Innovations Agronomiques 86 (2022), 331-344

PSDR4 AFFORBALL - L'adaptation du secteur forêt-bois aux changement globaux dans les Vosges du sud

Caurla S.[1]

[1] Bureau d'Economie Théorique et Appliquée, 14 rue Girardet, F-54000 Nancy

Correspondance : sylvain.caurla@inrae.fr

Résumé

Pourvoyeuse de bois, la forêt des Vosges du Sud est aussi un écosystème abritant une biodiversité remarquable qui joue de nombreux rôles de régulation. C'est également une zone touristique très fréquentée en toutes saisons. C'est enfin le lieu de vie de milliers d'habitants qui vivent ou profitent directement ou indirectement de ses ressources. Ces ressources se retrouvent aujourd'hui au centre de plusieurs enjeux : elles subissent la pression du changement climatique, elles sont sollicitées par de nombreux secteurs de l'économie locale et elles doivent s'adapter à de nouvelles formes de tourisme tout en préservant une biodiversité qui subit, elle aussi, les effets des changements globaux. A travers des approches de recherche intégrée**,** AFFORBALL étudie les adaptations nécessaires pour répondre à ces enjeux dans les territoires forestiers des Vosges du Sud. Les résultats du projet montrent que la gestion forestière doit évoluer vers des sylvicultures plus dynamiques, intégrer le changement d'essences et la diversification des essences. En outre, la réactivation de filières locales comme le hêtre pour la construction et le développement des filières bois-énergie peuvent s'associer à un projet de territoire durable combinant les démarches d'adaptation et d'atténuation au changement climatique. Si le tourisme est un enjeu économique fort, son accompagnement doit être stratégique, en activant des ressources territoriales sous-valorisées, comme le plateau des 1000 étangs, et en préservant les noyaux de biodiversité des Hautes-Vosges.

Mots-clés : Forêt, Bois, Adaptation, Changements Globaux, Services Ecosystémiques

Abstract: The adaptation of the forest-wood sector to global changes in the southern Vosges

Forest in southern Vosges is not only a source of wood but also an ecosystem with a remarkable biodiversity which plays many regulatory roles. It is also a tourist area that is very popular in all seasons. Finally, it is the home of thousands of inhabitants who live or benefit directly or indirectly from its resources. Today, these resources are at the center of several issues. First of all, they are under pressure from climate change. In addition, they are solicited by many sectors of the local economy through the supply of new wood products for construction, the bioeconomy and energy. Finally, they must adapt to new forms of tourism while preserving a biodiversity that is also undergoing the effects of global change. Through integrated research approaches, AFFORBALL studies the adaptations necessary to meet these challenges in the forest territories of the Southern Vosges. Forest management must evolve towards more dynamic silviculture, integrating the change of species and the diversification of species. The project also shows that the reactivation of local industries such as beech for construction and the development of wood-energy industries can be associated with a sustainable territory project combining adaptation and mitigation approaches to climate change. If tourism is a strong economic stake, its support must be strategic, by activating under-valued territorial resources, such as the plateau of 1000 ponds, and by preserving the biodiversity cores of the Hautes-Vosges.

Keywords: Forest, Wood, Adaptation, Global Changes, Ecosystem Services

1. Introduction

La filière forêt-bois est l'ensemble constitué d'une part des écosystèmes forestiers et des habitats qu'ils procurent pour la biodiversité et, d'autre part, des activités économiques liées à la gestion de ces écosystèmes forestiers, qu'elles soient orientées vers la production de produits bois ou la fourniture d'autres services écosystémiques. Il s'agit d'un système socio-écologique intégré (Lagadeuc et Chenorkian, 2009) couplant les sociétés et la nature sous la forme d'un assemblage complexe d'interrelations, de non-linéarités et de rétroactions opérant à des échelles multiples (Da Cunha et Vanderlinden, 2014). Dans de nombreux territoires français, cette filière subit dès à présent les premières conséquences des changements climatiques et cherche à s'adapter à travers des démarches d'ajustement fonctionnel par rapport aux climats actuel ou à venir, ainsi qu'à leurs conséquences directes et indirectes. Le caractère fonctionnel de l'adaptation tient en ce que celle-ci doit permettre à la filière forêt-bois d'assurer ses diverses fonctions, qu'elles soient le maintien d'un tissu socio-économique actif sur le territoire, la fourniture de services écosystémiques ou la préservation de la biodiversité. En affectant les différents composants du système (sociaux et biophysiques) et à leurs interactions, les démarches d'adaptation apparaissent *de facto* comme un objet de recherche intégrée (Da Cunha et Vanderlinden, 2014).

Les démarches de recherche intégrée regroupent trois groupes d'approches qui diffèrent notamment pas le degré d'intégration des disciplines et des partenaires non-académiques (Stock et Burton, 2011). Ainsi, la multidisciplinarité consiste en la juxtaposition de disciplines ayant chacune leur propre question de recherche autour d'une thématique commune, de sorte qu'elles « coexistent au sein d'un même contexte » (Petts et al., 2008). L'interdisciplinarité, au contraire, implique que les disciplines communiquent entre elles et se coordonnent sur la définition de la problématique, l'approche méthodologique à mettre en œuvre, le recueil et l'analyse des données (Hammer et Söderqvist, 2001). La transdisiciplinarité est la forme la plus aboutie de recherche intégrée : elle implique non seulement la collaboration effective de disciplines autour d'un objet et d'une problématique communs mais également des participants non académiques (gestionnaires, utilisateurs, public, entreprises, etc).

A partir des résultats du projet PSDR4 AFFORBALL, cette contribution cherche à analyser la faisabilité de la mise en place de telles approches intégrées et leurs apports pour l'étude des stratégies d'adaptation de la filière forêt-bois des Vosges du sud. Nous développerons notre propos à travers trois questionnements qui nous serviront de fil conducteur.

Tout d'abord, si l'adaptation est un concept destiné à gérer l'incertain (Hallegatte, 2009), l'un des principaux défis est de définir la nature de l'incertitude à laquelle elle s'applique. Dit autrement : **à quoi s'adapte-t-on** ? Les conséquences directes et indirectes des changements climatiques revêtent des réalités bien différentes suivant les zones du globe et les échelles considérées. A ce niveau notre objectif est d'explorer en quoi la recherche intégrée permet de mieux définir l'objet de l'adaptation. Nous montrerons en particulier qu'elle permet d'une part de caractériser la perception qu'ont les praticiens de la filière des changements globaux tout en formalisant les réponses qu'ils y apportent et d'autre part d'explorer comment ces changements influencent la répartition des fonctions de la filière forêt-bois sur le territoire.

Deuxièmement, si l'atténuation a pour objet la production décentralisée d'un bien collectif, l'adaptation relève principalement de la protection ou de la production de biens privés. Ceci a pour conséquence que les démarches d'adaptation sont le fait d'un grand nombre d'individus ou de collectifs, qui ne sont pas toujours coordonnés. Nous analyserons ici comment la recherche intégrée permet d'approcher **la diversité des modes d'adaptation**. Nous montrerons ici que si certaines démarches sont étudiées *ex post*, sur la base d'observations des réalisations sur le territoire (*e.g.* relocalisation des activités de production et de consommation de produits bois), beaucoup font l'objet d'une exploration *ex ante* voire *prospective* dans le projet (modification de la gestion forestière, développement du tourisme dans les zones moins fragiles, instauration de prix plancher après tempête, …). Cela tient au fait que les

méthodologies et les politiques de l'adaptation sont développées de manière dynamique, en fonction de l'occurrence (ou non) des crises auxquelles elles sont destinées à faire face, de l'évolution des connaissances et des vécus et en présence de temporalités contradictoires et d'incertitudes fortes et irréductibles.

Enfin, troisièmement, la question de l'évaluation des conséquences de ces démarches d'adaptation sur le maintien des fonctions du système socio-écologique est encore rarement abordée à l'échelle régionale. C'est l'objet de notre troisième questionnement : « **comment évaluer l'adaptation ?** ». Ici nous montrerons comment des approches intégrées mobilisant des outils de modélisation inter- ou transdisciplinaires (approche prospective « Story and Simulation » ; couplage entre Analyse de Cycle de Vie et modèle économique ; modèles dynamiques régionaux de croissance forestière) permettent d'explorer des pistes de réponses dans le projet AFFORBALL.

1.1 Terrain d'étude : les Vosges du sud

Notre terrain d'étude est une région très forestière de moyenne montagne, où l'enjeu d'adaptation aux changements globaux est particulièrement fort. Elle est composée du territoire du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges (PNRBV) et du pays d'Epinal.

Comparativement aux milieux de plaine, les milieux de montagne sont très sensibles aux changements climatiques (Fort, 2015), notamment du fait des modifications des cycles hydrologiques et de l'élévation des températures. Les conséquences de ces changements en termes de production forestière et de fourniture d'aménités sont par ailleurs susceptibles de fragiliser l'économie de ces régions, généralement rurales et moins riches que les plaines (Fort, 2015). En outre, les milieux de montagne représentent des refuges climatiques précieux pour les espèces végétales et animales dans la mesure où les distances à parcourir pour d'adapter aux modifications climatiques sont plus courtes qu'en plaine (Engler et al., 2011; Gottfried et al., 2012 ; Colwell et al., 2008). Néanmoins, lorsque les pressions climatiques deviennent trop fortes, elles deviennent des voies sans issue pour les espèces qui ne peuvent plus monter en altitude et se retrouvent prises au piège (Engler et al., 2011 ; Sauer et al., 2011).

Situé en bordure de la dorsale économique européenne, le PNRBV est un territoire relativement peuplé (270 617 habitants) à cheval sur quatre départements (Vosges, Haut-Rhin, Territoire de Belfort et Haute-Saône) et implanté à l'intérieur d'un système de villes « portes » moyennes.

Premier parc naturel régional français (créé en 1968), la charte actuelle (période 2012-2020) met en avant la préservation de la biodiversité, en intégrant les logiques de continuités écologiques et des trames vertes et bleues, la valorisation économique des ressources locales, en particulier forestières, et la relance des pôles de compétences et d'innovation au sein des filières industrielles, en particulier la filière bois.

Le territoire du parc fait partie d'un grand ensemble forestier qui s'étend de la trouée de Belfort à Mayence (Allemagne) jusqu'au NaturPark du Palatinat. L'objectif du parc est de promouvoir une gestion durable des forêts à travers une sylviculture « proche de la nature » et rentable tout en promouvant le tourisme, le territoire étant propice aux sports de nature, comme en atteste la notoriété du Ballon d'Alsace, du Hohneck, de la route des crêtes, de la Schlucht.

Ce territoire est perçu comme un continuum, abritant de nombreuses activités (sociales, économiques, culturelles) interagissant entre elles, et de nombreux enjeux de protection, dont certains très emblématiques (protection d'espèces comme le grand tétras et le lynx). Dès le début du projet, il nous est apparu évident que ce continuum ne s'arrêtait pas aux limites géographiques du PNR. Nous avons en particulier choisi d'y intégrer un territoire périphérique clé avec lequel le PNR interagit : le territoire du pays d'Epinal (Vosges). La structuration active d'un pôle d'entreprises de la filière bois est actuellement en cours sur ce territoire en lien avec la nouvelle charte forestière du territoire du pays d'Epinal. Cette

charte vise, entre autres, à développer un écosystème territorial autour de l'économie de la forêt et du bois, notamment à travers la valorisation d'essences locales, au premier rang desquelles le hêtre. Il porte sur la réalisation de trois actions principales : une couveuse d'entreprises dédiées au bois, un atelier bois géré par l'Office National des Forêts (ONF) et un parc résidentiel de loisir, les « Woodies ».

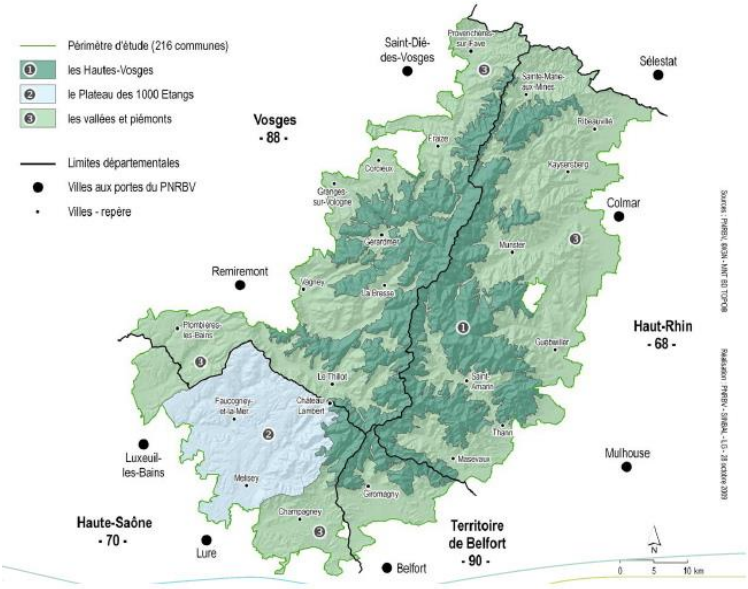

Figure 1: Carte du PNR des Ballons des Vosges (Source: PNRBV).

1.2 Intégration des disciplines et des partenaires

Cinq disciplines et trois catégories de partenaires ont été impliquées dans le projet AFFORBALL. Les cinq disciplines sont l'économie de l'environnement, les sciences forestières, les sciences de l'environnement, la géographie et l'anthropologie de l'environnement. Les trois groupes de partenaires non-académiques sont les membres du PNR des Ballons des Vosges, les gestionnaires de la filière (Office National des Forêts ONF, Centre National de la Propriété Forestière CNPF, Communes forestières) et les industriels (scierie, papeterie).

Ces cinq disciplines et trois groupes de partenaires ont contribué à plusieurs travaux, avec divers degrés d'intégration, qui se répartissent en deux catégories selon qu'ils cherchent à comprendre l'existant ou à évaluer des démarches d'adaptation *ex post*.

1.3 Des approches pour comprendre l'existant

Comprendre l'existant suppose de quantifier les impacts biophysiques des changements à l'œuvre, analyser la perception qu'en ont les individus et identifier les réponses qu'ils y apportent.

- La quantification de la ressource bois mobilisable ou Volume Potentiel Réalisable (VPR) a été réalisée grâce à la collecte et la consultation des documents d'aménagements des forêts publiques. Cette collecte a été effectuée auprès des cinq agences ONF du territoire et une cartographie du VPR a été réalisée pour la période récente (Perret, 2018). Cette première étude diagnostique a été complétée par une étude statistique estimant un modèle de récolte des bois

qui tient compte à la fois de facteurs biophysiques (surface terrière, densité, essence, pente) et du prix des bois (Fortin et al., 2019). Les auteurs ont pour cela utilisé les données de l'inventaire forestier national au niveau national pour ajuster un modèle d'occurrence de récolte au niveau des placettes forestières.

- Afin de calculer l'attractivité touristique du territoire de manière spatialement explicite un indicateur agrégé d'attractivité a été proposé (Tardieu et Tuffery, 2019). Cet indicateur est défini comme la moyenne géométrique de l'offre touristique, elle-même calculée en fonction de déterminants biophysiques, et de la demande de récréation calculée à partir d'une enquête réalisée en 2010 en Lorraine par les partenaires du projet, en y appliquant un modèle de coûts de déplacement.
- La qualité des habitats a quant à elle été spatialisée sur le territoire à partir de quatre indicateurs : l'impact relatif des menaces sur les habitats, la distance entre l'habitat et ces menaces, la qualité initiale de l'habitat et la sensibilité de l'habitat par rapport aux menaces considérées. La calibration de ces indicateurs a fait l'objet d'une revue de la littérature et d'entretiens avec les experts du PNR des Ballons des Vosges (Tardieu et Tuffery, 2019).
- La perception des risques liés au changement climatique en forêt par les gestionnaires forestiers a fait l'objet d'une étude socio-anthropologique afin d'étudier la perception des risques (Schuppe, 2019). Pour cela 25 entretiens semi directifs ont été réalisés avec les gestionnaires forestiers du territoire, essentiellement au sein de l'ONF. Cette approche permet de rendre compte d'expériences personnelles sensibles et situées de ces transformations.
- Enfin l'écologisation et la territorialisation sont régulièrement invoquées comme des stratégies d'adaptation de la filière bois. Les liens entre les deux notions sont explorés à travers un exemple, la nouvelle génération de Charte Forestière de Territoires du pays d'Epinal (Vosges) comme outil d'adaptation tournée vers un développement local et durable (Lenglet et Caurla, 2020).

1.4 Des approches pour évaluer les démarches d'adaptation

La question de l'évaluation objective des impacts économiques et environnementaux des démarches d'adaptation fait l'objet de quatre groupes de travaux dans le projet.

- Premièrement, si l'analyse de la probabilité de récolte est utile pour connaître les déterminants de la récolte et le stock disponible, intégrer cette fonction de probabilité à un modèle de croissance individuelle des arbres permet de simuler l'évolution du stock sur pied à l'échelle régionale et à moyen terme (2060) pour différents niveaux d'incitations et tester des mesures d'adaptation basée sur une modification du taux de coupe à des échelles "méso" (Fortin et al., 2019).
- Deuxièmement, afin de tester des instruments économiques alternatifs au stockage lors d'aléas climatiques (e.g. tempête) un modèle micro-économique théorique a été développé puis calibré avec des données observées lors de la tempête Klaus (2009) afin de comparer une subvention au stockage avec un autre outil de politique publique, à savoir la fixation d'un prix plancher pour empêcher les prix de tomber trop bas.
- Troisièmement, afin d'étudier les conséquences de la mise en place d'une scierie pour le bois de hêtre sur le territoire du pays d'Epinal, une approche inspirée par la démarche prospective « story and simulation » (SAS) développée par (Alcamo, 2008) est mise en œuvre. Cette démarche permet de combiner une analyse qualitative des enjeux et une démarche quantitative par la simulation pour étudier les conséquences d'un aménagement. Elle combine ainsi une phase de recueil de données par entretiens semi-directifs et une phase de simulation, via le modèle FFSM (French Forest Sector Model, (Caurla et al., 2013; Lobianco et al., 2016).

- Enfin, quatrièmement, afin de fournir un indicateur d'évaluation des politiques d'aménagement territorial, la thèse de Thomas Beaussier a conduit à la construction d'un indicateur agrégé d'éco-efficience qui synthétise les impacts économiques et environnementaux d'une politique ou d'un aménagement dans une perspective cycle de vie et territoriale (Beaussier et al., 2020). L'éco-efficience, telle que définie par le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), est le ratio entre un indicateur agrégé économique et un indicateur agrégé environnemental. Dans notre cas l'indicateur économique est le surplus économique de la filière forêt-bois calculé par le modèle FFSM et les impacts environnementaux potentiels sont les dommages directs et indirects liés à l'utilisation de bois énergie calculés via une Analyse de Cycle de Vie et regroupés en différentes catégories comprenant les impacts sur les écosystèmes, les impacts sur la santé humaine et les impacts sur les ressources.

2. Principaux résultats obtenus

2.1 Des territoires au cœur d'enjeux d'adaptation multiples

Les territoires étudiés dans le projet ont connu de profonds changements cette dernière décennie. Ces territoires **sont et restent des territoires forestiers**, comme l'attestent les volumes potentiels réalisables dans les forêts publiques du PNRBV (Perret, 2018). Mais cette forêt et la filière qui s'y rattache sont aujourd'hui au cœur d'enjeux multiples et parfois contradictoires.

Si le bois est aujourd'hui une ressource abondante en France (Colin et Simon, 2020), les projections réalisées dans (Fortin et al., 2019) montrent que, même à considérer un prix des bois stable, **le volume de bois sur pied est susceptible de diminuer** en 2060 par rapport à 2015 dans la région Grand Est. Ce résultat pose la question de la durabilité de l'exploitation des ressources forestières pour les nouvelles filières de la bioéconomie ou de l'écoconstruction sur les territoires d'étude. Ce résultat surprend d'autant plus qu'il n'intègre pas les effets directs ou indirects d'évènements climatiques extrêmes (sécheresses, canicules, invasions de pathogènes, tempêtes, etc). Or Schuppe (2019) montre que plusieurs de ces évènements climatiques affectent actuellement les territoires d'étude les cinq dernières années. Les essences résineuses (sapins, épicéas) sont particulièrement touchées soit directement par la sécheresse et la canicule soit indirectement par les attaques de scolytes favorisés par un affaiblissement général des arbres. Toutes les personnes rencontrées au cours du projet parlent, pensent et s'inquiètent des changements environnementaux et climatiques qu'elles vivent et auxquels elles doivent faire face. Les forestiers notent et vivent une accumulation exceptionnelle dans le temps et dans l'espace d'événements climatiques et environnementaux bouleversants. Les attaques sont trop rapides et nombreuses et **le temps de réaction est lui trop court pour prendre la distance et le recul nécessaires à la gestion forestière.**

Outre la production de bois, l'accueil du public est un autre objectif stratégique de ces territoires, et en particulier du PNRBV. Il a connu un essor considérable ces dernières années comme l'illustrent les travaux d'aménagement du col de la Schlucht entre 2018 et 2020[1]. Tardieu et Tuffery (2019) montrent que **les parties les plus attractives du territoire sont les Hautes-Vosges** (Figure 3) qui concentrent les sites d'intérêt paysagers et sportifs. Les autrices montrent également que **les noyaux de biodiversité sont essentiellement situés dans ces mêmes zones très touristiques** (Figure 2). Se pose, de fait, la question de la conciliation du tourisme et de la préservation de la biodiversité, question d'autant plus légitime que l'accueil du public nécessite des infrastructures (routes, chemins, stations de sport d'hiver...) qui peuvent occasionner des nuisances (pollution de l'air et de l'eau, cueillette, nuisances sonores...) auxquelles certaines espèces emblématiques « parapluie », comme le Grand Tétras, sont très sensibles.

[1] Travaux pilotés par le Conseil départemental des Vosges en partenariat avec le Département du Haut-Rhin, la Région Grand-Est, l'Etat et l'Europe.

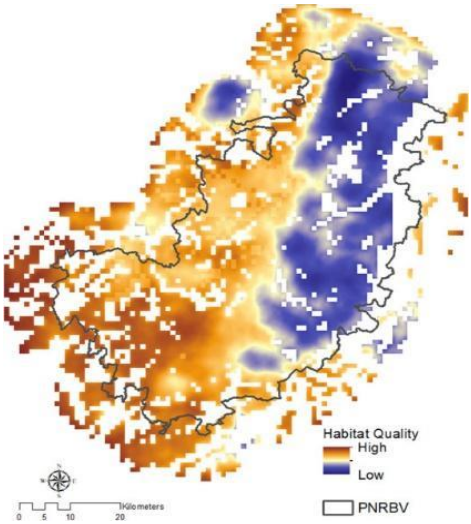

Figure 2 : Qualité des habitats sur le PNRBV (Tardieu et Tuffery, 2019).

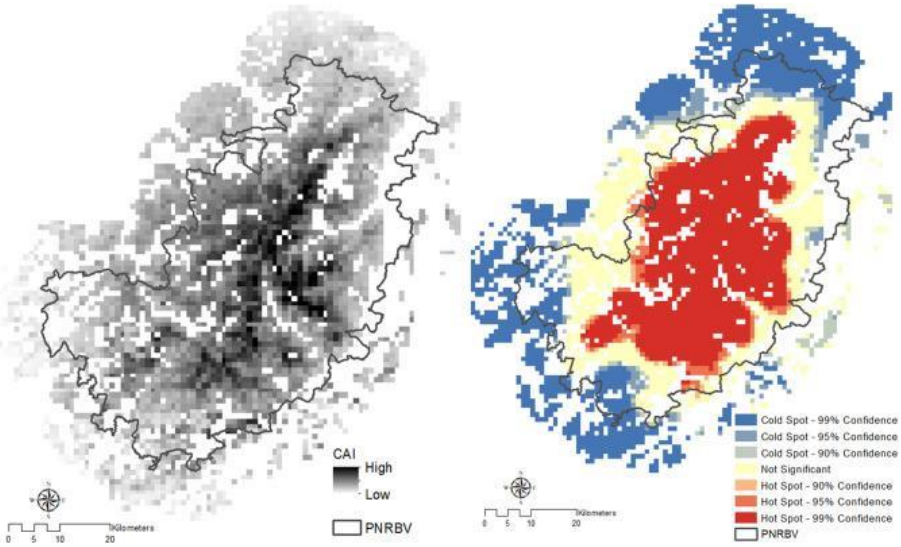

Figure 3 : Indice agrégé d'attractivité de territoire (gauche) et hotspots d'attractivités (droite) (Tardieu et Tuffery, 2019).

2.2 Des démarches d'adaptation pour répondre à ces enjeux

Si les essences résineuses sont mises à mal par les changements climatiques, les essences feuillues locales, comme le hêtre, sont moins affectées. Dans ce contexte, (Lenglet et Caurla, 2020) prennent l'exemple de l'écosystème industriel territorial autour de la forêt et du bois de hêtre dans le pays d'Epinal (Figure 4). Cet écosystème industriel montre **la volonté de dynamiser l'économie locale en réactivant des ressources et des essences forestières délaissées**. Le choix de miser sur la valorisation – très marginale en France – des bois feuillus, et notamment du hêtre, pour la construction, s'inscrit dans une **volonté de réactivation d'une ressource territoriale latente et de la mobilisation d'un réseau d'acteur autour d'un projet de développement durable et local** (Janin et al., 2015). Fort de cette première expérience, les acteurs locaux sont aujourd'hui engagés dans une réflexion sur l'installation d'une scierie hêtre qui viendrait compléter le cluster déjà en place. Afin d'analyser les conséquences de

la mise en place d'une telle scierie, Kawalec et al., (2019) développent une trame narrative autour de ce scénario à partir d'entretiens avec les acteurs locaux. Le scénario qui en découle propose **une scierie de taille semi-industrielle et innovante** produisant 30000m^3/an de sciages techniques plébiscités par les maîtres d'ouvrage locaux. Le scénario développé décrit un approvisionnement majoritairement local via une contractualisation annuelle avec l'ONF. Une gestion optimisée de ses connexes lui assure une stabilité financière, elle les valorise principalement avec les entreprises de la Green Valley vosgienne, par exemple Norske Skog qui récupère ses écorces et la sciure pour produire de l'électricité et récupère ses déchets de sciage pour les valoriser en alimentation animale via le projet Arbiom de bioraffinerie autour du hêtre.

Figure 4 : La filière forêt-bois comme outil de développement territorial sur le PETR Pays d'Épinal (Lenglet et Caurla, 2020).

Si le développement de la filière hêtre est à l'œuvre, les récentes crises à répétition ont également accéléré la recherche de mesures d'adaptation pour les massifs forestiers dominés par les essences résineuses. Aujourd'hui plusieurs pistes sont envisagées et sont reportées dans le projet. Il s'agit d'une part **d'augmenter la diversité des essences en forêt,** solution présentée par les gestionnaires comme une solution de « minimisation des risques » et **rendre la sylviculture plus « dynamique »** soit en passant de futaies régulières à des futaies irrégulières, soit en diminuant la densité du couvert forestier, ou encore en réduisant les temps de rotation. Il s'agit d'autre part de **s'adapter par le changement d'essences**, soit par **migration assistée** (projet GIONO, ONF) qui consiste à faire migrer des essences aux limites méridionales de leur niche climatique vers le nord, soit par **implantation d'îlots d'avenir** qui table sur l'implantation de nouvelles essences non locales. Enfin, il s'agit de **repenser le métier de forestier et d'intégrer les changements de temporalité** en rendant les documents de gestion forestière plus flexibles (par exemple avec des temps de retour réduits, de 5 ans au lieu de 20 ans).

2.3 Des méthodes pour évaluer les démarches d'adaptation

Kawalec et al. (2019) montrent que la mise en place d'une scierie sur le territoire a **un effet positif sur le bilan carbone de la filière bois**. Il s'agit donc d'une solution jointe d'adaptation et d'atténuation. Au niveau régional, et en cumulé, le gain est de l'ordre de 3 MtCO_2 équivalent en 2050 par rapport à 2012. L'impact sur la récréation, autre objectif stratégique des territoires, est plus ambigu. Une enquête sur la

récréation en Lorraine a permis d'identifier que les visiteurs potentiels préfèrent les arbres de grande taille et présentent une **désutilité marquée vis-à-vis des espaces ouverts résultant d'une coupe à blanc**. Or une exploitation plus intensive de la forêt pour alimenter la scierie pourrait conduire à des coupes à blanc plus fréquentes dans le paysage et une réduction de la taille des arbres. Par ailleurs, les **visiteurs préfèrent les forêts de feuillus aux forêts de résineux**. En conséquence, une modification à long terme des surfaces forestières en faveur du hêtre pourrait conduire à un effet positif sur la valeur récréative des forêts à proximité.

Outre l'éco-construction, plusieurs programmes stimulent la production et la consommation de bois local pour la production de chaleur et d'électricité. A cheval sur le PNRBV, le pays de la Déodatie est par ailleurs lauréat du programme « territoire à énergie positive pour la croissance verte » et s'est à ce titre engagé pour une utilisation de la biomasse bois locale. Le travail réalisé dans la thèse de Thomas Beaussier montre que **ces programmes augmentent généralement l'éco-efficience de la filière bois dans les territoires où ils sont mis en place** et pour toutes les catégories d'impact (santé humaine, écosystèmes, ressources). Ceci est **majoritairement le fait des impacts évités liés à la substitution des énergies fossiles par le bois comme source d'énergie** (Beaussier *et al.*, 2019 ; 2021).

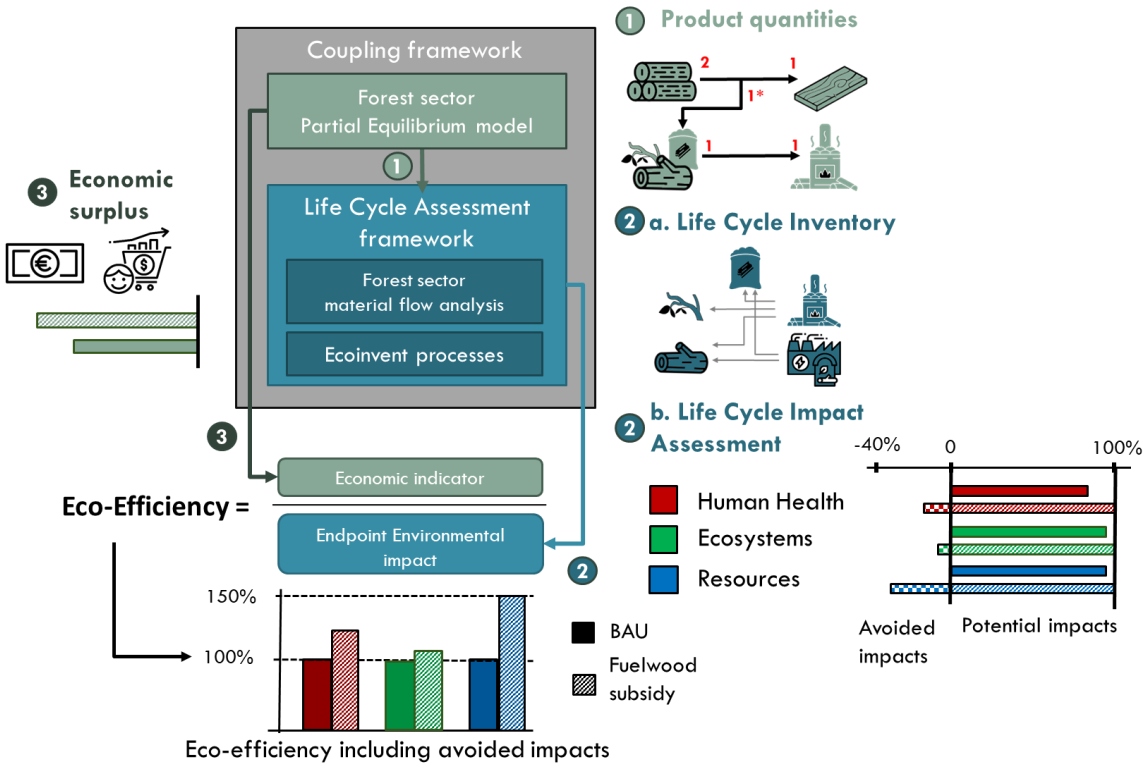

Figure 5 : Représentation schématique du couplage entre Analyse de Cycle de Vie (ACV) et modèle de secteur forestier réalisé dans la thèse de Thomas Beaussier. Le surplus économique calculé par le modèle de secteur est utilisé comme indicateur économique pour le calcul de l'éco-efficience (flèche 3), l'ACV permet de calculer trois groupes d'indicateurs d'impacts environnementaux (flèche 2). L'histogramme en bas de la figure permet de visualiser l'éco-efficience de la filière après la mise en place d'une subvention bois-énergie régionale comparativement à l'éco-efficience sans politique (Business-As-Usual, BAU). Une partie importante de la différence d'éco-efficience entre les deux scénarios s'explique par la prise en compte des effets évités liés à la substitution des énergies fossiles par le bois-énergie (Beaussier et al., 2021).

2.4 Eléments de discussion

Le projet AFFORBALL proposait d'étudier les démarches d'adaptation dans la filière forêt-bois, (1) en l'associant au territoire sur lequel elle se déploie et s'inscrit, (2) en la pensant dans toute sa verticalité

depuis les activités de l'amont et vers celles de l'aval, et (3) en déployant un programme de recherche intégrée. Au terme du projet, nous pensons avoir atteint cet objectif général, même si nos résultats présentent des limites sur lesquelles nous souhaitons revenir ici.

Tout d'abord, l'échelle territoriale, si elle au cœur des approches déployées et des outils développés n'en a pas moins été source de questionnements et de discussions. Sans revenir sur le débat autour de la définition d'un territoire, débat qu'AFFORBALL n'a pas la prétention de faire avancer, l'échelle géographique du « territoire » est une échelle complexe à aborder pour certaines disciplines, lesquelles ont pu ressentir un certain inconfort. Ainsi, les outils des sciences forestières sont généralement conçus pour des échelles en lien avec la gestion forestière : placettes forestières, massifs forestiers, sylvo-éco-régions, etc. D'autre part, les modèles intégrés EEIM (environmental-economic integrated models) développés dans le projet sont dépendants des données économiques et environnementales pour être calibrés. Ces données, en France, sont généralement disponibles aux échelles administratives des régions ou des départements. Par ailleurs, le coût et le travail que représentent la collecte de données à partir d'enquêtes ou d'entretiens a parfois nécessité de s'appuyer sur des enquêtes préexistantes déployées pour des terrains aux contours géographiques parfois différents des territoires de notre étude (Tardieu et Tuffery, 2019). Malgré ces limites, le projet a réussi à contribuer à construire une base de données territoriale à travers la collecte d'informations dans les documents de gestion et au cours des entretiens avec les acteurs du territoire mais également à travers des méthodes statistiques d'extrapolation à partir de données existantes.

L'étude de la filière bois dans sa verticalité, depuis la gestion des écosystèmes forestiers et jusqu'à la transformation des produits bois a, quant à elle, été « facilité » par les démarches d'adaptation déjà à l'œuvre sur le territoire, qu'elles résultent des bouleversements climatiques récents ou des injonctions à la reterritorialisation des activités et à l'écologisation des pratiques. Les crises récentes ont ainsi obligé les gestionnaires à remettre à plat leurs pratiques et, avec elle, à questionner le devenir de leurs produits (Schuppe, 2019). Par ailleurs, on note une volonté de l'aval de la filière de développer des productions qui mettent à profit les ressources locales, comme le hêtre, et non plus seulement en fonction des impératifs de court terme liés au marché, aujourd'hui largement tiré par les sciages résineux de faible diamètre. Toutefois, une limite de nos résultats tient en ce qu'ils décrivent des pans emblématiques de la filière forêt-bois en amont de la consommation finale des produits, sans inclure le consommateur-citoyen autrement qu'à travers sa consommation d'espaces récréatifs. Afin de pallier cette limite, notre objectif est de poursuivre le travail en incluant une évaluation multicritères multi-acteurs représentative de l'ensemble des acteurs du territoire.

Enfin, les travaux effectués au sein du projet AFFORBALL montrent que la construction d'outils réellement interdisciplinaires, et a fortiori transdisciplinaires, est complexe. Outre les simples incompréhensions liées à l'utilisation de vocables inhérents à une discipline ou à l'autre, les principales difficultés résident dans la définition commune des objets d'étude, des échelles (spatiales et temporelles) et des livrables. Ainsi par exemple, si le couplage entre modèle économique et ACV est aujourd'hui effectif pour étudier les filières énergétiques, il reste un travail considérable à effectuer pour l'étendre à d'autres produits, tels que le secteur de la construction, où les substituts du bois pour les produits à forte consommation d'énergie sont nombreux et complexes à modéliser.

3. Contribution au développement territorial

Nous pensons que les résultats d'AFFORBALL sont susceptibles d'orienter le développement territorial vers des pratiques plus durables et plus intégrées. Ainsi, le projet montre qu'il existe un **arbitrage entre le développement du secteur touristique et la préservation de la biodiversité dans les Hautes-Vosges**. Il existe en effet une corrélation négative entre ces deux enjeux sur cette zone, ce que nous traduisons par l'hypothèse qu'il existe une compétition entre ces deux orientations dans cette partie du territoire, les zones fortement attractives tendant à être plus dégradées. Les efforts de conservation

semblent donc insuffisants dans cette zone. Cette corrélation négative n'est en revanche pas observée sur le Plateau des 1000 étangs qui bénéficie d'une qualité d'habitat élevée, laquelle présente une corrélation positive avec l'indice d'attractivité. Autrement dit, sur le plateau des 1000 étangs, les espaces fortement attractifs tendent également à être les plus qualitatifs en termes d'habitat naturel. Dans cette zone, l'objectif affiché de la charte est de préserver la qualité de l'habitat et de limiter le déclin des activités agricoles et industrielles. L'objectif semble donc pertinent ici, même s'il pourrait probablement être **plus ambitieux en développant une politique de loisirs** autour des produits agricoles et en mettant en place un meilleur plan de communication autour de la richesse des habitats naturels de la zone.

Par ailleurs, en croisant ces résultats avec ceux portant sur la probabilité de coupes de bois, il apparaît que l'option synergique la moins coûteuse pour la préservation de la biodiversité est de **protéger les forêts en pente de la façade ouest du PNR**, où l'indicateur de qualité des habitats est le plus élevé et où la pente réduit considérablement la possibilité d'exploiter les forêts pour le bois. En effet, (Fortin et al., 2019) ont montré que, pour une parcelle située dans la PNRBV avec le hêtre comme espèce cible, la probabilité de récolte sur 5 ans passe de 35% à 12.5% lorsque la pente passe de 0% à 60%. Pour une parcelle avec le sapin comme espèce cible, cette probabilité passe de 36.6% à 16.6% pour la même fourchette de pentes. Ce résultat n'est pas surprenant : plus la pente est élevée, plus les opérations forestières sont difficiles. Or, aujourd'hui, **les espaces forestiers protégés et les réserves naturelles sont implantés majoritairement sur les versants Est des Hautes-Vosges et sur le plateau des mille étangs**. Les résultats d'AFFORBALL plaident ainsi pour **une extension occidentale de ces zones de protection.**

Si ces résultats sont des contributions précieuses pour penser le développement de l'amont de la filière forêt-bois, les études menées dans le projet fournissent également des outils et des analyses utiles pour explorer les enjeux en aval. En particulier, « la montée en puissance des processus couplés d'écologisation et de territorialisation […] et leur intégration dans les modèles conventionnels et alternatifs de développement ouvre de nouvelles perspectives opérationnelles mais aussi de nouveaux champs de recherche » (Lenglet et Caurla, 2020). La reconquête du matériau bois à la fois dans les discours politiques et dans les campagnes de promotion nationales permet aux acteurs industriels et territoriaux de légitimer de nombreuses actions locales de développement économique sur une base argumentaire écologique. Levier d'action commode sans aucun doute, cette rhétorique ne doit néanmoins pas occulter **les questions de fond et l'objectivation nécessaire à l'évaluation de ces processus et de leurs conséquences**. C'est pour contribuer à cet objectif que nous avons développé les outils de simulation intégrés dans le projet.

Ainsi, la question de la scénarisation est centrale lorsqu'il s'agit de penser les futurs à l'échelle d'un territoire. Les scénarios sont particulièrement importants afin de projeter les conséquences d'un choix, qu'il soit de nature économique, environnemental, politique ou social. Dans le projet, nous combinons des outils qualitatifs et quantitatifs issus de la recherche appliquée pour l'évaluation prospective de la fourniture des services écosystémiques (SE) forestiers sur une partie du territoire du PNR consécutivement à un choix d'aménagement économique (scierie hêtre) (Kawalec et al., 2019) ou pour le calcul d'un indicateur agrégé d'éco-efficience consécutivement à la mise en place d'une politique de stimulation de la consommation de bois-énergie (Beaussier et al., 2021, 2019). Les résultats de ces travaux peuvent être utiles à plusieurs niveaux pour les acteurs locaux. Premièrement car ils permettent, à travers une approche participative et ascendante, de **collecter et synthétiser les différentes visions du futur des acteurs locaux dans une trame narrative partagée**. Cette trame constitue un outil support de diffusion et de débat. Deuxièmement car ils fournissent, à travers l'utilisation d'outils de simulation, des **indicateurs quantitatifs** qu'il serait impossible de déterminer « sur un coin de table » sans outils numériques adéquats. Ces indicateurs (*e.g.* éco-efficience, émissions de particules, bilan carbone de la filière, évolutions des prix dans le temps, quantité de bois récoltée et spatialisation de la récolte, …) sont autant **d'éléments utiles à la décision**.

Une propriété essentielle des systèmes de modélisation combinées dans l'étude prospective sur la scierie hêtre ou dans la thèse de Thomas Beaussier est de combiner une représentation intelligible d'un système complexe avec un mode calculatoire rapide. Ces avantages ne doivent pas occulter le fait que **le pouvoir des résultats obtenus n'est pas tant dans leur valeur chiffrée que dans leur capacité à révéler les caractéristiques du fonctionnement des systèmes modélisés**. En outre, si l'utilisation du résultat du modèle dans un contexte de négociation apporte *a priori* rationalité et objectivité au débat, cela exige néanmoins des modélisateurs une éthique de modélisation et une transparence dans la présentation de leurs outils. Si tel n'est pas le cas, la macro-modélisation peut devenir « un processus de rabotage de la pensée qui, à ce niveau de globalité, débouche sur une sorte d'hypnose objectiviste aux dépens de la pensée critique » (Roqueplo, 1997).

Dans AFFORBALL, nos résultats ont été et continueront à être présentés à des fins de rationalisation et de structuration des discussions, afin de ne pas œuvrer aux *dépens de la pensée critique* mais plutôt d'aiguiser cette dernière. Pour cela, la présentation des hypothèses est une étape centrale lors de la communication des résultats. A ce niveau un avantage considérable de la co-construction des scénarios avec les acteurs comme pratiquée dans l'étude prospective repose dans **les discussions autour de ces hypothèses en amont des simulations.**

Conclusion

Gemenne et al. (2010) notent que, face à des dérèglements qui sont à la fois ponctuels —avec des événements extrêmes peu prévisibles dont certains ne résultent que des effets de la variabilité climatique— et tendanciels, « mettre en œuvre » l'adaptation reste un univers de flou où la communauté scientifique internationale manque encore de recul et de maturité. L'adaptation doit-elle être un mécanisme de continuité ou passer par des ruptures et certains abandons ? Les territoires forestiers des Vosges du Sud, comme de nombreux territoires en Europe de l'Ouest, ont jusqu'ici misé sur la continuité. Choix logique pour un secteur où le court terme est de quelques années, le moyen terme de 50 ans et le long terme de 100 ans ou plus. Ce rapport au temps a toujours nécessité des acteurs de cette filière d'accepter une part d'incertitude induite : les décisions prises aujourd'hui peuvent ne porter leurs fruits que dans plusieurs dizaines d'années. Aujourd'hui pourtant ce rapport au temps est rattrapé par des évènements climatiques dont personne n'avait anticipé l'intensité et la brutalité. La rupture, faute d'avoir été anticipée et voulue, s'impose d'elle-même à travers des dépérissements forestiers majeurs. Les acteurs de la filière cherchent à s'organiser en activant ou réactivant des ressources locales mal ou sous-exploitées, et moins sensibles aux modifications du climat. En s'appuyant sur plusieurs travaux de recherche intégrée, les résultats du projet nous conduisent à faire le pari que, loin de sonner le glas de la filière forestière sur le territoire, les ruptures actuellement subies peuvent au contraire marquer le commencement d'une nouvelle ère. Pour cela, le projet propose plusieurs pistes pour aider à la décision depuis la réorganisation des aires d'accueil du public et de protection de la biodiversité, à l'évaluation des impacts directs et indirects économiques et environnementaux de l'utilisation de bois-énergie ou de développements industriels en passant par de nouveaux dispositifs de mesures, de compréhension et de suivi des phénomènes.

Remerciements

Les études présentées dans cet article ont reçu le soutien financier accordé par le 4e programme PSDR (INRAE et Région Lorraine) dans le cadre du projet « AFFORBALL. La thèse de Thomas Beaussier a été financée par le programme PSDR4 et par INRAE. Ce travail a également été soutenu l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du programme "Investissements d'Avenir" (ANR-11-LABX-0002-01, Laboratoire d'Excellence ARBRE).

L'ensemble des publications relatives aux 33 projets du programme PSDR4 est consultable : https://www.psdr.fr/

Références bibliographiques

Beaussier T., Caurla S., Bellon-Maurel V., Delacote P., Loiseau E., 2021. Deepening the territorial Life Cycle Assessment approach with partial equilibrium modelling: first insights from an application to a wood energy incentive in a French region. Resources, Conservation & Recycling. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106024

Beaussier T., Caurla S., Bellon-Maurel V., Loiseau E., 2019. Coupling economic models and environmental assessment methods to support regional policies: A critical review. Journal of Cleaner Production 216, 408–421. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.020

Caurla S., Delacote P., Lecocq F., Barkaoui A., 2013. Stimulating fuelwood consumption through public policies: An assessment of economic and resource impacts based on the French Forest Sector Model. Energy Policy 63, 338–347. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.111

Colin A., Simon M., 2020. Analyse comparée des études de disponibilités régionales en biomasse forestière.

Colwell R.K., Brehm G., Cardelus C.L., Gilman A.C., Longino J.T., 2008. Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. Science 322, 258–261. https://doi.org/10.1126/science.1162547

Da Cunha C., Vanderlinden J.-P., 2014. Adaptation aux changements globaux: Quel apport de la transdisciplinarité? Revue Française de Socio-Économie 13, 277. https://doi.org/10.3917/rfse.013.0277

Engler R., Randin C.F., Thuiller W., Dullinger S., Zimmermann N.E., Araújo M.B., Pearman P.B., Le Lay G., Piedallu C., Albert C.H., Choler P., Coldea G., De Lamo X., Dirnböck T., Gégout J.-C., Gómez-García D., Grytnes J.-A., Heegaard E., Høistad F., Nogués-Bravo D., Normand S., Puşcaş M., Sebastià M.-T., Stanisci A., Theurillat J.-P., Trivedi M.R., Vittoz P., Guisan A., 2011. 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe: CLIMATE CHANGE IMPACTS ON MOUNTAIN FLORAE. Global Change Biology 17, 2330–2341. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02393.x

Fort M., 2015. Impact du changement climatique sur les dynamiques des milieux montagnards: Une introduction. rga. https://doi.org/10.4000/rga.2875

Fortin M., Pichancourt J.-B., de Melo L.C., Colin A., Caurla S., 2019. The effect of stumpage prices on large-area forest growth forecasts based on socio-ecological models. Forestry: An International Journal of Forest Research 92, 339–356. https://doi.org/10.1093/forestry/cpz016

Gemenne F., Magnan A., Tubiana L., 2010. Anticiper pour s'adapter: le nouvel enjeu du changement climatique. Pearson, Paris.

Gottfried M., Pauli H., Futschik A., Akhalkatsi M., Barančok P., Benito Alonso J.L., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández Calzado M.R., Kazakis G., Krajči J., Larsson P., Mallaun M., Michelsen O., Moiseev D., Moiseev P., Molau U., Merzouki A., Nagy L., Nakhutsrishvili G., Pedersen B., Pelino G., Puscas M., Rossi G., Stanisci A., Theurillat J.-P., Tomaselli M., Villar L., Vittoz P., Vogiatzakis I., Grabherr G., 2012. Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. Nature Clim Change 2, 111–115. https://doi.org/10.1038/nclimate1329

Hallegatte S., 2009. Strategies to adapt to an uncertain climate change. Global Environmental Change 19, 240–247. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.12.003

Hammer M., Söderqvist T., 2001. Enhancing transdisciplinary dialogue in curricula development. Ecological Economics 38, 1–5. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00168-9

Janin C., Peyrache-Gadeau V., Landel P.-A., Perron L., Lapostolle D., 2015. L'approche par les ressources : pour une vision renouvelée des rapports entre économie et territoire, in: Partenariats pour le développement territorial, Update Sciences & Technologies. Editions Quæ, Versailles, pp. 149–164. https://doi.org/10.3917/quae.torre.2015.01.0149

Kawalec L., Abildtrup J., Lobianco A., Petucco C., Tardieu L., Caurla S., 2019. Combiner approches qualitatives et quantitatives pour la scénarisation prospective.

Lagadeuc Y., Chenorkian R., 2009. Les systèmes socio-écologiques : vers une approche spatiale et temporelle. Natures Sciences Sociétés 17, 194–196.

Lenglet J., Caurla S., 2020. Territorialisation et écologisation dans la filière forêt-bois française : une rencontre fortuite ? developpementdurable. https://doi.org/10.4000/developpementdurable.16645

Lobianco A., Caurla S., Delacote P., Barkaoui A., 2016. Carbon mitigation potential of the French forest sector under threat of combined physical and market impacts due to climate change. JFE 23, 4–26. https://doi.org/10.1016/j.jfe.2015.12.003

Perret T., 2018. Diagnostic de la gestion durable des forêts publiques du PNRBV et recueil de données pour AFFORBALL.

Petts J., Owens S., Bulkeley H., 2008. Crossing boundaries: Interdisciplinarity in the context of urban environments. Geoforum 39, 593–601. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2006.02.008

Roqueplo P., 1997. Entre savoir et décision, l'expertise scientifique, Sciences en questions. Editions Quæ, Versailles.

Sauer J., Domisch S., Nowak C., Haase P., 2011. Low mountain ranges: summit traps for montane freshwater species under climate change. Biodivers Conserv 20, 3133–3146. https://doi.org/10.1007/s10531-011-0140-y

Schuppe P., 2019. Perception du changement climatique chez les gestionnaires forestiers du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges.

Stock P., Burton R.J.F., 2011. Defining Terms for Integrated (Multi-Inter-Trans-Disciplinary) Sustainability Research. Sustainability 3, 1090–1113. https://doi.org/10.3390/su3081090

Tardieu L., Tuffery L., 2019. From supply to demand factors: What are the determinants of attractiveness for outdoor recreation? Ecological Economics 161, 163–175. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.03.022

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son DOI)