondations est très bien rendu sur les fortes pentes. Par ailleurs, il est considéré comme maximal dans le cas des forêts feuillues alluviales qui sont reconnues pour limiter les pics de crues en ralentissant la vitesse de l'eau.

De manière générale, l'analyse montre que les forêts feuillues présentent un plus faible niveau pour le service de production de bois que les résineux alors qu'elles possèdent un niveau nettement plus élevé pour les services de régulation et culturel. En effet, à l'inverse des feuillus qui sont généralement gérés dans une optique de diversification des services visant à assurer une grande variété de SE (production d'eau potable, accueil du gibier, contrôle de l'érosion, développement d'activités de loisirs partagées, lieux de quiétude et de sérénité...), les peuplements résineux, conduits en futaie pure équiennne au couvert dense avec mise à blanc limitent le fonctionnement de l'écosystème forestier par :

- le compactage, la mise à nu du sol et la perte en nutriments lors de la mise à blanc et du gyrobroyage,
- la densité du couvert dans les 40 premières années qui freine le développement de la vie au sol,
- le drainage encore actif dans les plantations existantes qui limite la capacité de stockage de l'eau dans les sols,
- un intérêt paysager nettement plus faible, etc.

Ces effets peuvent s'accroître sur les sols sensibles suite au drainage (tourbières), au ruissellement (pentes) ou à la perte de nutriments (podzols), jusqu'à affecter à long terme la production de bois.

Les deux scénarios présentés, bien que caricaturaux, reflètent toutefois assez bien la réalité du terrain. Dans une analyse plus approfondie, l'approche des SE permettrait par exemple, d'évaluer l'impact, selon les contextes écologiques, de sylvicultures alternatives des résineux comme l'abandon de la mise à blanc et du drainage ou encore de la transformation de futaie feuillue irrégulière en plantations résineuses. Certains de ces aspects seront abordés plus loin.



Atelier participatif lors du diagnostic de la Première Charte forestière du territoire.

Le territoire de la Première Charte forestière sous la loupe

En combinant la carte de répartition des types de forêt (feuillues et résineuses) au sein des quatre communes de la Première Charte forestière (figure 1) et celle de la distribution des différents types de contexte écologique (figure 2) avec la matrice des SE (tableau 2), chaque service a pu être cartographié sur le territoire.

Couverture forestière et répartition des forêts feuillues et résineuses

La répartition des peuplements feuillus et résineux au sein du territoire a été cartographiée à partir des données du projet LifeWatch⁵ (figure 1).

La forêt occupe un peu plus de la moitié du territoire. Les peuplements feuillus et résineux s'y répartissent de façon plus ou moins égale. Ces tendances varient d'une commune à l'autre. Saint-Hubert comptabilise la plus grande proportion de forêt (67 %) alors que Libramont-Chevigny possède la plus faible (40 %). La répartition entre feuillus et résineux diffère également entre les communes. À Saint-Hubert et Tellin, ce sont les peuplements feuillus qui dominent alors que la tendance inverse est observée à Libramont-Chevigny.

Distribution des différents types de contexte écologique

Le contexte écologique a été cartographié à partir de la carte de sensibilité des sols⁴ (figure 2). Les sols

Figure 1. Répartition des forêts feuillues et résineuses au sein du territoire de la Première Charte forestière (Carte issue de Lifewatch⁵).

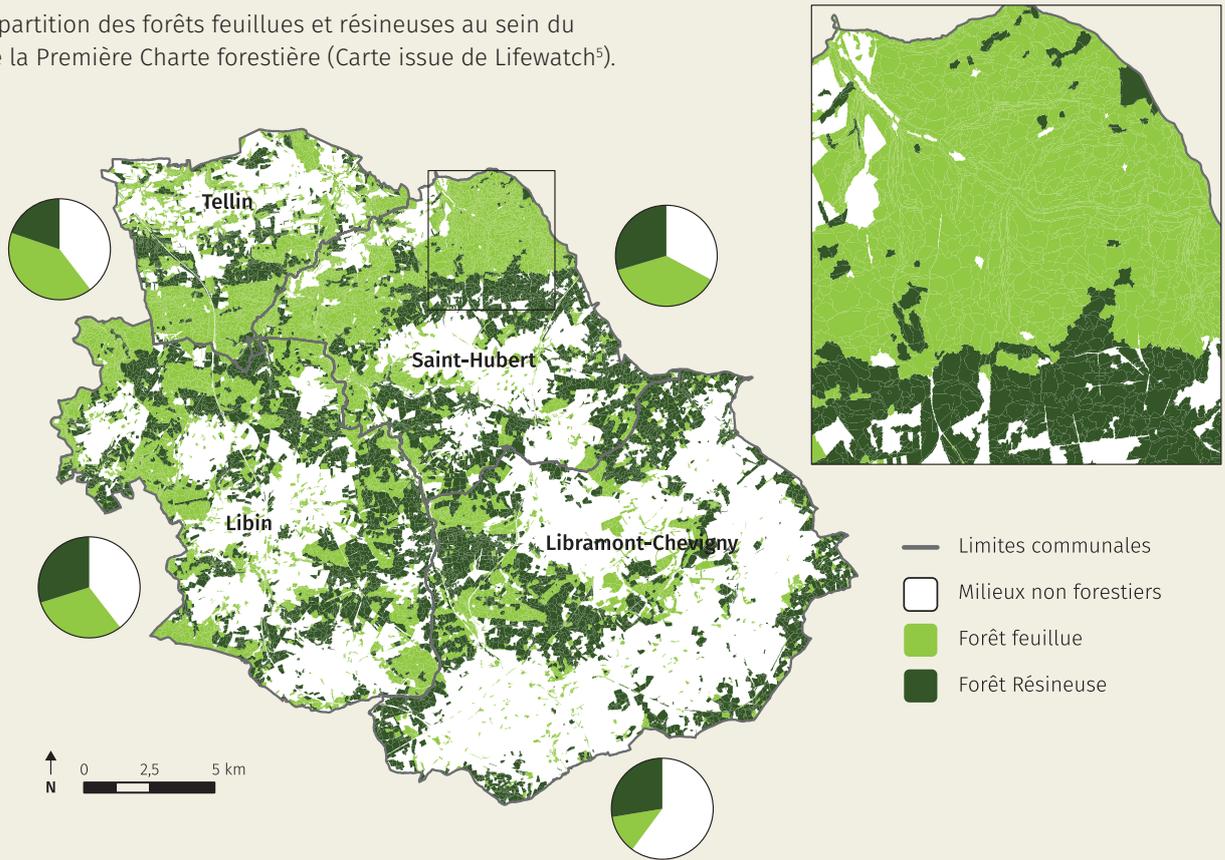
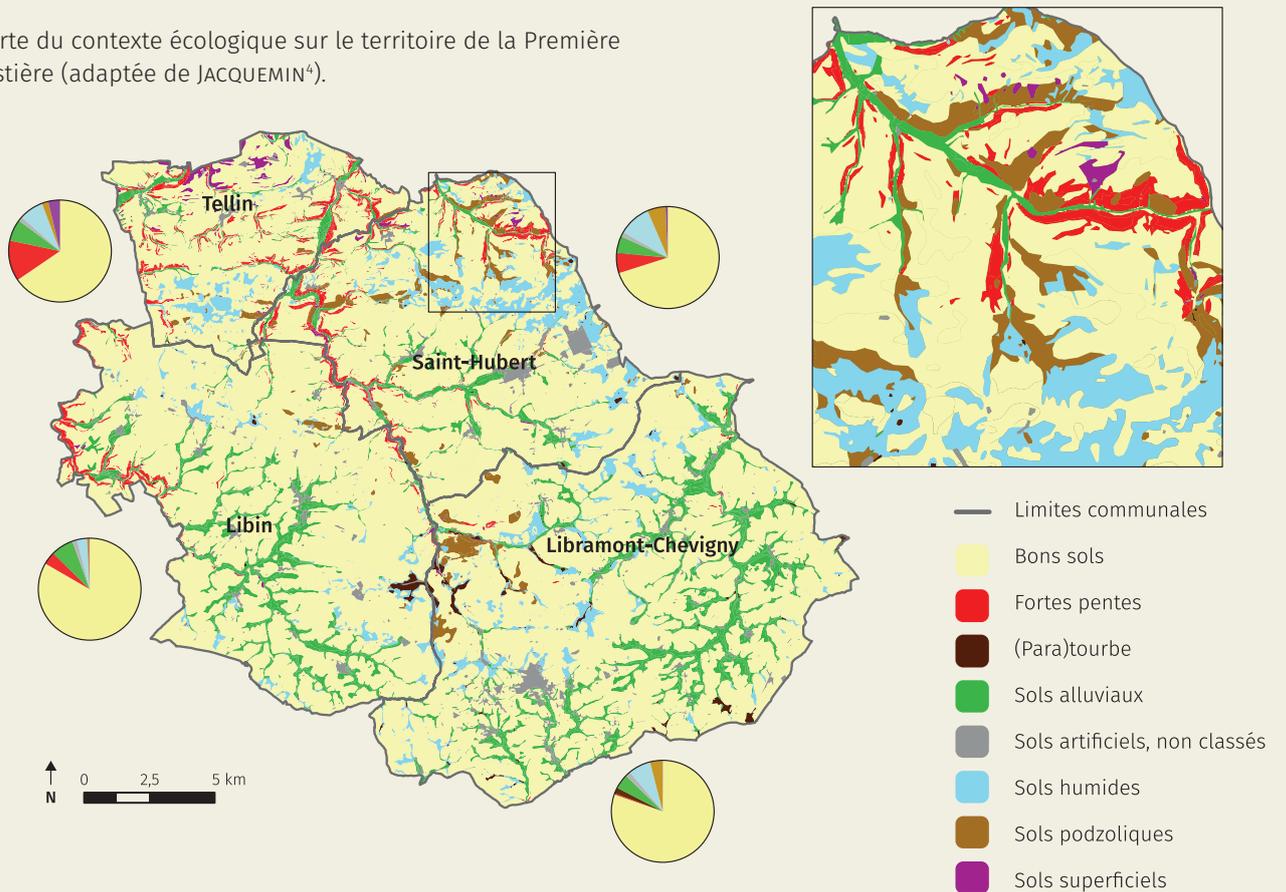


Figure 2. Carte du contexte écologique sur le territoire de la Première Charte forestière (adaptée de JACQUEMIN⁴).



sensibles sont définis comme ceux où la mise en œuvre d'activités de productions sylvicoles intensives nécessite des investissements lourds et induit une rentabilité (effective ou espérée) faible ou pour lesquels les enjeux écologiques sont importants sans être particulièrement contraignants en termes de productivité. Ils correspondent aux types de contexte écologique définis précédemment*, à l'exception des « bons sols forestiers » : fortes pentes, sols alluviaux, sols humides à « argile blanche », sols podzoliques et sols (para)tourbeux.

La cartographie du contexte écologique précise la fourniture des SE en caractérisant soit l'aptitude de la station à fournir le service, soit les risques des activités humaines sur ces services.

Globalement, les bons sols forestiers dominent largement dans les massifs forestiers.

La commune de Tellin (35 %) comptabilise le plus grand taux de sols sensibles de différents types, suivie de Saint-Hubert (30 %) et Libramont-Chevigny (20 %). À Tellin, les sols sur fortes pentes (13 %) dominent largement les sols sensibles, viennent ensuite les sols humides (8 %) et alluviaux (7 %). Sur Saint-Hubert, les sols humides à « argile blanche » (10 %) sont davantage présents, suivis des sols sur fortes pentes (6 %), podzoliques (6 %) et alluviaux (5 %) liés aux vallées profondes de la Lomme et de ses affluents. Libramont-Chevigny présente également une dominance des sols humides (7 %), s'ensuivent les sols alluviaux (5 %), podzoliques (4 %) et (para)tourbeux (2 %). Enfin, à Libin, les sols alluviaux (7 %) prévalent à côté des fortes pentes liées à la Lesse (4 %) et des sols humides (3 %).

La production de bois

Le niveau de fourniture en bois disponible est maximal (résineux sur bons sols et sols alluviaux) à bon (feuillus sur bons sols et sols alluviaux, résineux sur sols podzoliques et fortes pentes) sur la majeure partie du territoire, surtout à Libin (93 %) et à Libramont-Chevigny (89 %) (figure 3). Seules quelques zones (peuplements feuillus sur les sols humides et résineux et feuillus sur les sols (para)tourbeux), principalement à Tellin (5 %), Libramont-Chevigny (4 %) et Saint-Hubert (3 %), présentent un niveau plus faible pour ce service. Sur Saint-Hubert et Tellin, une grande proportion de la commune (18 et 15 %, respectivement) exhibe un niveau moyen (feuillus sur fortes pentes et sols podzoliques et résineux sur sols humides).

* La carte de sensibilité des sols comporte également une classe de sols superficiels qui n'a pas été prise en compte dans cette étude.

La séquestration du carbone dans le sol

La fourniture du service de séquestration du carbone dans le sol présente un niveau maximal (feuillus sur bons sols et sols alluviaux) à très bon (résineux sur bons sols) sur une grande majorité du territoire, surtout à Libin (89 %) et Libramont-Chevigny (84 %) (figure 4). Ce service possède un bon niveau (feuillus sur fortes pentes, sols podzoliques et (para)tourbeux) sur une part non négligeable des communes de Tellin (12 %) et Saint-Hubert (10 %). Il est de niveau moyen (résineux sur fortes pentes, sols alluviaux et podzoliques, feuillus sur sols humides) à faible (résineux sur sols humides) à de nombreux endroits, surtout sur Saint-Hubert (14 %), Libramont-Chevigny (14 %) et Tellin (13 %). Le niveau minimal est observé à Libramont-Chevigny (2 %) pour les résineux sur sols (para)tourbeux.

Le contrôle des inondations

Le service de contrôle des inondations (représenté par la capacité de la forêt à infiltrer, ralentir les écoulements et évapotranspirer l'eau) présente généralement un niveau maximal (forêts feuillues sur bons sols et sols alluviaux) à très bon (résineux sur bons sols et feuillus sur fortes pentes, sols humides et podzoliques) (figure 5). Certaines zones exposent des couleurs orangées à rouge (résineux sur sols sensibles) (6 à 11 % selon les communes), traduisant un niveau faible à minimal du SE du fait de la présence de réseaux denses de drainage toujours actifs associés à la pessière (figure 5).

La rétention des sédiments

La capacité de rétention des sédiments par les forêts est globalement maximale (feuillus sur bons sols et sols alluviaux) à très bonne (résineux sur bons sols, feuillus sur sols humides, podzoliques et (para)tourbeux) (figure 6). Elle est moyenne pour les feuillus sur fortes pentes représentant respectivement 10 % du territoire à Tellin, 6 % à Saint-Hubert et 3 % à Libin. Des zones de plus faibles niveaux (résineux sur sols sensibles) se répartissent un peu partout sur le territoire, particulièrement à Libramont-Chevigny (13 %), Saint-Hubert (12 %) et Tellin (8 %), ce qui est expliqué par la mise à blanc réalisée dans les pessières.

La régulation de la qualité de l'eau par rétention des nitrates et du phosphore

La fourniture du service de régulation de la qualité de l'eau par rétention des nitrates et du phosphore est mitigée : le service présente un niveau maximal à très bon sur les peuplements feuillus (excepté sur les sols podzoliques) alors que chez les résineux, le niveau est moyen à minimal à cause de la perte de nutriments engendrée par leur mise à blanc (figure 7). Ces niveaux plus faibles (résineux) sont particulière-

Figure 3. Répartition des niveaux de production de bois de 0 à 6 (les situations non évaluées correspondent aux sols artificiels/non classés et sols superficiels) au sein du territoire de la Première Charte forestière et dans chaque commune (les camemberts représentent le pourcentage de surfaces occupées par chaque niveau de production de bois, lorsque l'évaluation est disponible).

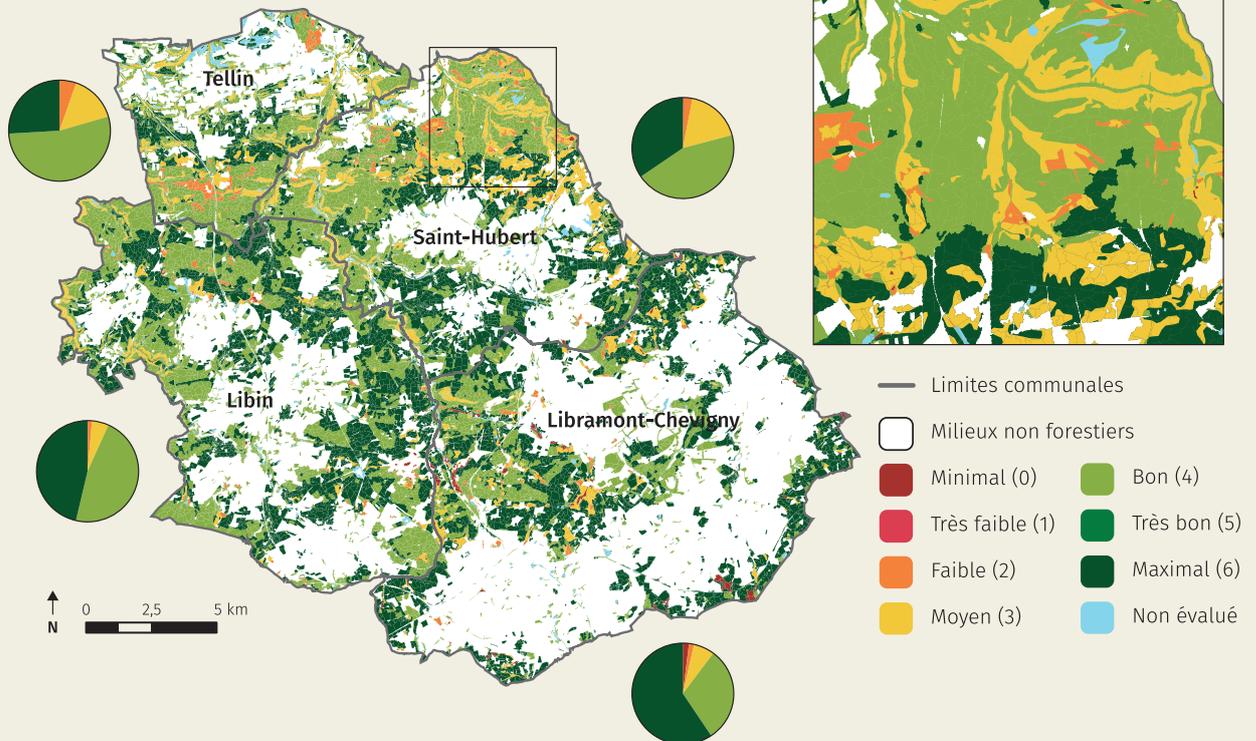


Figure 4. Répartition des niveaux de séquestration du carbone dans le sol de 0 à 6 (les situations non évaluées correspondent aux sols artificiels/non classés et sols superficiels) au sein du territoire de la Première Charte forestière et dans chaque commune (les camemberts représentent le pourcentage de surfaces occupées par chaque niveau de séquestration du carbone, lorsque l'évaluation est disponible).

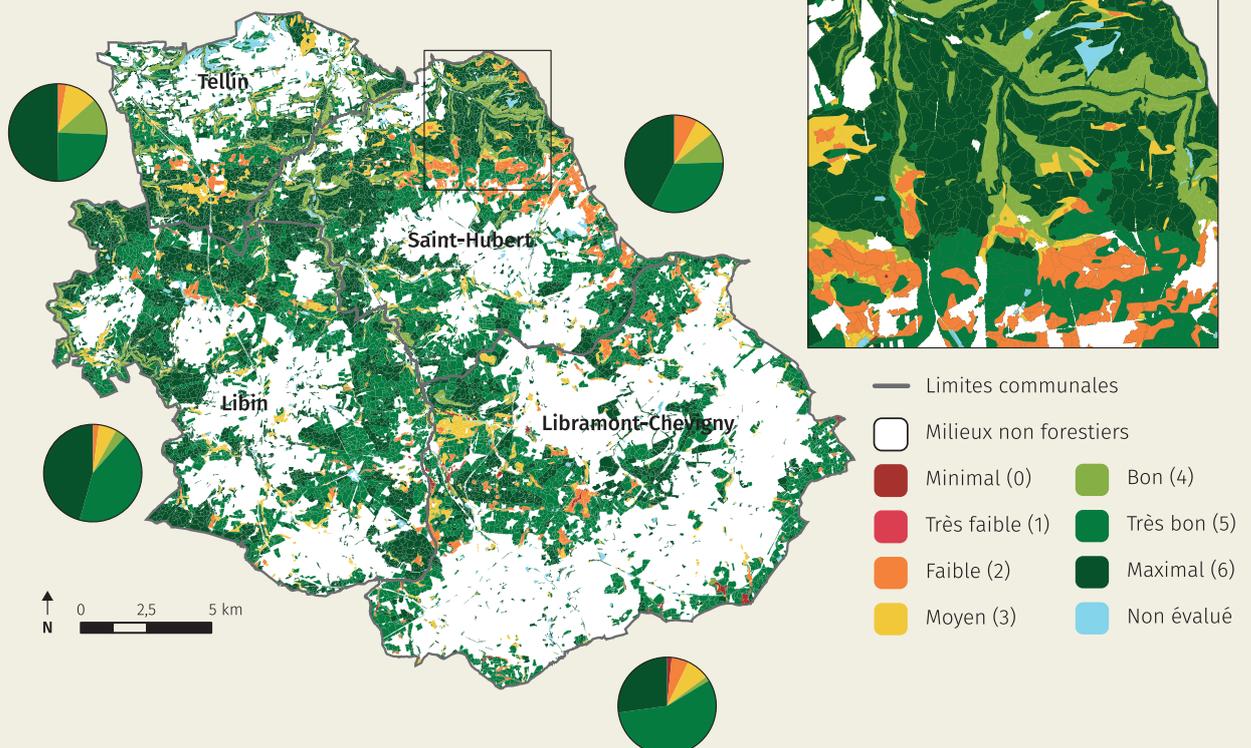


Figure 5. Répartition des niveaux du service de contrôle des inondations de 0 à 6 (les situations non évaluées correspondent aux sols artificiels/non classés et sols superficiels) au sein du territoire de la Première Charte forestière et dans chaque commune (les camemberts représentent le pourcentage de surfaces occupées par chaque niveau du service de contrôle des inondations, lorsque l'évaluation est disponible).

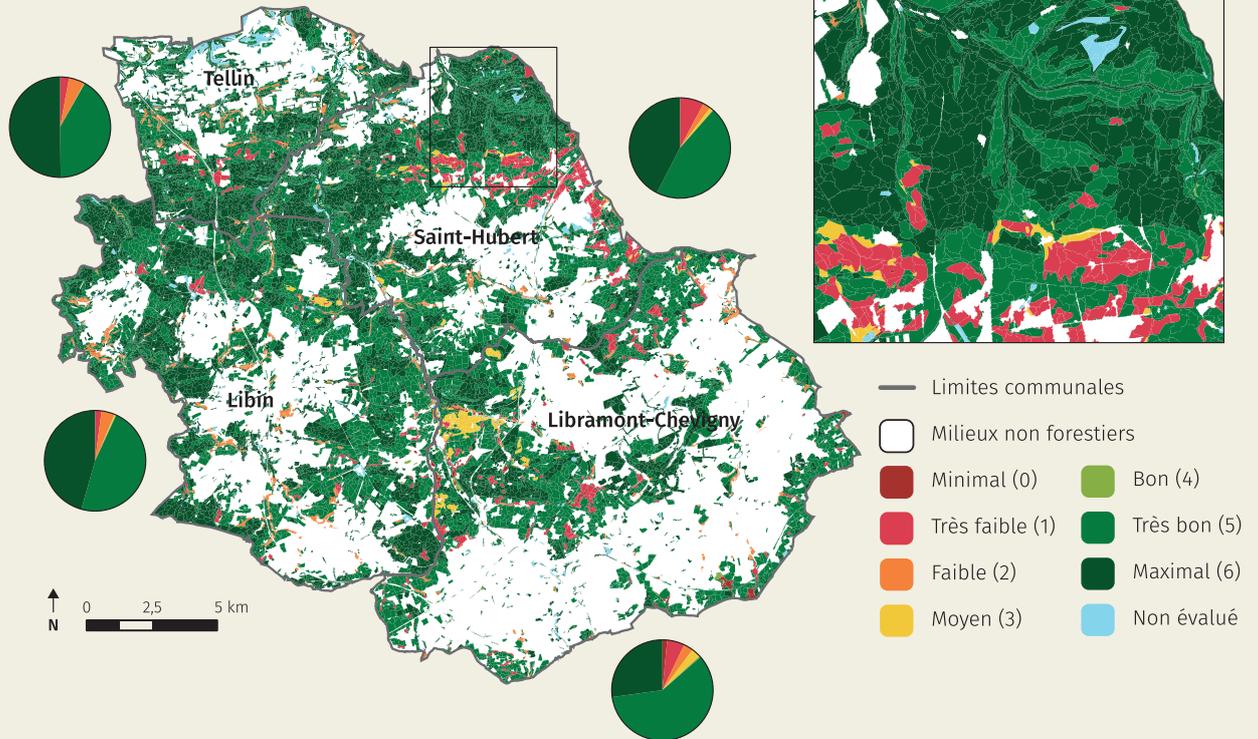
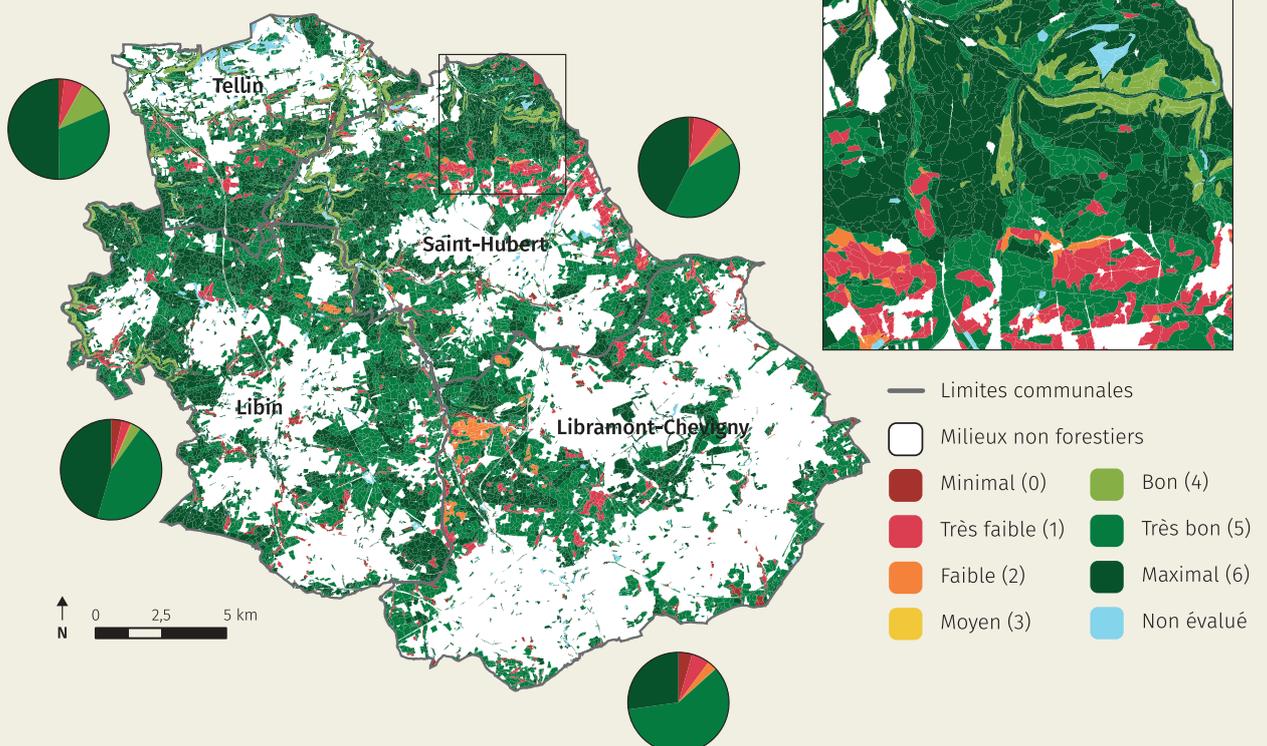


Figure 6. Répartition des niveaux du service de rétention des sédiments de 0 à 6 (les situations non évaluées correspondent aux sols artificiels/non classés et sols superficiels) au sein du territoire de la Première Charte forestière et dans chaque commune (les camemberts représentent le pourcentage de surfaces occupées par chaque niveau du service de rétention des sédiments, lorsque l'évaluation est disponible).





ment présents à Libramont-Chevigny (71 %), à Libin (50 %) et Saint-Hubert (50 %).

Le tourisme

Le service du tourisme (représenté par l'attractivité des paysages) est partagé entre un très bon niveau (feuillus sur bons sols, sols humides et podzoliques) et un niveau moyen (résineux sur bons sols et podzoliques) (figure 8). Le niveau maximal se restreint aux forêts feuillues alluviales. Les niveaux faibles (résineux sur fortes pentes, sols alluviaux, humides et (para)tourbeux) se concentrent principalement à Libramont-Chevigny (11 %) et Saint-Hubert (11 %) puisque les pessières rendent le paysage moins attractif².

Synthèse des six services

Au vu des six cartes représentant la fourniture de chaque SE, les services de séquestration du carbone, du contrôle des inondations et de rétention des sédiments présentent la plus grande couverture du territoire en niveaux élevés (maximal à très bon) de SE, mais avec des zones contrastées de niveaux faibles à minimal (de l'ordre de 5 à 10 % des surfaces). Le service de production de bois vient ensuite avec une grande majorité de niveaux maximal et bon et surtout très peu de niveaux faible à minimal (quelques pourcents). Enfin, les services du maintien de la qualité de l'eau et du tourisme sont davantage mitigés avec des niveaux maximal ou très bon qui se partagent avec un niveau moyen voire faible à minimal.

Pour représenter la balance entre les intérêts collectifs (les services de régulation et culturel profitant à l'ensemble de la société humaine) et les intérêts individuels (le service de production de bois, bénéficiant en priorité aux propriétaires et à la filière économique), une carte synthétique (figure 9) a été construite en soustrayant la moyenne des niveaux des cinq services de régulation et culturel au niveau de production de bois. Ainsi, une valeur positive désigne une plus grande fourniture en services de régulation et culturel qu'en bois (prévalence des intérêts collectifs), une valeur nulle, une fourniture équivalente (concordance entre les intérêts individuels et collectifs) et une valeur négative, un approvisionnement en bois plus important (dominance des intérêts individuels).

De manière générale, et particulièrement sur les sols sensibles, les résineux engendrent des intérêts individuels supérieurs aux collectifs alors que pour les feuillus, la tendance inverse s'observe. Ainsi, le territoire se divise principalement entre d'une part, des intérêts collectifs moyennement supérieurs aux

individuels (feuillus sur bons sols et sols alluviaux) et d'autre part, des intérêts collectifs moyennement inférieurs aux individuels (résineux sur bons sols, podzoliques et humides et sur les fortes pentes). Sur Libramont-Chevigny, ce sont principalement les intérêts individuels qui priment (68 %) à l'inverse de Tellin, où les intérêts collectifs dominent (68 %). Seules quelques zones présentent une claire différence entre les intérêts individuels et collectifs : la nette dominance des intérêts individuels (résineux sur sols alluviaux) se manifeste sur environ 2 à 3 % des communes alors que la prépondérance des intérêts collectifs (feuillus sur sols humides et (para)tourbeux) est observée sur 5 % (Tellin) à 1 % (Libin) des surfaces communales. L'équivalence des intérêts individuels et collectifs n'est présente que sur le cas marginal des sols (para)tourbeux occupés par des résineux puisque le niveau de chacun des SE y est minimal.

En spatialisant les niveaux de fourniture en SE et la balance entre intérêts individuels et collectifs, les zones prioritaires d'actions peuvent être identifiées. De cette manière, on peut identifier les zones où certains services sont faiblement rendus (par exemple : résineux sur sols sensibles présentant des niveaux faibles pour les services de régulation et culturel, correspondant à environ 10 % du territoire) ou encore, dans le cas des peuplements équiennes résineux, celles où les activités économiques se font au détriment des intérêts collectifs (services de régulation et culturel). Une plus grande attention devrait être accordée à ces secteurs en activant les outils de gestion appropriés pour ne pas compromettre la fourniture de ces services, qui sont à la base de la résilience et de la durabilité des forêts.

Il est également intéressant d'identifier les zones où les intérêts collectifs sont nettement supérieurs aux intérêts individuels pour se rendre compte que, dans certaines parties du territoire, la forêt est plus importante pour ses services de régulation et culturels que pour sa production de bois.

Toutefois, dans la cartographie présentée, la forêt a été considérée comme homogène. En ne distinguant que les forêts feuillues des résineuses et en leur associant un traitement unique et caricatural, la diversité des peuplements et la variété potentielle de leurs gestions n'ont pas été prises en compte alors qu'elles permettraient de nuancer les résultats.

Ainsi, ces résultats ne représentent qu'un premier aperçu de l'intérêt de l'évaluation intégrée des services écosystémiques. En effet, seule une évaluation ordinale de quelques services rendus par les forêts a été analysée. Pour réaliser une véritable évaluation

Figure 7. Répartition des niveaux du service de régulation de la qualité de l'eau par rétention des nitrates et du phosphore de 0 à 6 (les situations non évaluées correspondent aux sols artificiels/non classés et sols superficiels) au sein du territoire de la Première Charte forestière et dans chaque commune (les camemberts représentent le pourcentage de surfaces occupées par chaque niveau du service de régulation de la qualité de l'eau, lorsque l'évaluation est disponible).

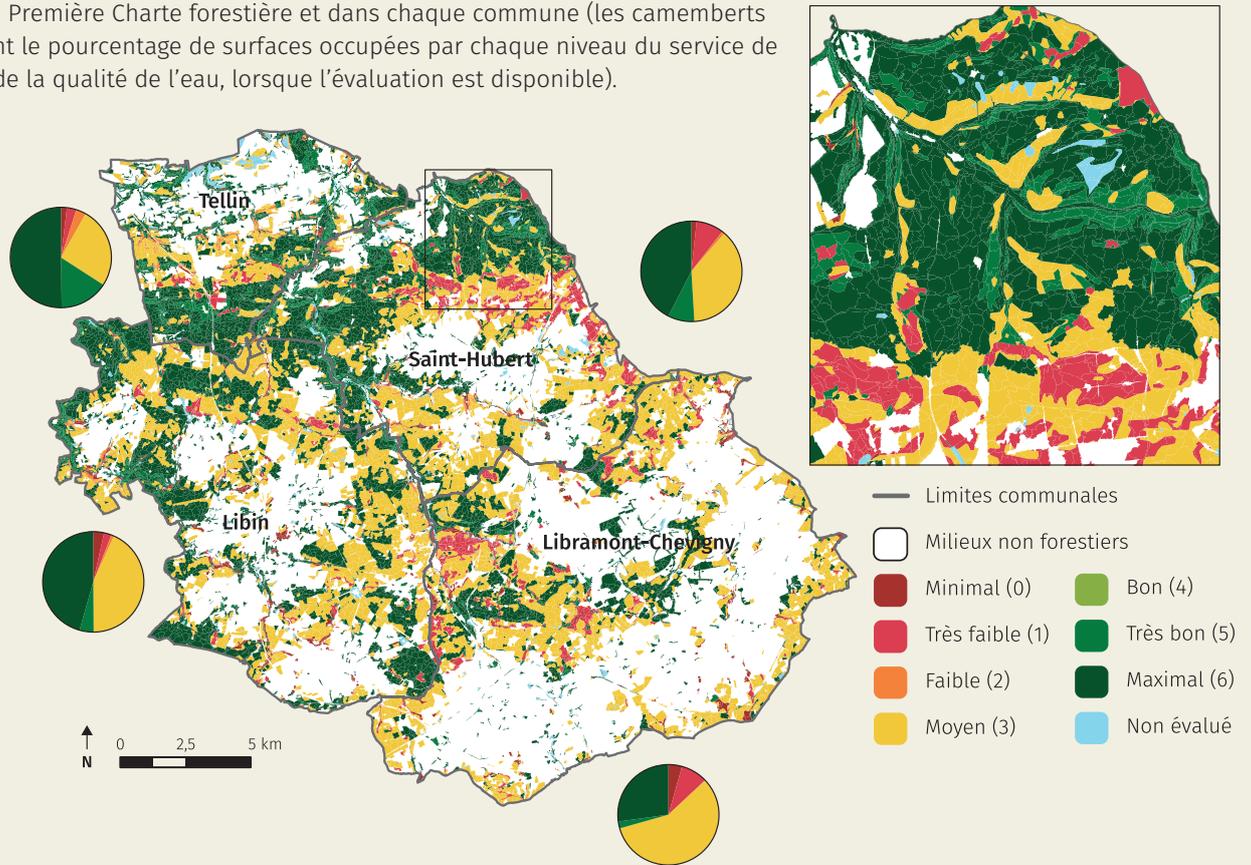
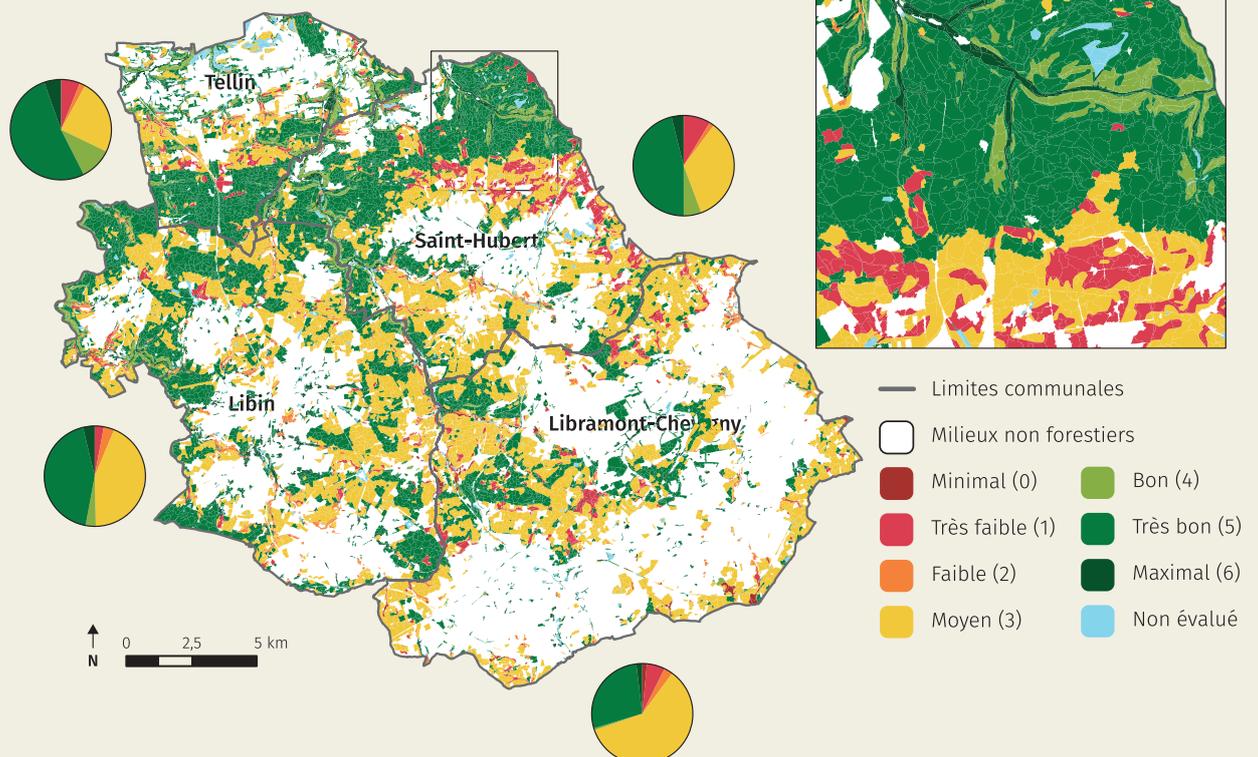


Figure 8. Répartition des niveaux du service du tourisme de 0 à 6 (les situations non évaluées correspondent aux sols artificiels/non classés et sols superficiels) au sein du territoire de la Première Charte forestière et dans chaque commune (les camemberts représentent le pourcentage de surfaces occupées par chaque niveau du service du tourisme, lorsque l'évaluation est disponible).



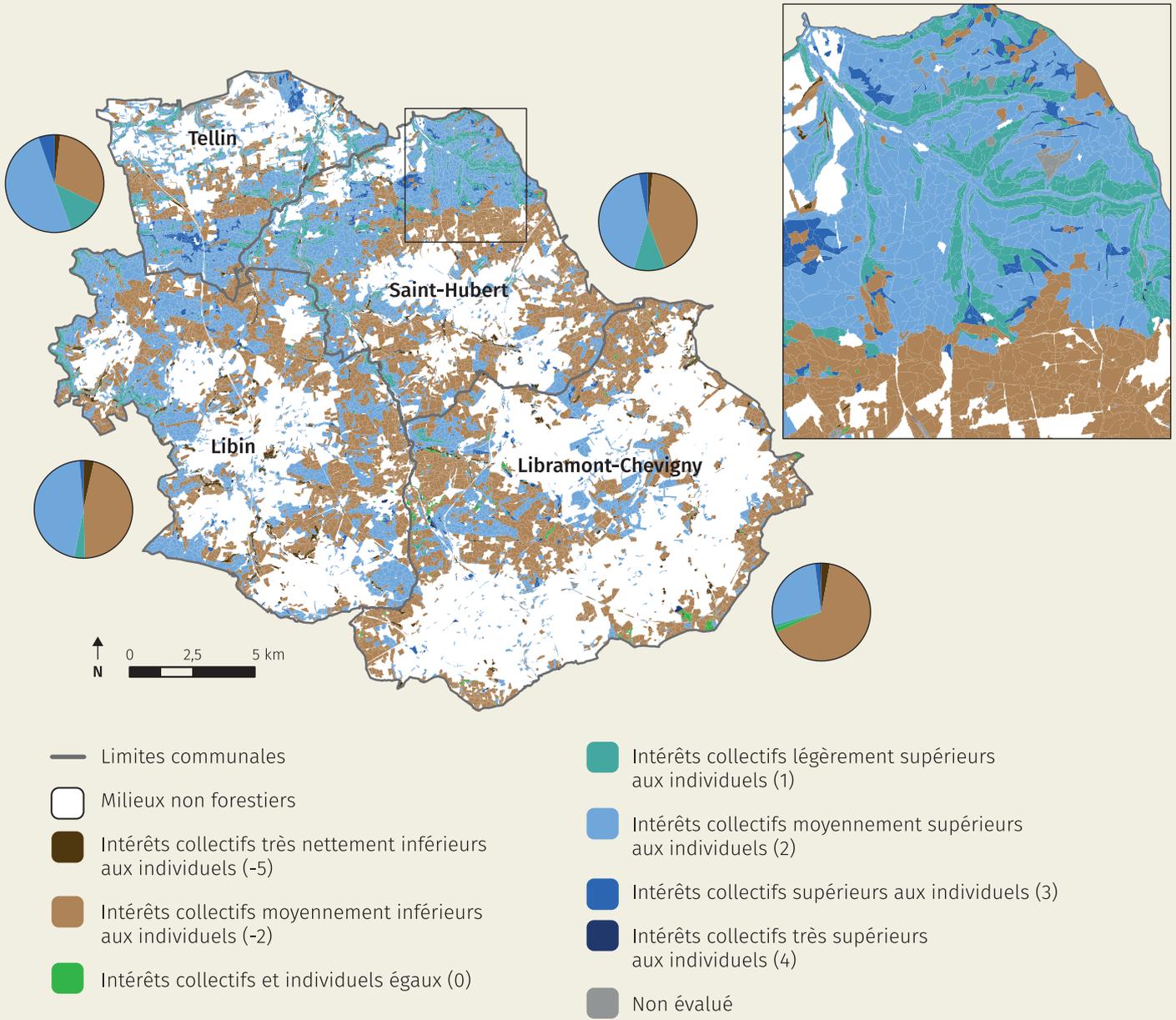


Figure 9. Représentation cartographique de la balance entre les intérêts individuels et collectifs au sein du territoire de la Première Charte forestière (les situations non évaluées correspondent aux sols artificiels/non classés et sols superficiels) et dans chaque commune (les camemberts représentent le pourcentage de surfaces occupées par chaque niveau de la balance entre les intérêts collectifs et individuels, lorsque l'évaluation est disponible).

Figure 10. Répartition des peuplements feuillus et résineux sur bons sols et sols sensibles en fonction du réseau Natura 2000 au sein du territoire de la Première Charte forestière du territoire.

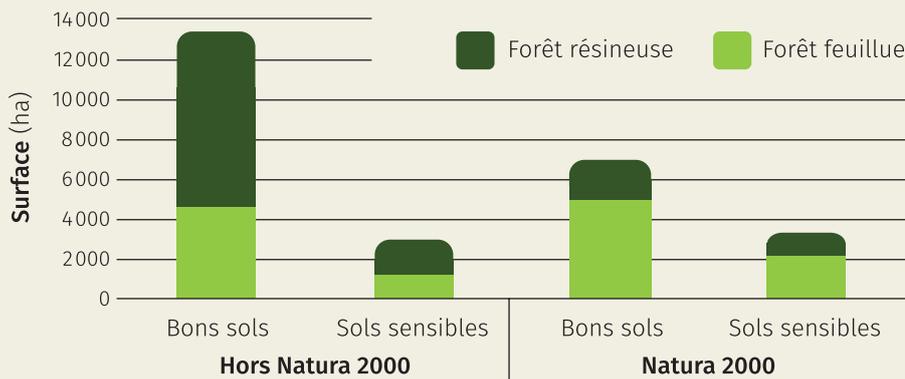


Figure 10. Répartition des peuplements feuillus et résineux sur bons sols et sols sensibles en fonction du réseau Natura 2000 au sein du territoire de la Première Charte forestière du territoire.

intégrée, d'autres méthodes et indicateurs biophysiques pourraient être ajoutés sur base de la mobilisation par exemple d'informations quantitatives dérivées de l'inventaire permanent ou de données d'inventaires locaux. Elle devrait aussi être complétée par une évaluation sociale voire économique et élargir à davantage de services et de méthodes de gestion.

Pistes pour améliorer la fourniture en SE

Identification des zones prioritaires d'actions

La répartition actuelle des forêts feuillues et résineuses a été comparée sur les bons sols et sur les sols sensibles en fonction de leur appartenance au réseau Natura 2000 afin d'identifier les zones prioritaires en vue d'améliorer la fourniture globale en services écosystémiques.

Le réseau Natura 2000 occupe environ 38 % des forêts du territoire de la Première Charte forestière. Les forêts feuillues dominent dans les zones Natura 2000 (55 %) alors que les résineux y sont minoritaires (22 %) (figure 10).

Les bons sols se retrouvent sur une majeure partie du territoire (78 %) que ce soit au sein des peuplements résineux ou feuillus même s'ils sont davantage présents sur les peuplements résineux. Proportionnellement, les sols sensibles sont plus représentés au sein du réseau Natura 2000 (32 % du réseau Natura 2000 contre 18 % en dehors).

La forêt se retrouve pour une grosse moitié en propriété publique (66 %). Davantage de forêts feuillues font partie du domaine public au sein du réseau Natura 2000 (75 %). C'est dans ces forêts qu'on retrouve la plus grande proportion de sols sensibles (41 %).

Ainsi, les zones prioritaires où la fourniture en services écosystémiques est faible et où les intérêts individuels dominent (résineux sur sols sensibles principalement) ne représentent qu'une minorité du territoire (10 %) dont 37 % se situe au sein du réseau Natura 2000 et 55 % en forêt publique.

Pistes d'amélioration de la fourniture en SE

Pour démontrer l'appui que peut apporter l'approche des SE à la politique forestière, une réflexion a été menée quant aux possibilités d'amélioration de la fourniture équilibrée en SE. La répartition des modes de gestion forestière a été modifiée en changeant le type de forêt présent en fonction de la sensibilité des sols ainsi qu'en envisageant un autre mode de gestion pour les peuplements résineux.

Ainsi, la répartition des forêts résineuses et feuillues sur bons sols et sols sensibles a été modifiée selon deux scénarios pour évaluer les gains sur le bilan global des SE :

- Premier scénario, nommé « restauration », estime que tous les résineux sur sols sensibles sont transformés en forêt feuillue (environ 10 % des peuplements résineux sont donc convertis en feuillus).
- Deuxième scénario, appelé « restauration avec compensation de surfaces résineuses », mène à la même transformation tout en compensant la perte de surfaces résineuses en convertissant une superficie correspondante de feuillus sur bons sols en résineux, et ce en dehors des zones Natura 2000, pour respecter l'équilibre résineux/feuillus imposé par le code forestier.

Un troisième scénario modifie le mode de gestion des peuplements résineux :

- Troisième scénario, baptisé « Pro Silva », pour lequel les peuplements résineux sont gérés en futaie irrégulière selon les principes de Pro Silva (pas de drainage ni de mise à blanc, en se basant sur la régénération naturelle...) (tableau 3).

Un niveau de 0 (fourniture minimale) à 6 (fourniture maximale) a été attribué à chacun des services à hauteur de l'amélioration ou la dépréciation de la fourniture du service résultant de la modification de la gestion des peuplements résineux passant d'une gestion en futaie pure équienne traditionnelle à une gestion en futaie irrégulière selon les principes de Pro Silva. Le gain ou la perte résultant a été défini sur base de la littérature révisée par leurs auteurs selon leur expertise.

Pour chaque scénario, le gain ou la perte en services écosystémiques par rapport à la situation actuelle a été calculé. Tout d'abord, chacun des niveaux repris dans la matrice ont été multipliés par la surface correspondante occupée par la forêt. Ensuite, pour chaque service, une somme de ces niveaux pondérés par la surface a été réalisée pour obtenir une valeur totale du service. Puis, la valeur totale de chaque SE pour chacun des scénarios a été soustraite par la valeur totale du SE correspondant pour la situation actuelle. Enfin, cette différence a été divisée par la valeur totale du SE pour la situation actuelle. Ces différences sont illustrées pour chaque scénario dans un histogramme repris ci-dessous.

Scénario « restauration »

Sous le scénario « restauration », l'ensemble des services, excepté celui de production de bois, voient leur niveau augmenter par rapport à la situation actuelle (figure 11). La transformation des résineux sur sols

PESSIÈRE IRRÉGULIÈRE « PRO SILVA » (NON DRAINÉE)

Contexte	Bois	Carbone	Inond	Sédi	NO3-P	Tourisme
Bons sols	6	6	6	6	5	4
Fortes pentes	4	4	5	4	4	3
Sols alluviaux	6	6	6	4	3	2
Sols humides	3	3	5	5	4	3
Sols podzoliques	4	4	5	5	2	4
(Para)tourbe	0	4	4	5	4	0

Tableau 3. Matrice des SE pour les pessières gérées selon les principes de Pro Silva. Cette matrice attribue, à chacun des six services, un niveau allant de 0 à 6, déterminant le niveau auquel la forêt rend ce service en fonction du contexte écologique.

sensibles en feuillus a, d'une part, engendré une diminution du niveau de production de bois (qui est plus élevé pour les résineux) mais d'autre part, mené à une augmentation des niveaux des autres services (qui sont mieux rendus par les forêts feuillues irrégulières). Cette augmentation est la plus importante pour les SE de régulation de la qualité de l'eau et du tourisme puisqu'ils présentaient des niveaux plus faibles en résineux.

De plus, cette augmentation est plus marquée dans les zones en dehors du réseau Natura 2000 car les surfaces occupées par les résineux sur sols sensibles sont plus importantes qu'au sein du réseau Natura 2000. Par contre, la diminution de la production de bois est équivalente en dehors et au sein du réseau Natura 2000 car la perte plus importante de production de bois en dehors de Natura 2000 (due à une plus grande surface de résineux transformés en feuillus) est compensée par une plus grande proportion de résineux sur bons sols.

Scénario « restauration avec compensation de surfaces résineuses »

Sous le scénario « Restauration avec compensation de surfaces résineuses », l'ensemble des services ont vu leur niveau augmenter et ce particulièrement pour le SE de rétention des sédiments (figure 12). L'augmentation des niveaux en Natura 2000 est identique au scénario précédent puisque rien n'a été changé. Par contre, en dehors de Natura 2000, du fait de la transformation de feuillus en résineux sur bons sols, les augmentations de niveaux sont plus ou moins réduites et ce d'autant plus que la différence de niveau du service est grande entre les peuplements résineux et feuillus (par exemple : le service de la qualité d'eau passe de 6 en feuillus à 3 en résineux sur les bons sols).

L'augmentation du service de production de bois est à peine perceptible. Par contre, selon l'appartenance ou non au réseau Natura 2000, sa variation est tantôt positive (hors Natura 2000 où des feuillus sur bons sols ont été transformés en résineux plus productifs), tantôt négative (en Natura 2000 où cette compensation n'existe pas) au prorata de la transformation de feuillus en résineux sur bons sols qui peuvent compenser les pertes de production de bois sur sols sensibles.

Scénario « Pro Silva »

Un gain important des services de régulation et culturel est observé sous le scénario « Pro Silva » (figure 13). Cette amélioration est d'autant plus marquée en dehors des zones Natura 2000 car celles-ci comptabilisent le plus de surfaces résineuses. La plus forte augmentation revient au service de régulation de la qualité de l'eau puisque la gestion Pro Silva des peuplements résineux améliore significativement la fourniture de ce service dont le niveau était le plus faible en futaie pure équienne.

Quant au SE de production de bois, il ne varie pas car le mode de gestion (futaie équienne vs Pro Silva) n'influence pas le niveau de production de bois des peuplements résineux.

Le scénario « Pro Silva » engendre l'amélioration la plus importante des niveaux des services. En effet, l'augmentation des services se manifeste sur une plus grande surface (superficie totale occupée par les forêts résineuses) que pour les deux autres scénarios qui se concentrent principalement sur les sols sensibles.

Les deux derniers scénarios assurent un maintien de la production de bois mais dans le deuxième scénario

Figure 11. L'histogramme représente les différences de fourniture de chaque SE entre le scénario « Restauration » et la situation actuelle (barres grises). Les losanges reprennent ces mêmes différences mais calculées en fonction de l'appartenance ou non au réseau Natura 2000.

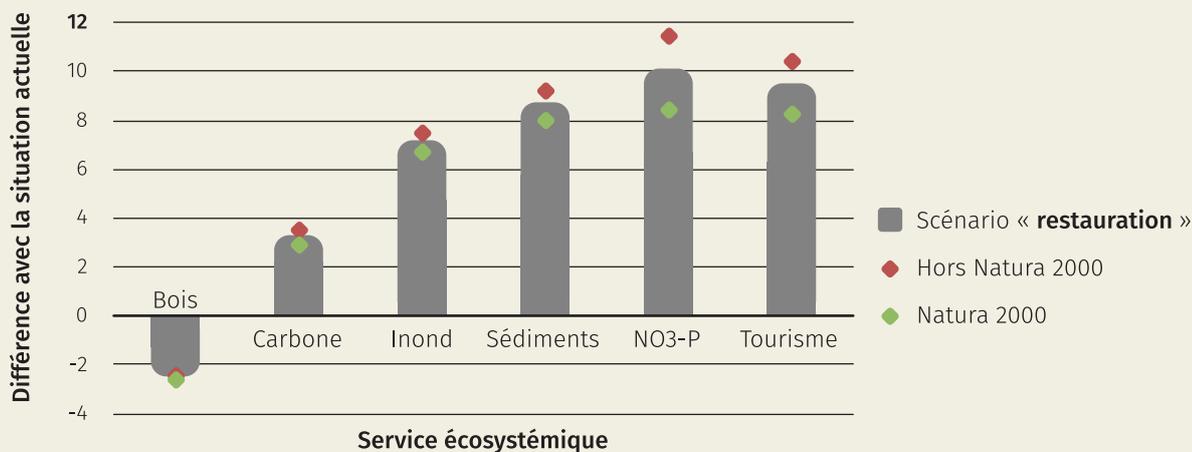


Figure 12. L'histogramme représente les différences de fourniture de chaque SE entre le scénario « Restauration avec compensation de surfaces résineuses » et la situation actuelle (barres grises). Les losanges reprennent ces mêmes différences mais calculées en fonction de l'appartenance ou non au réseau Natura 2000.

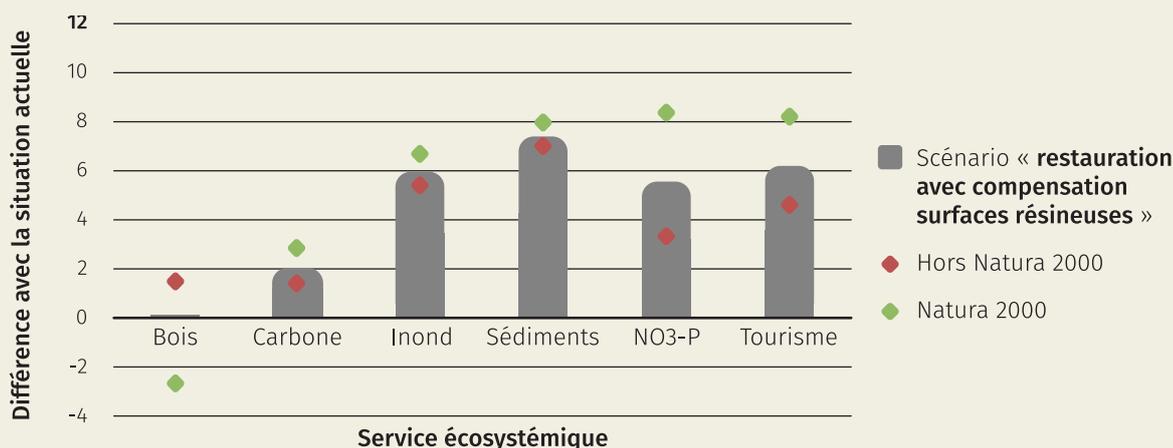
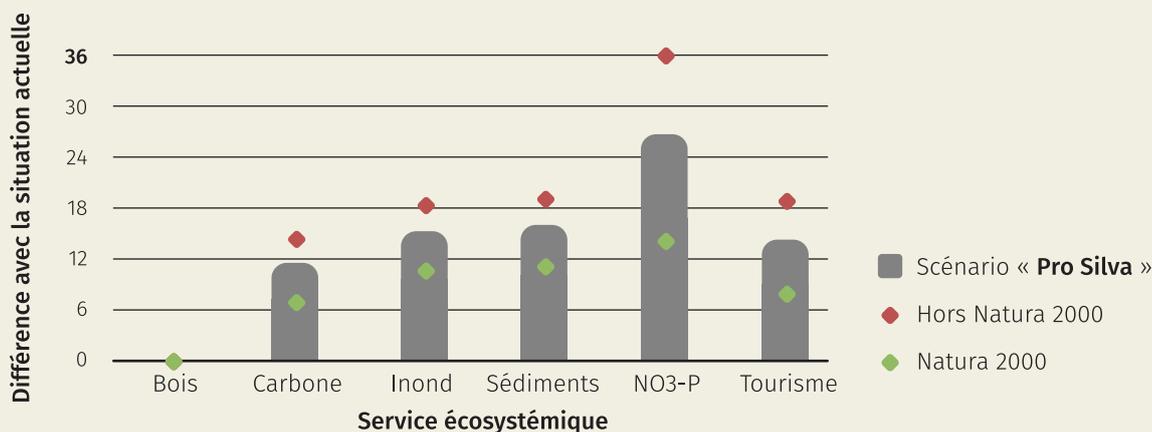


Figure 13. L'histogramme représente les différences de fourniture de chaque SE entre le scénario « Pro Silva » et la situation actuelle (barres grises). Les losanges reprennent ces mêmes différences mais calculées en fonction de l'appartenance ou non au réseau Natura 2000. Attention, l'échelle de l'axe verticale est trois fois plus grande que celle des figures 11 et 12.



« restauration avec compensation de surfaces résineuses », les autres services augmentent de manière moins importante que sous le troisième scénario « Pro Silva ».

Ce dernier scénario semble donc être le plus apte à améliorer la fourniture en SE. C'est vrai pour les résineux sur bons sols pour lesquels l'ensemble des services voient leur niveau augmenter ou rester constant. Par contre, sur les sols sensibles, les services de régulation de la qualité de l'eau, de rétention des sédiments et du tourisme sont mieux rendus par les peuplements feuillus que par les résineux gérés en Pro Silva, mais au détriment de la production de bois.

Ainsi, une combinaison de ces deux scénarios assure une fourniture équilibrée des SE : une gestion Pro Silva des résineux sur l'ensemble du territoire et une conversion des peuplements résineux en feuillus en zone Natura 2000 sur les sols sensibles. Par ailleurs, face à des moyens limités, la conversion de forêts résineuses en forêts feuillues sur sols sensibles en Natura 2000 permet d'agir sur une faible proportion des surfaces communales tout en maximisant le gain en services écosystémiques.

Conclusion

À travers l'exemple, certes simplifié et caricatural, de la Première Charte forestière, l'approche des services

écosystémiques a montré son intérêt pour la gestion forestière : elle a permis de mettre en évidence les avantages et inconvénients des différents types de gestion forestière, de faire la balance entre les intérêts individuels et collectifs, d'atteindre des objectifs de multifonctionnalité et de maintien du fonctionnement des écosystèmes face aux changements globaux.

Sur le territoire de la Première Charte forestière du territoire, cette approche a permis :

- de démontrer que la gestion des forêts résineuses traitées traditionnellement en futaie pure équienne avec mise à blanc permet effectivement de maximiser la production de bois (intérêt individuel pour les propriétaires forestiers et la filière bois) mais au détriment des services de régulation et culturels (intérêts collectifs de la société),
- d'identifier les zones prioritaires pour mener des actions pour optimiser la fourniture équilibrée en services écosystémiques qui *in fine* est gage d'une forêt multifonctionnelle répondant aux besoins et attentes actuels et futurs de ses différents utilisateurs,
- de définir des pistes de politique générale de gestion forestière assurant une offre diverse et équilibrée en SE : une transformation des peuplements résineux en forêts feuillues sur les sols sensibles dans les sites Natura 2000, alliée à une gestion des résineux en futaie irrégulière selon les principes de Pro Silva dans les autres situations. En termes de



Futaie irrégulière résineuse.

priorités, l'accent devrait être mis sur la conversion des résineux en feuillus sur sols sensibles en Natura 2000 pour maximiser les effets positifs sur les SE tout en minimisant les surfaces concernées par les transformations.

L'approche des SE est donc un outil d'aide à la décision qui permet de révéler les points forts et faibles de la gestion durable et multifonctionnelle du territoire (en l'occurrence forestier dans notre cas) par rapport aux attentes des usagers et au fonctionnement de l'écosystème qui est le garant de ces services. En évaluant l'effet de différents scénarios de gestion sur la fourniture des SE, cette approche permet d'établir des orientations générales de politique forestière et plus globalement d'aménagement du territoire, qui tiennent compte de la multifonctionnalité dans le cadre d'une gestion durable et résiliente face aux changements globaux.

L'évaluation des services écosystémiques pourrait être améliorée pour qu'elle soit plus intégrée : considérer d'autres modes de gestion, d'autres SE, utiliser davantage d'indicateurs biophysiques complétés par des évaluations sociales et économiques. Toutes ces améliorations assureraient une meilleure prise en compte de l'hétérogénéité de la forêt ainsi que des attentes et besoins de l'ensemble des acteurs.

Dans cette optique, les quatre communes partenaires du projet désirent aller plus loin dans l'intégration de l'approche des services écosystémiques dans leur politique. Un outil d'évaluation des SE utile et facilement utilisable sera développé en co-construction avec ces communes pour qu'elles puissent comprendre l'impact de leurs actions et décisions sur la multifonctionnalité et la durabilité de la forêt. ■

Bibliographie

- ¹ Burkhard B., Kroll F., Müller F., Windhorst W. (2009). Landscapes' capacities to provide ecosystem services – a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online* 15 : 1-22.
- ² Colson V. (2009). *La fonction récréative des massifs forestiers wallons : analyse et évaluation dans le cadre d'une politique forestière intégrée*. Thèse de doctorat, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgique, 277 p.
- ³ Dufrêne M., Maebe L. (2017). Les services écosystémiques en forêt. In : *Le grand livre de la Forêt*, Éd. Forêt.Nature, p. 187-193.
- ⁴ Jacquemin F. (2015). *Wal-ES - Carte de marginalité des sols de Wallonie (V2)*. 11 p.

POINTS-CLEFS

- ▶ En rendant visible les multiples liens de dépendance et d'interactions entre les acteurs d'un territoire et leur environnement, l'approche des services écosystémiques (SE) permet de comprendre l'impact des actions humaines sur la nature et d'équilibrer les intérêts individuels et collectifs.
- ▶ La cartographie des SE met en évidence les zones prioritaires (faible fourniture en SE ou déséquilibre entre les intérêts individuels et collectifs) sur lesquelles des actions peuvent être menées pour améliorer la multifonctionnalité de la forêt.
- ▶ Les modes de gestion assurant une gestion durable et multifonctionnelle des forêts peuvent être identifiés en analysant leurs impacts sur les services.
- ▶ Les communes de Libramont-Chevigny, Libin, Saint-Hubert et Tellin désireuses d'intégrer l'approche des services écosystémiques dans leur prise de décision sont prêtes à co-construire un outil d'aide à la décision pratique basé sur l'analyse des SE.

- ⁵ LifeWatch (2017). LifeWatch-WB ecotope database. In : *Lifewatch Regional Portal. Data. lifewatch.be/en/lifewatch-wb-ecotope-database*. 
- ⁶ Maebe L., Pipart N., Dendoncker N., Claessens H., Dufrêne M. (2018). Comment révéler les multiples rôles de la biodiversité pour le bien-être collectif et individuel ? Un appel pour relancer la plateforme wallonne sur les services écosystémiques. *Forêt.Nature* 147 : 25-36.
- ⁷ RND (2018). Chapitre I : L'état des lieux. In : *Première Charte forestière de territoire en Wallonie : Libin, Libramont-Chevigny, Saint-Hubert et Tellin, Marloie*, RND, p. 20-109.
- ⁸ RND (2018). *Charte forestière du territoire. charte-forestiere-wallonie.be*. 
- ⁹ Sanchez C. (2016). *La sylviculture Pro Silva en Wallonie : mesures et recommandations du DNF*. Éd. Forêt Wallonne, 64 p. 
- ¹⁰ Wal-ES (2016). *Les services écosystémiques en Wallonie. wal-es.be*. 

Crédit photos. M. Dufrêne (p. 12), RND asbl (p. 17), H. Claessens (p. 28)

Laura Maebe^{1,2}
Hugues Claessens¹
Marc Dufrêne²
laura.maebe@uliege.be

- ¹ Gestion des Ressources Forestières (ULiège, GxABT)
Passage des Déportés 2 | B-5030 Gembloux
- ² Biodiversité et Paysage (ULiège, GxABT)
Passage des Déportés 2 | B-5030 Gembloux