

CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

Dans un contexte de changement climatique, aussi caractérisé par des changements de systèmes de productions, répondre aux interrogations des gestionnaires grâce à des études quantifiées sur l'adaptation des itinéraires techniques pour atténuer les impacts des changements environnementaux est nécessaire. Le projet ADAREEX vise à apporter des stratégies de gestion à portée plus globale, en développant des résultats issus de réseaux sylvicoles établis spécifiquement pour analyser les interactions entre gestion, climat et croissance.

L'analyse a porté exclusivement sur le chêne sessile (*Quercus petraea Mill.*), seconde essence feuillue en France Métropolitaine. Elle s'appuie sur les réseaux du GIS Coop Chêne sessile et Douglas¹ et sur le réseau « ancien » Chêne sessile de l'INRA-LERFOB².

Cette analyse a été menée par une approche dendroécologique qui présente l'avantage d'avoir une haute résolution temporelle.

CONTENU DU PROJET



Ce projet se scinde en trois parties :

- Livrer une synthèse publiée dans la Revue Forestière Française³, des travaux de thèse de M. Trouvé.
- Fournir une base bibliographique relative aux interactions entre pratiques sylvicoles et réponse au climat des principales essences forestières européennes.
- Étudier l'effet de la compétition (densité et statut social) et des conditions hydriques sur la croissance des individus et sur la réponse au climat (moyen et extrême) à l'échelle de l'arbre et de l'année pour les chênaies sessiliflores (présentes en climat océanique à semi-continentale).

CONTRIBUTION DU PROJET AUX THÉMATIQUES D'AFORCE



PARTENAIRES DU PROJET

RÉSEAUX D'EXPÉRIMENTATION SYLVICOLE

Définition de la RDI

La densité relative de Reineke⁴ (RDI, « Relative Density Index ») est l'indice utilisé pour piloter l'intensité des éclaircies et contrôler les itinéraires sylvicoles. Une sylviculture classique correspond à des valeurs de 0,6 - 0,7 et une sylviculture dynamique à des valeurs inférieures à 0,5. Dans cette étude, l'allométrie utilisée pour le calcul du RDI suit $RDI = N \times dg^{1,566} / 125242$.

Le réseau LERFOB

Pour cette étude, trois sites totalisant 6 placettes (4 de 1 ha. et 2 de 0,47 ha.) ont été échantillonnés tous les 4 à 10 ans (22 inventaires sur la période 1960-1983).

Le gradient d'âge s'étalait de 71 à 92 ans en 1960 et de 94 à 115 ans en 1983.

Trois placettes correspondent à des densités moyennes (RDI de 0,52 à 0,66) et trois autres à des densités fortes (RDI de 0,82 à 1,01).

Les trois sites ont été échantillonnés le long d'un gradient de continentalité.

Le gradient climatique correspond à une pluviosité annuelle de 660 à 808 mm (période 1990-2010) et une température moyenne annuelle de 9,5 à 10,4 °C.

Le pH varie de 5 à 5,6, le C/N de 13 à 18 et la réserve utile maximale en eau du sol de 100 à 120 mm.

Le réseau GIS Coop

Pour cette étude, six sites totalisant 25 placettes de 0,36 ha ont été échantillonnés tous les 4 ans (74 inventaires sur la période 1995-2014).

Les chênes sessiles sont plus jeunes (10 à 42 ans) mais la gamme des RDI testées est beaucoup plus large (RDI de 0,04 à 1,2). Au total, six scénarios d'évolution de la RDI selon l'âge ont été testés. Les scénarios à RDI variables et constants sont peu différenciés en raison du jeune âge des peuplements.

Le gradient climatique correspond à une pluviosité annuelle de 690 à 850 mm (période 1990-2010) et une température moyenne annuelle de 10,2 à 11,5 °C.

Le pH varie de 4,4 à 5,5, le C/N de 13 à 21 et la réserve utile maximale en eau du sol de 66 à 130 mm.

N.B. : La répartition des monocultures de l'espèce est représentée par les placettes IFN ayant au moins 80 % de leur surface terrière occupée par le chêne sessile (Fig. 1 et Fig. 2).

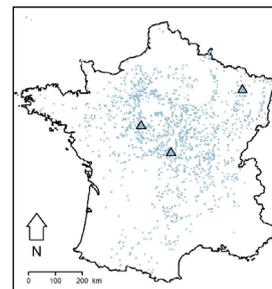


Figure 1 : Répartition des dispositifs expérimentaux sélectionnés (larges symboles) par rapport à l'aire de répartition de l'espèce en monocultures en France (petits points) pour le réseau LERFOB.

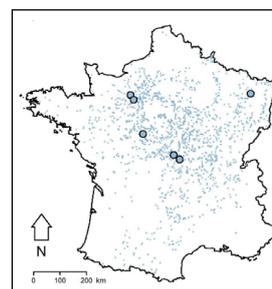


Figure 2 : Répartition des dispositifs expérimentaux sélectionnés (larges symboles) par rapport à l'aire de répartition de l'espèce en monocultures en France (petits points) pour le réseau GIS COOP.

DONNÉES CLIMATIQUES ET DENDROÉCOLOGIQUES

Les données climatiques

Les données climatiques mensuelles de température et de précipitation ont été obtenues par année pour chacun des 9 sites à partir du modèle Météo-France SAFRAN (résolution spatiale de 8 x 8 km).

Les données mensuelles de températures et précipitations ainsi que la réserve utile maximale en eau des sols ont été intégrées dans le modèle de bilan hydrique.

Les différentes variables climatiques mensuelles ont été agrégées par saison puis moyennées sur la période entre 2 inventaires dendrométriques. Les périodes de calculs s'échelonnent entre 1960 et 2014.

Les données dendroécologiques

Les données dendroécologiques (objectifs 2 et 3) sont des données de croissance (493 séries de cernes) provenant de 19 parcelles réparties dans huit peuplements réguliers purs des deux réseaux expérimentaux.

RÉSULTATS

Adapter les itinéraires sylvicoles pour atténuer les effets du changement climatique.

Le réseau GIS Coop a été utilisé pour répondre aux 2 premières questions et le réseau LERFORB pour la dernière.

Les arbres considérés comme d'avenir au sein d'un peuplement contribuent-ils de façon prépondérante à la productivité du peuplement et sont-ils plus affectés par le climat que les autres catégories ?

En conditions difficiles (forte densité et sécheresse), la croissance est réduite. Les arbres les plus gros participent plus à l'accroissement du peuplement, et la taille minimale pour profiter des ressources est plus élevée.

Le statut social joue un rôle important sur l'impact du stress hydrique. La croissance des arbres dominants est peu affectée (< 15 % de variation de croissance) mais celle des dominés est très affectée par le stress hydrique. La croissance des arbres dominés varie en fonction du stress hydrique.

Elle augmente (+80 %) en situation de faible stress hydrique et diminue (-60 %) en cas de fort stress hydrique.

Différents itinéraires sylvicoles font-ils des arbres de formes différentes ?

En peuplement clair, la croissance en hauteur est proportionnelle à celle en diamètre, mais la sécheresse réduit davantage la croissance en hauteur.

En peuplement dense, les arbres allouent davantage leurs ressources à la croissance en hauteur et en particulier les arbres dominés (« course » vers la lumière). La sécheresse réduit cette allocation.

N.B. : Pour chaque cas, la relation $\Delta h - \Delta c$ a été simulée pour la valeur moyenne et les extrêmes (5 % et 95 %) ; les autres facteurs du modèle étant fixés à leur valeur moyenne (Fig. 3).

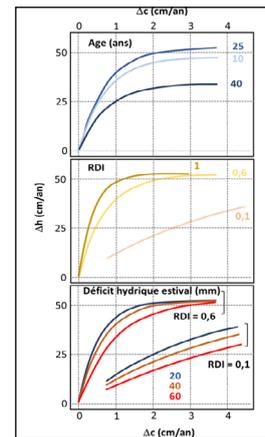
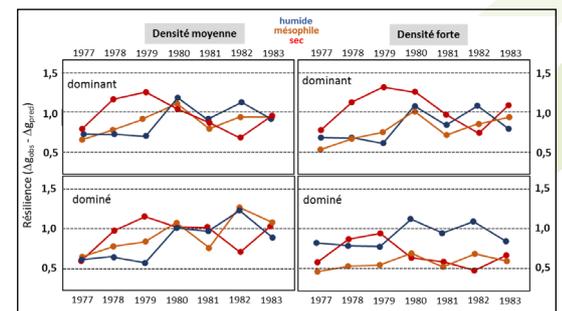


Figure 3 : Représentation schématique des effets des différentes variables sur la relation entre les accroissements en hauteur et en circonférence (en cm/an).

Les arbres d'avenir sont-ils moins affectés et récupèrent-ils plus vite après un événement extrême ?

La récupération de la croissance des arbres débute deux ans après la sécheresse et tous les arbres ont récupéré après quatre ans ; à l'exception des arbres dominés en peuplements denses dans des conditions sèches ou mésophiles (Fig. 4).

Figure 4 : Effet de la densité moyenne (RDI=0,52 à 0,66) et forte (RDI=0,82 à 1,01) et du statut social (deux classes) selon la xéricité du site sur la résilience des chênes sessiles après la sécheresse de 1976.



Effet de la gestion forestière sur la réponse du chêne sessile au changement climatique

Les conditions hydriques printanières (mai et juin), une absence de sécheresse en fin d'été et la présence de températures hivernales douces semblent influencer positivement la croissance annuelle. Le statut social ne semble pas avoir d'effet sur la croissance dans cette étude. **Attention, ce résultat peut être dû à la jeunesse du peuplement étudié qui masque en partie l'effet du statut social.**

Le contrôle de la densité est un moyen de réduire l'impact d'un stress en augmentant les possibilités de récupération.

Dans les sites aux conditions moins favorables, il est nécessaire de réduire fortement la densité (< 0,5) pour améliorer fortement la résistance et la récupération après le stress. **Attention aux conséquences sur la qualité et la valeur économique du bois.**

Conditions du site	Réduction de densité
Favorables	Peu efficace
Peu favorables	Efficace

LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

La croissance, la sensibilité au climat et l'homogénéité de la réponse des chênes aux conditions hydriques sont d'autant plus faibles que le climat est sec et la compétition forte.

Dans les peuplements clairs, les croissances en diamètre et en hauteur sont proportionnelles, mais la sécheresse réduit davantage la croissance en hauteur que la croissance en diamètre ce qui se traduit par des arbres trapus. À l'inverse, dans les peuplements denses, la croissance en hauteur est privilégiée (arbres élancés) mais la sécheresse réduit cette allocation préférentielle.

La densité ne modifie pas la réponse au climat moyen.

La récupération après une sécheresse extrême est d'autant plus forte et rapide que le site est sec et que les densités sont faibles (récupération totale sur 3-4 ans).

PUBLIC CIBLE ET FINALITÉ DU PROJET

Difficulté d'appropriation : FAIBLE MOYENNE FORTE Absence de cette finalité pour ce public :

FINALITÉ PUBLIC CIBLE	Gestion	Recherche et développement	Pédagogie
	Outils et recommandations	Outils et création de contenu	Acquisition des connaissances
Propriétaires forestiers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Personnel forestier technique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Acteurs de la recherche et du développement	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Étudiants de l'enseignement supérieur	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Étudiants de l'enseignement technique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Cet outil sert à former et à faire avancer les réflexions des acteurs de la recherche et du développement (actuels et futurs) sur les questions traitant des interactions entre gestion, climat et croissance.

CASTING

Le coordinateur du projet est M. Lebourgeois François (Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, UMR SILVA).

Ce projet a été mené avec la participation de Mme Ingrid Seynave (INRAE, UMR SILVA), M. Raphaël Trouvé (School of Ecosystem and Forest Sciences, University of Melbourne) et Mme Anne-Laure Schmitt (Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, UMR SILVA).

POUR OBTENIR PLUS D'INFORMATIONS

Plus d'informations sont disponibles sur la [page projet ADAREEX](#) du RMT AFORCE.

Un article concernant l'effet de la compétition et des conditions hydriques sur la croissance et la réponse au climat est disponible en archives ouvertes [ici](#).

¹ Bédéneau, M., Sindoux, C., Ruchaud, F., Bailly, A., Crémière, L., 2001. Un partenariat scientifique original : la coopérative de données sur la croissance des arbres et peuplements forestiers. Revue Forestière Française 53, 171-177.

² Oudin, A., 1930. Vues d'ensemble sur l'organisation en France des recherches de sylviculture et d'économie forestière. Les méthodes. Annales de l'école nationale des eaux et forêts et de la station de recherches et expériences 3, 227-266.

³ Lebourgeois F., Trouvé R., Bontemps J-D., Collet C., Daviller S., Spicher F., Ningre F., Rittie D., Seynave I., 2017. Adapter les itinéraires sylvicoles pour atténuer les effets du changement climatique. Résultats pour la chênaie sessiliflore française à partir des réseaux d'expérimentations sylvicoles. Revue forestière française n°69 pp 11-32

⁴ Reineke, L.H., 1933. Perfecting a Stand-density Index for Even-aged Forests. Journal of Agricultural Research 46, 627-638.

FINANCEURS DU PROJET

