

**CHANGEMENT CLIMATIQUE ET HERBIVORIE :  
INFLUENCE SUR LA RÉGÉNÉRATION ET LE POTENTIEL D'AVENIR  
DES FORÊTS MÉLANGÉES**

Thèse de Marianne **BERNARD**<sup>1</sup>

Analysée par Mériem **FOURNIER**<sup>2</sup>

Directrice de thèse : Sonia SAÏD, Dr, HDR, Ingénieure experte ONCFS

Co-encadrant : Vincent BOULANGER, Dr, Chargé de R&D ONF

Co-encadrant : Xavier MORIN, Dr, Chargé de Recherche 1 au CEFE - CNRS UMR 5175

La thèse de Marianne Bernard, soutenue à Montpellier le 19 octobre 2018 dans l'Ecole Doctorale GAIA, s'attaque à trois enjeux majeurs et actuels du renouvellement des forêts européennes :

- L'équilibre entre les peuplements arborés et les populations de grands herbivores,
- La régénération naturelle des forêts sous l'impact du changement climatique,
- Le fonctionnement des forêts mélangées et la stabilité des mélanges, appliquée au mélange emblématique « hêtre sapin épicéa ».

Le travail a été réalisé dans le contexte de la formation doctorale d'une jeune ingénieure fonctionnaire des Ponts, des Eaux et des Forêts, avec un projet initialement sélectionné par les instances *ad hoc* des Ministères, pour la qualité de la candidate, la qualité scientifique du projet, et sa pertinence par rapport aux enjeux des politiques publiques. Il concrétise un partenariat remarquable entre, d'une part les services de R&D de deux organismes publics impliqués dans les questionnements de la thèse, l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage et l'Office National des Forêts, qui portent des points de vue à concilier sur la gestion forestière, et d'autre part le grand organisme de recherche qu'est le CNRS qui a accueilli la doctorante au Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier, l'un des plus importants laboratoires de recherche en écologie en France. La thèse s'insère, par ailleurs, dans d'autres partenariats stratégiques notamment avec l'IRSTEA à Grenoble pour l'utilisation et l'adaptation du modèle Samsara2 de dynamique des forêts mélangées.

---

<sup>1</sup> Thèse de doctorat pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Montpellier, en Ecologie fonctionnelle, Ecole doctorale GAIA, Unité de recherche CEFE – CNRS Montpellier, soutenue le 19 octobre 2018

<sup>2</sup> Mériem Fournier, présidente du centre INRA Grand Est Nancy, membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, section 2 « Forêts et filière bois »

La thèse se présente sous la forme d'une série de cinq articles scientifiques (un est déjà publié dans la revue « Forest Ecology and Management », les quatre autres sont des projets), qui abordent successivement les questions suivantes :

- Quels sont les effets du mélange et des conditions climatiques sur la régénération du sapin et du hêtre ?
- Comment caractériser l'effet de l'abroustissement sur la régénération du sapin et de l'épicéa en mélange ?
- Comment la double pression du changement climatique et de l'abroustissement modifie la croissance des arbres en termes d'allocation des ressources et de traits fonctionnels (résistance mécanique, surface foliaire, teneurs en carbone, azote, phosphore, phénols) ?
- Quel est l'effet du climat sur l'abroustissement et quel est le facteur (climat ou abroustissement) qui influence le plus la croissance des semis ?
- Quelle sera la situation d'un peuplement mélangé de hêtre, de sapin et d'épicéa dans 100 ans selon différents scénarios climatiques ou d'abroustissement ?

S'attaquant à un sujet complexe, aux nombreuses composantes – grands ongulés, climat, régénération forestière – entretenant des interactions multiples, la thèse représente une somme de travail considérable, mettant en œuvre différentes approches complémentaires de l'écologie :

- Observations de placettes en peuplements purs et mélangés le long de gradient d'altitude ou de latitude permettant d'explorer de larges plages climatiques en interaction avec l'effet du mélange,
- Expérimentations de long terme de type enclos-exclos permettant de tester l'effet de l'abroustissement,
- Mesures en laboratoire d'une vaste gamme de traits fonctionnels des arbres,
- Modélisation et simulation des dynamiques des peuplements forestiers en utilisant le modèle Samsara2.

L'analyse s'appuie donc sur une masse de données impressionnantes acquises pendant la thèse ou valorisant des travaux antérieurs. La discussion et les critiques sur un travail d'une telle ambition ont été nombreuses de la part des spécialistes des différents domaines - écologie des populations, écophysiologie végétale ...-, notamment en raison de la difficulté à contrôler la pression d'abroustissement dans les expérimentations, de mesurer précisément et systématiquement l'ensemble des facteurs bioclimatiques et écophysiologiques dans tous les dispositifs utilisés ou de bien maîtriser le comportement de modèles complexes dans une stratégie de calibration et de simulation. De fait, les interdépendances des pressions au sein du système climat-ongulés-régénération forestière, rendent difficile la conception des dispositifs d'étude, surtout sur des écosystèmes forestiers à cycle très long.

Au-delà des difficultés pour aboutir à des certitudes, et des imperfections attendues dans un travail d'une telle ampleur, il faut saluer les nombreux résultats acquis.

Deux résultats préliminaires sont, d'une part que, même lorsqu'il implique une diminution de la quantité de lumière qui parvient au sol, le mélange ne défavorise pas forcément la régénération (observation sur des triplets de placettes en peuplements purs et mélangés, répétés le long d'un double gradient latitudinal et altitudinal alpin), d'autre part que les ongulés, par leur abroustissement sélectif de la régénération, sont en mesure d'initier une quasi-substitution d'espèces (analyse des dispositifs d'enclos exclos) ; cependant la sylviculture du mélange sapin épicéa pourrait compenser ces effets du gibier.

Abordant alors les effets du climat, la thèse montre que le climat contrôle en partie l'intensité de l'abroustissement, probablement *via* son effet sur la disponibilité en ressource alimentaire. Les essences forestières et leur régénération sont plus menacées suite à des hivers rigoureux que suite à des hivers doux. Le réchauffement pourrait permettre la persistance d'herbacées et d'autres ressources alimentaires, qui réduiraient la pression des ongulés sur la régénération. Cette hypothèse est certainement à nuancer car les effets des deux pressions (climat et abroustissement) sur la régénération interagissent, rendant d'autant plus imprévisible son devenir. Il est important de prendre en compte ces deux facteurs fluctuants dans les protocoles de recherche et de gestion. La thèse n'a pas pu malheureusement étudier les effets du changement climatique sur les ongulés, mais elle les discute *via* la littérature existante, en suggérant des différences importantes de comportement entre chevreuil et cerf.

Les mesures de traits foliaires (en comparant enclos-exclos le long du gradient alpin) montrent qu'abroustissement et variations du climat attendues dans le cadre du changement climatique impliquent dans certains cas des adaptations convergentes et intéressantes. Par exemple, pour le sapin, une augmentation de la température comme de la pression d'abroustissement occasionne une plus forte résistance mécanique des tissus. Associées à une disponibilité alimentaire potentiellement plus importante en sortie d'hiver – sous réserve de précipitations suffisantes, cela serait plutôt de bon augure pour le devenir du sapin en présence de cervidés, soumis au changement climatique.

L'approche de modélisation est certainement la partie la moins aboutie et la plus discutable de la thèse. Elle suggère néanmoins que la pression d'abroustissement pourrait moduler la réponse des essences au changement climatique à long terme, en abaissant les seuils de tolérance à la sécheresse.

Les deux pressions étudiées – changement climatique et pression d'abroustissement – se réfèrent à des échelles spatiale et temporelle complètement différentes avec un grand nombre de combinaisons possibles et de situations auxquelles le gestionnaire peut être confronté. L'atténuation du changement climatique requiert une action mondiale concertée de long-terme, tandis que l'augmentation des populations d'ongulés, lorsqu'elle est un problème, peut être abordée par des actions locales, aux effets visibles plus rapidement. La thèse se conclut par la formalisation d'une gestion adaptative pour gérer le renouvellement des forêts dans ce contexte complexe. La définition d'objectifs communs à toutes les parties prenantes est une question difficile, qui ne peut se résoudre par l'idéalisation d'un état de référence passé. Deux questions clés : comment définir des métriques de mesure de l'intensité du déséquilibre forêt ongulés (car la densité des populations souvent utilisée n'est hélas pas fiable) ? comment formaliser, dans chaque contexte particulier, la sylviculture des mélanges et les décisions de substitutions d'espèces ou de provenances, dans les contextes très incertains du changement climatique global et de pressions d'abroustissement localement très variables ?

Pour la première fois en France, un doctorat ambitieux, à visée très systémique et appliquée (en termes de gestion des forêts et des populations animales), mais s'insérant dans des courants majeurs de l'écologie (réseaux d'interactions, stratégies des espèces, stress et perturbations, dynamique des communautés ...), est conduit sur ce « point chaud » de la dynamique des forêts hétérogènes soumises à la double pression du changement climatique et de l'herbivorie, en interactions. Nul doute que cette thèse qui ouvre de nombreuses perspectives fera date dans les travaux des partenaires impliqués dans cette question.

Je donne un avis très favorable pour qu'elle soit considérée par l'Académie d'agriculture de France et publiée sur le site.