

**Recueil des posters présentés lors du colloque
AFORCE 2019 les 2 et 3 avril à Montpellier**

Evaluation de l'impact du changement climatique sur la mortalité des arbres

Adrien Taccoen¹; Christian Piedallu¹; Ingrid Seynave¹; Vincent Perez¹; Anne Gégout-Petit²; Louis-Michel Nageleisen^{1,3}; Jean-Daniel Bontemps⁴; Jean-Claude Gégout¹.

Depuis une dizaine d'années, plusieurs auteurs font état d'une augmentation des taux de mortalité et de dépérissement forestier en plusieurs endroits du globe, dans un contexte de changement global. La France est concernée par ces phénomènes. Depuis plusieurs années, les gestionnaires forestiers font état d'épisodes de mortalité sévères sur des peuplements en bonne santé. Les arbres évoluant vers les limites chaudes de leur aire de distribution semblent les plus vulnérables. Cependant, le lien qui pourrait exister entre la mortalité des arbres et le changement climatique reste flou et mal connu. Cette présentation expose les résultats d'une étude de modélisation de la mortalité des arbres conduite sur la France entière, à partir de données de l'inventaire forestier national et de données climatiques historiques. Sur un grand nombre d'espèces représentatives de la forêt française (43), nous avons modélisé la mortalité «non-catastrophique», qui n'est pas liée aux événements extrêmes. Après avoir pris en compte les facteurs de mortalité liés au peuplement (densité, stade de développement...), ceux liés à l'arbre (statut social...) et aux conditions du milieu (nutrition, réserve en eau du sol...), nous montrons que 45% des espèces étudiées présentent une surmortalité liée au changement de conditions climatiques depuis 1960. Nous identifions les espèces les plus vulnérables et produisons des cartes de surmortalité climatique dans le but de proposer des stratégies d'adaptation de la sylviculture aux gestionnaires.

Détail auteurs

¹ Université de Lorraine, AgroParisTech, INRA, Silva, 54000 Nancy, France

² Université de Lorraine, CNRS, Inria, IECL, 54000 Nancy, France

³ Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt, Département Santé des Forêts, 54280 Champenoux, France

⁴ IGN, Laboratoire d'Inventaire Forestier, 54000 Nancy, France

Evaluation de l'impact du changement climatique sur la mortalité des arbres

Objectif de l'étude

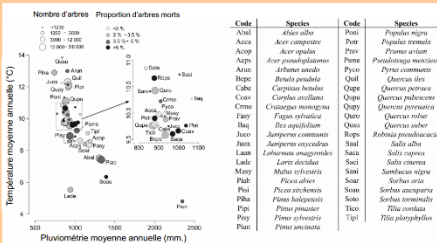
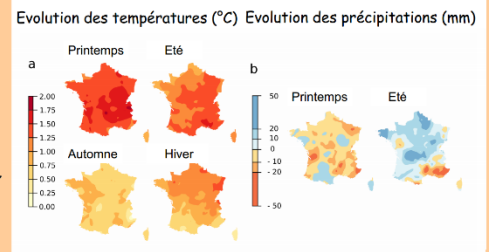
Pour les principales essences, déterminer si le changement de climat induit des surmortalités d'arbres à l'échelle de la France

Méthode

- Identification et quantification de l'effet des caractéristiques de l'arbre et du peuplement, de la gestion forestière, des conditions environnementales et du changement climatique sur la mortalité de 43 espèces d'arbres,
- Etude de la mortalité de fond, observée dans les peuplements en l'absence de forte perturbation. Les effets des événements extrêmes ont été filtrés du jeu de données (vent, incendies, avalanches, ...)

Jeu de données:

Inventaire forestier IGN 36 variables caractérisant:
 Période 2009-2015
 43 essences
 34,097 placettes
 372,974 arbres (diamètre >7.5 cm)
 7,312 arbres morts depuis - de 5 ans



Présentation des essences étudiées, classées selon les conditions climatiques moyennes de leur aire de distribution (1961-1987)

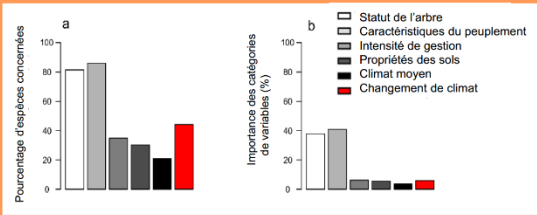
Modélisation par régression logistique du statut mort/vivant de l'arbre

Identification des facteurs explicatifs

Caractérisation des effets liés au changement de climat

Cartographie des surmortalités attribuées au changement de climat

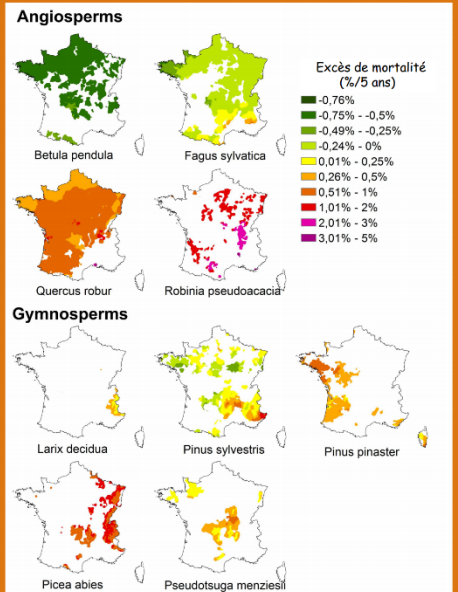
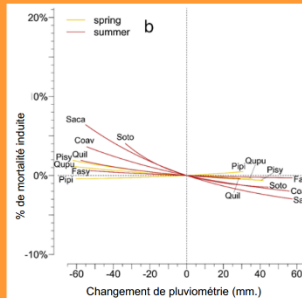
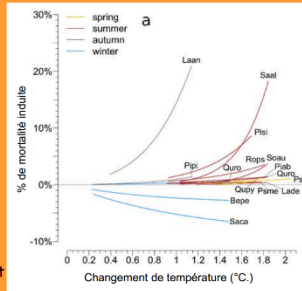
Résultats



Fréquence des catégories de variables expliquant la mortalité d'arbres (a) et importance dans les modèles (b)

Probabilité de mortalité :

- a) selon le réchauffement des températures
- b) selon les variations de pluviométrie



Exemple de cartes de surmortalité imputée au changement de climat pour quelques espèces

- L'essentiel de la mortalité est due à la compétition des jeunes arbres
- Dans nos modèles le changement climatique impacte près de la moitié des espèces
- Il explique en moyenne 6% de la mortalité de fond

- Plus les températures estivales augmentent ou les pluies diminuent, plus la probabilité de mourir augmente
- Pour quelques espèces l'augmentation des températures hivernales diminue la probabilité de mourir

- La surmortalité imputée au changement de climat est en général plus importante dans les zones sèches et chaudes et aux basses altitudes

Conclusion

Le changement de climat survenu ces dernières décennies induit déjà une augmentation de la mortalité de fond dans les zones sèches et chaudes pour de nombreuses essences

RÉseau INFrastructure de recherche pour le suivi et l'adaptation des FORêts au Changement climatique (REINFFORCE) : Présentation des réseaux et premiers résultats

Christophe Orazio, Hernán Serrano-León, António Correia

Le secteur forestier dépend fortement d'un nombre très limité d'espèces d'arbres dont les performances à long terme sont de plus en plus menacées par les impacts du changement global. Afin de soutenir leur productivité et leur capacité d'atténuation, la capacité d'adaptation de nos forêts productives doit être accrue en adaptant la gestion et en diversifiant le nombre d'espèces disponibles avec des provenances mieux adaptées.

Il est donc crucial de fournir aux propriétaires et aux gestionnaires de forêts des preuves empiriques des mesures des gestions adaptatives et de la performance potentielle d'autres espèces ou provenances dans un climat futur. Cependant, la plupart des informations actuellement disponibles proviennent de modèles qui ne tiennent pas compte de la plasticité des espèces/provenance aux conditions climatiques en dehors de leur répartition actuelle.

Dans le but de réduire cette incertitude dans le choix du matériel adapté et des gestions adaptatives, le réseau REINFFORCE a été mis en place le long de l'arc atlantique européen (entre 37° et 58° de latitude nord).

Après avoir présenté l'infrastructure, nous présenterons donc les résultats issus du réseau d'arboretum révélant la performance sur le terrain de 35 essences d'arbres différentes dans le large gradient des conditions climatiques couvertes par les 38 sites du réseau. Nous avons déterminé quels sont les facteurs climatiques qui expliquent le mieux les performances de croissance et de survie et identifié les espèces les plus performantes et les moins performantes dans différentes conditions climatiques. Nous présentons également une analyse de risque de leur performance selon différents scénarios de changement climatique.

Nos résultats permettront d'améliorer les connaissances sur l'adéquation climatique d'espèces alternatives de plantation et la prédiction de leur comportement en réponse au climat futur, fournissant des bases solides pour les recommandations de matériel génétique avec une réelle capacité d'adaptation au changement climatique.

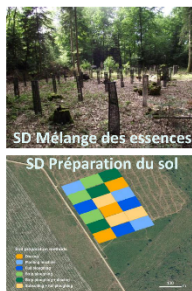


Hernán Serrano-León, Christophe Orazio, António Correia

hernan.serrano@efi.int / christophe.orazio@efi.int

REINFFORCE

« Un réseau de recherche unique au monde et une infrastructure stratégique pour l'adaptation des forêts atlantiques au changement climatique »



41 Sites de Démonstration des sylvicultures adaptatives

- Préparation du sol
- Gestion de la densité
- Gestion des bordures
- Mélange des essences
- Structure du peuplement
- Gestion du sous-étage
- Enrichissement du sol en matière organique



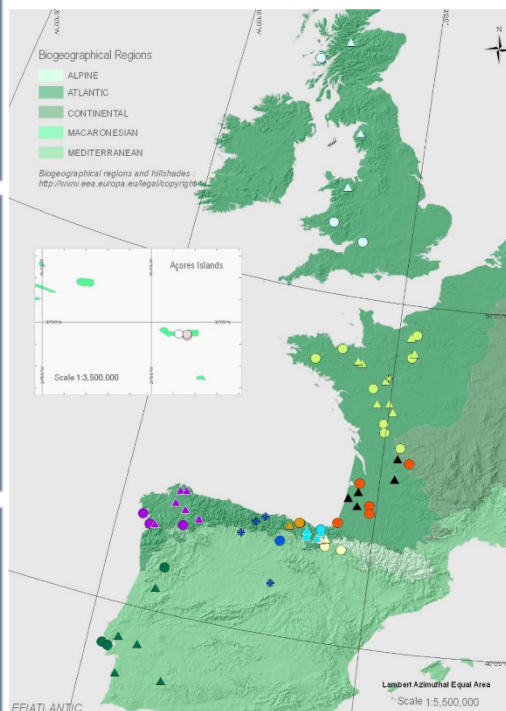
38 Arboreta des essences et provenances alternatives

- 32 (+6) essences natives et exotiques / 176 provenances
- sélectionnées en fonction de leurs intérêt commercial / plasticité / adaptabilité au climat atlantique actuel et futur
- le même matériel génétique produit dans les mêmes conditions est exposé à un gradient de climats
- + 120.000 arbres plantés entre 2011-2013



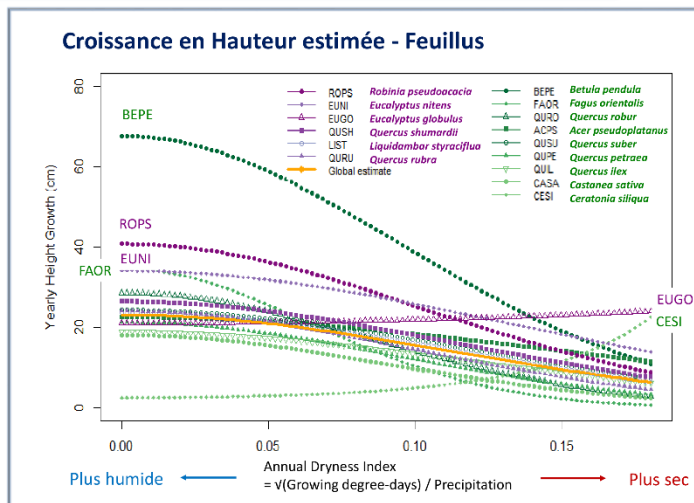
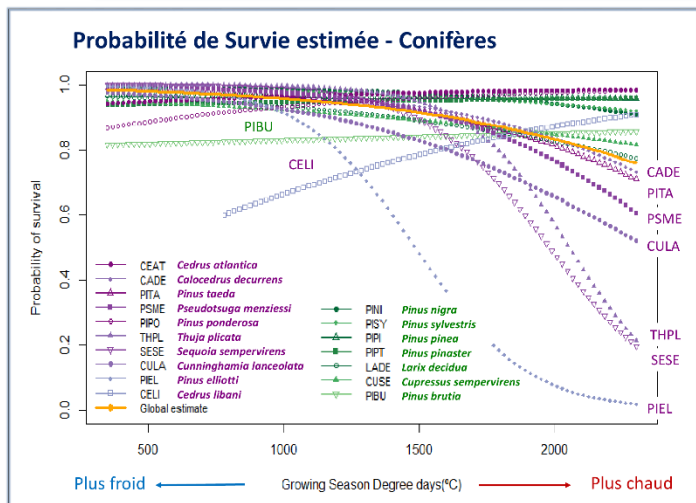
Design d'arboretum :

- Minimum: 32(+6) essences * 3 proven * 12 arbres = ~1400 arbres
- Variabilité du site évaluée avec 4 essences répliquées (*Pinus pinaster*, *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Cedrus atlantica*)
- Suivi standard des sites (croissance, état sanitaire, météo) pendant +15 ans (2014- 2029)



Résultats :

- Correia, A. et al. (2018). Early survival and growth plasticity of 33 species planted in 38 arboreta across the European Atlantic area. *Forests*, 9(10), 630.



Partenaires :



EFI PLANTED FORESTS FACILITY

Site de recherche forêt-bois
69, route d'Arcachon / F-33612 CESTAS
efiplant@efi.int / (+33) 5 35 38 52 74

Financiers :



Analyse économique des stratégies d'adaptation face à la sécheresse en forêt

Article écrit par Sandrine Brèteau-Amores, Marielle Brunette et Hendrik Davi

La sécheresse est une des principales sources de stress pour la santé des forêts (Zierl, 2004), bien que ses impacts aient été sous-estimés pendant très longtemps en raison de dommages peu visibles à première vue (Spiecker, 2003). La sécheresse se traduit par une perte de croissance des arbres, qui résulte en des pertes à la fois économiques et sociales. En effet, les forêts jouent un rôle dans la production de bois, mais offrent également de nombreux services écosystémiques (stockage du carbone, préservation des sols de l'érosion, biodiversité). Parallèlement, le dépérissement des arbres induit par la sécheresse augmente de façon significative dans le monde (Bréda et Badeau, 2008), d'autant plus que le changement climatique augmente la fréquence, la durée et l'intensité des événements extrêmes (Dale *et al.*, 2001).

Les interventions humaines affectent également la sécheresse à travers la sylviculture. En effet, la gestion durable des forêts est nécessaire pour maintenir la résilience des écosystèmes forestiers et pour faire face aux menaces climatiques telles que la sécheresse (Bréda et Badeau, 2008). Plus précisément, les propriétaires forestiers peuvent protéger leurs forêts en s'adaptant et plusieurs stratégies sont ainsi préconisées pour adapter les forêts aux risques croissants de sécheresse. Parmi ces mesures, mentionnons la réduction de la révolution ou de la densité initiale des peuplements, ainsi que la substitution par des espèces mieux adaptées à la sécheresse (Spittlehouse et Stewart, 2003).

Dans la littérature, peu d'études ont abordé la question de l'adaptation au changement climatique sous l'angle de l'économie forestière (Hanewinkel *et al.* (2010), Brunette *et al.* (2014), Yousefpour et Hanewinkel (2014)). Seul l'article de Bréda et Brunette (2019) traite de l'adaptation face au risque de dépérissement des forêts induit par la sécheresse. De plus, l'ensemble de cette littérature révèle que les articles se concentrent toujours sur une stratégie à la fois. Ils n'ont jamais comparé différentes stratégies ou analysé leurs combinaisons. L'étude de Jönsson *et al.* (2015), qui compare différentes stratégies d'adaptation face aux tempêtes, constitue probablement une exception. Enfin, les scénarios climatiques sont rarement pris en compte.

Dans ce contexte, l'objectif de notre article est de comparer économiquement différentes stratégies d'adaptation pour lutter contre le risque de dépérissement des forêts induit par la sécheresse. Pour ce faire, nous proposons une approche originale qui combine CASTANEA, un modèle de croissance forestière, avec une analyse économique forestière classique. CASTANEA est un modèle mécaniste de simulation du fonctionnement des principales essences européennes (Davi *et al.*, 2005 ; Dufrêne *et al.*, 2005). Le modèle simule les principaux stocks de l'écosystème forestier (carbone, eau, azote) en surface et souterrains. CASTANEA a été choisi car c'est le seul modèle qui simule à la fois la séquestration du carbone (Davi *et al.*, 2006) et la croissance des arbres (Davi *et al.*, 2009), tout en intégrant le risque de mortalité lié au stress hydrique (Davi et Cailleret, 2017) et qui tient compte des spécificités de chaque espèce, contrairement aux modèles globaux.

Nous nous concentrons sur une étude de cas d'une hêtraie en Bourgogne (France). Le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) est une essence naturelle représentant 15% de la surface forestière de production en France. Cependant, en raison du changement climatique, elle pourrait dépérir voire même disparaître de France (Charru *et al.*, 2010). En effet, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses printanières et des vagues de chaleur a déjà affecté négativement la croissance annuelle des hêtres (Latte *et al.*, 2015). Nous étudions donc plusieurs options d'adaptation des hêtraies : la réduction de la densité initiale du peuplement, la réduction de la révolution et la substitution par le Douglas, une essence plus tolérante à la sécheresse.

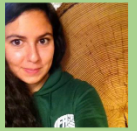
Nous simulons le peuplement forestier selon ces différentes stratégies d'adaptation, sous deux scénarii climatiques du GIEC (RCP 4.5 et 8.5) et pour deux niveaux de risque de sécheresse liés à une variation de la capacité hydrique du sol (intermédiaire et élevée). Nous prenons également la variabilité spatiale et climatique en considération, en réalisant ces simulations à travers quatre points SAFRAN. Nous utilisons ensuite les résultats de CASTANEA, afin de réaliser une comparaison économique des stratégies d'adaptation.

Nous effectuons une analyse classique d'économie forestière, basée sur la formule de Faustmann et la formule de Hartman. Le BASI de Faustmann tient compte des coûts et des bénéfices de la production de bois, tandis que le BASI de Hartman tient également compte des bénéfices des aménités étant, dans notre cas, la séquestration du carbone. La maximisation de ces critères montre que l'adaptation offre le meilleur rendement économique, par opposition au scénario de référence ou au scénario d'absence d'adaptation. En effet, la substitution par le Douglas combinée à une densité initiale réduite et à une réduction de la révolution semble être la meilleure stratégie, quel que soit le niveau de risque de sécheresse et le scénario climatique. D'un point de vue économique, la combinaison de différentes stratégies est donc plus bénéfique pour le propriétaire forestier que chaque stratégie séparément (synergie vs. additionnalité). En effet, la combinaison de stratégies offre de la souplesse aux propriétaires en plus d'une capacité d'adaptation. Le même résultat est obtenu en intégrant la valorisation de la séquestration du carbone dans l'analyse économique, mais avec des valeurs plus élevées de la terre.

Notre étude montre donc le besoin d'adapter les hêtraies de Bourgogne. De façon plus générale, nous montrons l'importance de comparer et combiner différentes stratégies d'adaptation, tout en y intégrant le changement climatique. Dans ce contexte d'incertitude climatique, il est capital de prendre le carbone en considération dans ce type d'analyse. Enfin, nous mettons en évidence l'importance de considérer les différents services écosystémiques, de façon à conserver la multifonctionnalité des forêts, ainsi que de renforcer le lien entre écologie et économie forestières.

References

- Bréda, N. and Badeau, V. (2008). Forest Tree Responses to Extreme Drought and Some Biotic Events: Towards a Selection According to Hazard Tolerance? *Comptes Rendus Geoscience*, 340(9): 651-662.
- Bréda, N. and Brunette, M. (2019). Are 40 years better than 55? An analysis of the reduction of forest rotation to face drought event in a Douglas fir stand. *Annals of Forest Science*. DOI: 10.1007/s13595-019-0813-3.
- Brunette, M. *et al.* (2014). Economics of Species Change Subject to Risk of Climate Change and Increasing Information: a (Quasi-) Option Value Analysis. *Annals of Forest Science*, 71(2): 279-290.
- Charru, M. *et al.* (2010). Recent Changes in Forest Productivity: an Analysis of National Forest Inventory Data for Common Beech (*Fagus sylvatica* L.) in North-Eastern France. *Forest Ecology and Management*, 260(4): 864-874.
- Dale, V. *et al.* (2001). Climate Change and Forest Disturbances. *BioScience*, 51:723–734.
- Davi, H. and Cailleret, M. (2017). Assessing Drought-Driven Mortality Trees with Physiological Process-Based Models. *Agricultural and Forest Meteorology*, 232:279–290.
- Davi, H. *et al.* (2005). Modelling Carbon and Water Cycles in a Beech Forest. Part II: Validation of the Main Processes from Organ to Stand Scale. *Ecological Modelling*, 185(2): 387-405.
- Davi, H. *et al.* (2006). Sensitivity of Water and Carbon Fluxes to Climate Changes from 1960 to 2100 in European Forest Ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141(1):35–56.
- Davi, H. *et al.* (2009). The Fundamental Role of Reserves and Hydraulic Constraints in Predicting LAI and Carbon Allocation in Forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(2):349–361.
- Dufrêne, E. *et al.* (2005). Modelling Carbon and Water Cycles in a Beech Forest. Part I: Model Description and Uncertainty Analysis on Modelled NEE. *Ecological Modelling*, 185(2): 407-436.
- Hanewinkel, M. *et al.* (2010). Modelling and Economic Evaluation of Forest Biome Shifts under Climate Change in Southwest Germany. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 710-719.
- Jönsson, A.M. *et al.* (2015). Forest Management Facing Climate Change - an Ecosystem Model Analysis of Adaptation Strategies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(2): 201-220.
- Latte, N. *et al.* (2015). Dendroécologie du Hêtre en Forêt de Soignes: les Cernes des Arbres Nous Renseignent sur les Changements Récents et Futurs. *Forêt Nature*, 137(Octobre-Novembre-Décembre): 24-37.
- Spiecker, H. (2003). Silvicultural Management in Maintaining Biodiversity and Resistance of Forests in Europe—Temperate Zone. *Journal of Environmental Management*, 67(1): 55-65.
- Spittlehouse, D.L. and Stewart, R.B. (2003). Adaptation to Climate Change in Forest Management. *BC Journal of Ecosystems and Management*, 4(1).
- Yousefpour, R. and Hanewinkel, M. (2014). Balancing Decisions for Adaptive and Multipurpose Conversion of Norway Spruce (*Picea abies* L. Karst) Monocultures in the Black Forest Area of Germany. *Forest Science*, 60(1): 73-84.
- Zierl, B. (2004). A Simulation Study to Analyse the Relations Between Crown Condition and Drought in Switzerland. *Forest Ecology and Management*, 188(1): 25-38.



INTRODUCTION

Context:

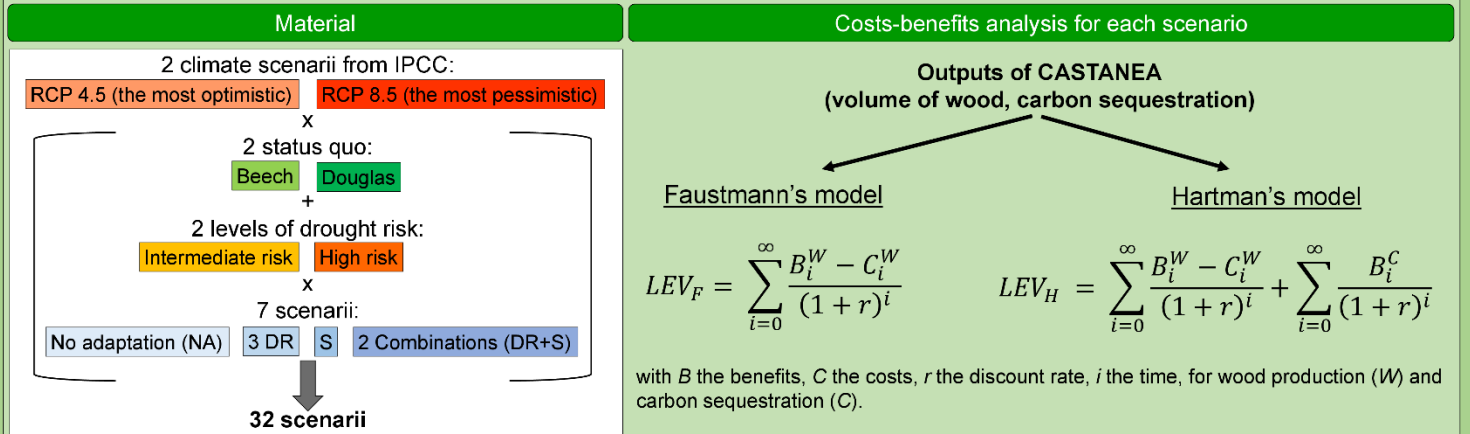
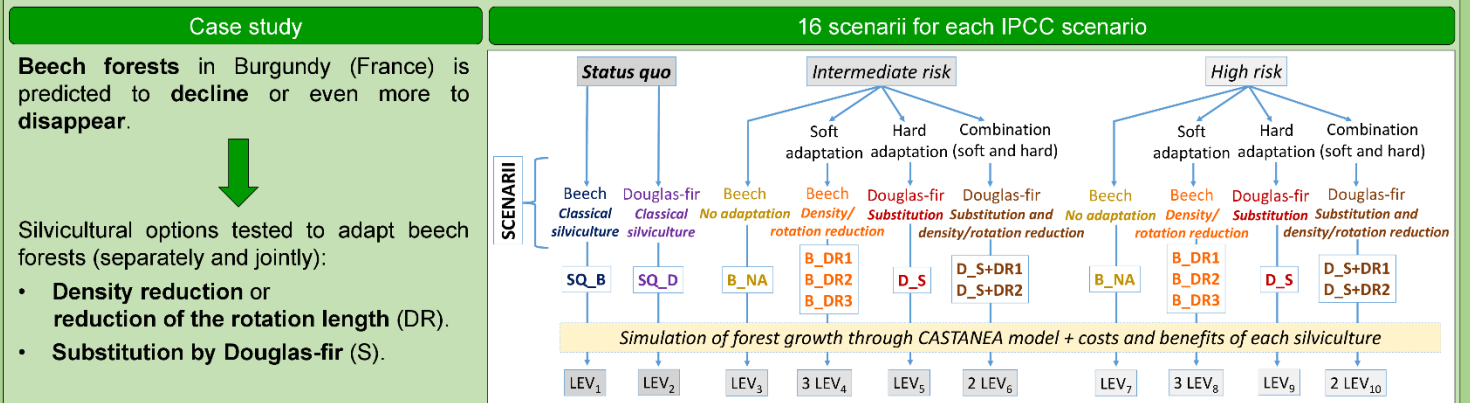
- Drought is a source of stress affecting forest growth and resulting in financial losses for forest owners and amenity losses for society.
- Such natural event will be more frequent and intense in the future due to climate change.
- A way to cope with this increasing risk is to implement adaptation strategies (through silviculture).

Objective:

Comparison, from an economical perspective, of different forest adaptation strategies towards drought-induced risk of decline, in terms of financial balance (forest owner) and carbon balance (society).

MATERIAL AND METHODS

Combination of a forest growth simulator (CASTANEA) with a traditional forest economics approach



MAIN RESULTS

- Best economic return provided by adaptation: combining strategies as a relevant way to adapt forest towards a drought-induced risk of forest decline.
 - Scenario D_S+DR2 : the best one regardless the level of drought risk, the climate, the LEV model and the discount rate.
- Considering carbon sequestration gave the same economical results. Higher values of Hartman's LEV than Faustmann's LEV show the importance to take carbon into account to not under-estimate the forest value.
- Drought and climate change can act in concert or not:

Effects	Drought	Climate change
Mortality		- (Beech)
Growth		+ (Douglas-fir)
Carbon sequestration	-	
LEV (F, H)		0

DISCUSSION AND CONCLUSION

Our article shows the need to :

- Compare and combine different strategies of adaptation.
- Integrate climate change and different ecosystem services.
- Improve the link between forest ecology and economics.
- Take into account carbon in economic analysis.

REFERENCES

- Brunette, M., Costa, S., and Lecocq, F. (2014). Economics of Species Change Subject to Risk of Climate Change and Increasing Information: a (Quasi-) Option Value Analysis. *Annals of Forest Science*, 71(2): 279-290.
- Jönsson, A.M., Lagergren, F., and Smith, B. (2015). Forest Management Facing Climate Change - an Ecosystem Model Analysis of Adaptation Strategies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(2): 201-220.
- Lebourgeois, F., Bréda, N., Ulrich, E., and Granier, A. (2005). Climate-Tree-Growth Relationships of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). *Trees*, 19(4): 385-401.
- Yousefpour, R., Hanewinkel, M., and Le Moguédec, G. (2010). Evaluating the Suitability of Management Strategies of Pure Norway Spruce Forests in the Black Forest Area of Southwest Germany for Adaptation to or Mitigation of Climate Change. *Environmental Management*, 45(2): 387-402.

Plurifor: Plans transnationaux pour la gestion des risques forestiers

Sarah Yoga, Christophe Orazio

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle important dans le sud-ouest européen. Ils occupent une superficie de 30% environ en France, Espagne et Portugal. Ces écosystèmes sont de plus en plus exposés aux risques biotiques (insectes et champignons) ou abiotiques (tempêtes, incendies). Quoique les forêts européennes soient gérées à une échelle nationale, les dommages forestiers, eux ont bien souvent des répercussions au-delà des frontières administratives. PLURIFOR est un projet de trois ans qui vise à faciliter la collaboration transfrontalière en Europe du Sud-Ouest et à améliorer les plans régionaux ou transnationaux de gestion des risques forestiers. Le projet se focalise sur cinq risques biotiques (charançon de l'eucalyptus, cypnis du châtaignier, nématode du pin, chancre suintant du pin, ravageurs et maladies émergentes) et trois risques abiotiques (tempête, feu, dégradation du sol) qui sévissent actuellement dans les forêts du sud-ouest européen. Des instituts de recherche, universités, organismes forestiers et autorités départementales et régionales ont partagé leur expertise via des questionnaires et des ateliers participatifs afin d'élaborer/améliorer des outils et plans de gestion des risques forestiers. En France, des inventaires de terrain et des analyses de laboratoire ont été menées pour améliorer la détection précoce de nouveaux pathogènes forestiers, maladies émergentes et nématode du pin. De même, des outils de télédétection (lidar, drone) ont été testés pour une fine caractérisation de la mortalité des arbres dans la forêt landaise. Des outils SIG et de programmation ont été élaborés pour améliorer la prévention des tempêtes. Enfin, une application mobile, Silvalert, a été élaborée afin de signaler les dégâts observés dans les forêts. Au total, Plurifor a contribué à l'élaboration de 27 outils et 13 plans de gestion des risques forestiers pour le sud-ouest européen.

Détail auteurs

*European Forest Institute, Cestas, 33 610
sarah.yoga@efi.int; christophe.orazio@efi.int*

Plans transnationaux pour la gestion des risques forestiers

S. Yoga, C. Orazio (Institut Forestier Européen)
sarah.yoga@efi.int ; www.plurifor.efi.int

Problématique

Les aléas forestiers menacent la santé des forêts...

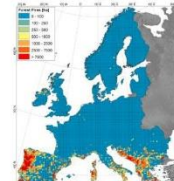


Photos: PLURIFOR partners. Fotolia - dloboda, Forestry Images - Ignazio Graziosi

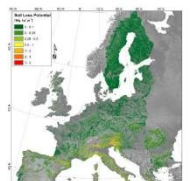
Ils sont observables bien au-delà des frontières administratives



Source: Espon, 2003



Borrelli et al., 2016



Borrelli et al., 2016

Comment améliorer la gestion des risques forestiers dans un contexte de forêts cultivées?

Méthode



Source : cibeo-consulting.com



Coopération transnationale

- Analyse transfrontalière des risques
- Réseau d'experts

Sondage en ligne

- Bilan des outils existants
- Analyse des besoins actuels
- Recensement des intervenants en gestion de risque

Ateliers

- Echange de compétences
- Rédaction de plans de gestion
- Formation aux outils de gestion

Résultats

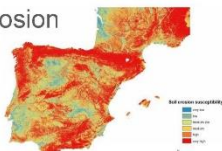
Vent: calcul de hauteur critique



Technologie: outil de signalement de dégâts forestiers



Sols: carte de la sensibilité des sols à l'érosion



Développement d'outils de gestion

Rédaction de plans de gestion

Conclusion

- Amélioration de la collaboration transnationale pour réduire les risques forestiers
- Développement d'outils et de plans de gestion de risques forestiers
- Création d'un système d'alerte des dégâts forestiers : app.plurifor.agresta.org

Évolutions du portail DRIAS

Flore Tocquer, Maryvonne Kerdoncuff et Jean-Michel Soubeyroux (Météo-France, DCSC)

Le service climatique [DRIAS](#) Les futurs du climat développé par Météo-France en collaboration avec le CNRM, l'IPSL et le CERFAC, met à disposition en libre accès depuis 2010 les données de projections du climat futur régionalisées sur la France et des indicateurs climatiques, en provenance de la communauté scientifique française. Le portail est aujourd'hui un outil numérique indispensable pour les acteurs concernés par le changement climatique, car il permet de disposer aisément d'informations sous formes graphiques ou numériques et d'aide pour étudier les impacts et décider de mesures d'adaptation au changement climatique.

La Convention Service Climatique (2017-2020) soutenu par le MTES (*Ministère de la Transition écologique et solidaire*) vise à consolider ce service notamment dans la perspective du 2^e plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC 2). Une des premières tâches a concerné l'actualisation de l'espace didacticiel dont l'ajout d'une nouvelle rubrique « diagnostics climatiques » mettant à disposition des documents récents comme les fiches du projet Extremoscope sur l'attribution d'évènements extrêmes singuliers au changement climatique en France entre 2014 et 2016. Le service DRIAS s'est aussi attaché à produire une documentation plus complète et harmonisée des jeux de données accessibles en ligne.

La rubrique impact du portail a aussi été enrichie en février 2019 avec l'intégration de nouvelles projections climatiques régionalisées sur les territoires de montagne. Ces données issues des projets ADAMONT (*Impact du changement climatique et adaptation en territoire de montagne*) du programme GICC du MTES et CLIMPY, projet Intereg France-Espagne-Andorre pour le développement de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique. Il s'agit d'un ensemble de simulations EURO-CORDEX calibré sur les montagnes françaises, utilisé avec le modèle d'impact CROCUS d'évolution du manteau neigeux. Ainsi les scénarios de 14 couples de modèles disponibles sur les Alpes et les Pyrénées avec un découpage en massifs et tranches de 300 m d'altitude permettent de disposer de diagnostics climatiques complets sur l'évolution du climat de montagne et de l'enneigement.

D'ici la fin de l'année de 2019, une évolution majeure sera apportée sur le portail DRIAS avec l'actualisation du jeu EURO-CORDEX servant de référence sur le climat futur en France. En effet, le nombre de projections climatiques disponibles a fortement augmenté depuis 2014, atteignant une trentaine de couples GCM/RCM. Un travail important a été mené ces derniers mois pour identifier les meilleures simulations à prendre en compte pour la France (disponibilité, complétude des simulations, absence de défauts connus). Une procédure visant à réduire la taille de l'ensemble EURO-CORDEX a été réalisée pour s'assurer que l'ensemble réduit représente toujours la variabilité climatique produite par l'ensemble complet. Des nouveaux indicateurs sectoriels sont prévus de venir enrichir le site et pourront notamment concerner le secteur de la forêt.

A reduced regional climate projection ensemble for the French national climate service : DRIAS

<http://www.drias-climat.fr/>

Contact: driascontact@meteo.fr

Flore Tocquer^{1,2}, Pascal Simon¹, Lola Corre¹, Maryvonne Kerdoncuff¹, Samuel Somot³, Robert Vautard⁴ and Christian Pagé⁵

¹ Météo-France, Direction de la Climatologie et des Services Climatiques, Toulouse, France; ² CNRS UMR 3589, Toulouse, France; ³ CNRM, Université de Toulouse, Météo-France, CNRS, Toulouse, France; ⁴ LSCE, IPSL, CNRS UMR 8212, Saclay, France; ⁵ CECI, Université de Toulouse, CNRS, Cerfacs, Toulouse, France; *Corresponding author: pascal.simon@meteo.fr*

1. The French Climate Service : DRIAS

Climate services are developed as decision aide derived from climate information that assists government officials, policy-makers, and the general public to improve decision-making and support adaptation to climate change.

The French portal : DRIAS (for 'Deliver Regional climate scenarios for Impacts and Adaptation of our environment and Society') was opened in 2012. It offers an easy access to data and products, including a quick-look discovery, as well as the associated expertise to facilitate impact and adaptation studies.

However a climate service requires an appropriate and iterative engagement to produce state of the art climate data, that respond to user requirements and provide clear timely advisory. In this way end-users can understand its implications and consequences.

DRIAS Futures of climate contains three main areas:



A range of documents is offered to help users make the best use of available climate information (description of methods and climate models, diagnostics, ...).



A visualization tool to facilitate the exploration of climate projections : temperature, precipitation, models, IPCC scenarios.



Enables users to download, in digital format, data and products they have identified on the catalog of products.

Contributors



Funding by the french Ministry of Ecology and Sustainable Development (MTES)

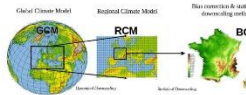
Users committee



2. Data and Products

Regionalized climate projections over France

- Domain**
French metropolitan ; Oversea territories
- High resolution** Grid : 8 km



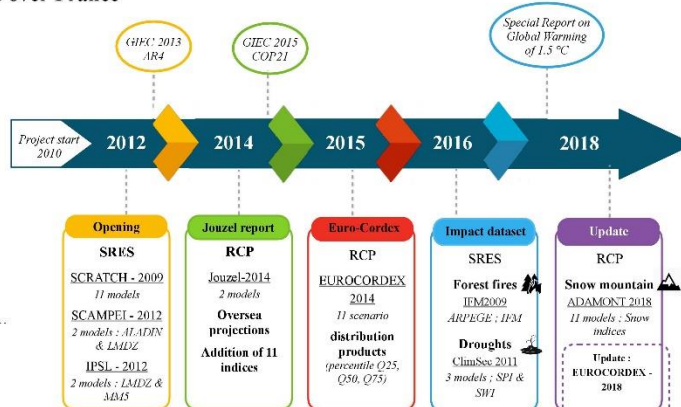
Bias adjusted data
Obs : SAFRAN re-analysis
Methods : CDF-t, ADAMONT, Q-Q, DSClim

Daily ECVs (Essential Climate Variables)
Temp, Precip, Radiation, Wind, Humidity, ...

Indices monthly, seasonally, annually, ...

Uncertainty assessment
Comparison between each model and distribution products from EURO-CORDEX ensemble (percentiles : Q25, Q50, Q75)

Impact dataset Drought, Wildfire, Snow cover



Documenting climate projections

DRIAS services have focused on collecting and making available documentation of climate simulations and standardize data, in order to facilitate their use.

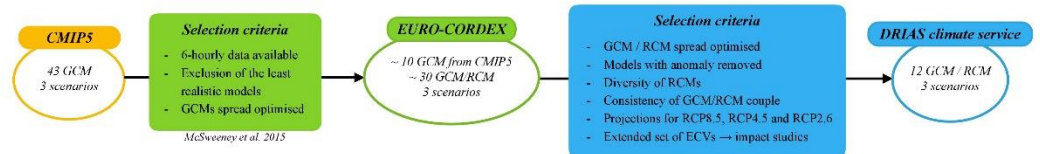
Global climate model configuration (GCM)	
Global climate model:	CNRM-CM5 v5r11
Horizontal grid resolution:	1.4° x 1.5° (or with 55° x 78 km)
Vertical levels number:	21 vertical levels from 10 to 10 hPa
GCM Institute:	CNRS - Centre National de Recherches Météorologiques
Components of global model:	ARPEGE-Climat v5.2 (atmospheric model) with SIREVAL v5 which includes the land surface scheme IS9A, coupled through the OASIS (v3) system to the oceanic model NEMO v3.11.43 (OASIS configuration for sea ice module, ISMIS) and the TRIP model (sea ice extension) Parameterization of the cloud microphysics (see associated tables)
Date / version of the simulation :	2011-04-05
Regional climate model configuration (RCM)	
Regional climate model:	ALADIN-CM5 v5.3
Horizontal grid resolution:	0.11° x 12 km with 437 x 388 km
Vertical levels number:	17 vertical levels
Boundary conditions:	CNRM-CM5
Frequency forcing:	10 years
RCM Institute:	CNRS - Centre National de Recherches Météorologiques
Date / version of the simulation :	2011-08-01
Bias correction - statistical downscaling (BCSD)	
BCSD methods:	CDF-t
Horizontal grid mapping:	Grids: SAFRAN; grid: 0.5° by resolution (1.1° x 1.1°) from 50° 12' Lat - 88° 15' W to 18° 12' Lat - 88° 15' W
BCSD Institute:	IPSL - Institut Pierre-Simon Laplace
Date of the realisation :	2012-01-07

3. How to choose the most convenient ensemble for national purposes ?

In the frame of the update of the EURO-CORDEX ensemble, around ~ 30 GCM/RCM couples will be available in the near future. However, for various practical reasons (size of the dataset, complexity of use, ...) the DRIAS portal will only provide access to a reduced number of simulations.

A procedure to reduce the size of the EURO-CORDEX ensemble has therefore been design to ensure that the reduced ensemble still represents the desired characteristics of the full ensemble.

Table 1: EURO-CORDEX simulations selected for updating the DRIAS dataset (preliminary version). Color circles represent the expected scenarios, those currently available have a black border.



CNRM-CM5 r1 *	/	ALADIN63	●
MPI-ESM-LR r1	/	CCLM4-8-17	●
HadGEM2-ES r1	/	RegCM4-6	●
EC-EARTH r2	/	RCM4	●
IPSL-CM5A-MR r1	/	WRF381P	●
NorESM-M r1	/	RFMO2015	●
CNRM-CM5 r1 *	/	RACMO22E v2	●
MPI-ESM-LR r1	/	RegCM4-6	●
HadGEM2-ES r1	/	HadGEM-RA	●
EC-EARTH r2	/	RACMO22E v2	●
IPSL-CM5A-MR r1	/	RCM4	●
NorESM-M r1	/	WRF381P	●

Spread in climate change signal over France from EURO-CORDEX simulations

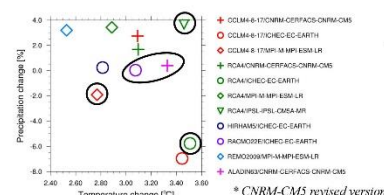


Figure 1: Annual mean temperature vs. precipitation changes (2071-2100 minus 1976-2005) spatially averaged over France, assuming RCP4.5 emissions scenario (preliminary work). Selected simulations are highlighted by black circles.

REFERENCES

- Lenoud et al. (2011): DRIAS: A step towards Climate Services in France, Adv. Sci. Res., 6, 179-186
- « Le climat de la France au XXIe siècle - Vol 4: Scénarios régionalisés pour la métropole et les régions d'outre mer », sous la direction de J. Jouzel (Ed 2014)
- « Euro-CORDEX: COordinated Downscaling Experiment for the European domain » (<http://www.euro-cordex.net/>) + EURO-CORDEX Errata web page
- Dalelane et al. (2018): A Pragmatic Approach to Build a Reduced Regional Climate Projection Ensemble for Germany Using the EURO-CORDEX 8.5 Ensemble, JAMC March 2018, Vol. 57, No. 3
- McSweeney et al. (2015): Selecting CMIP5 GCMs for downscaling over multiple regions, Climate Dynamics, 44, 3237-3260. 10.1007/s00382-014-2418-8.

Acknowledgements: This project is funded by the Management and Impact of Climate Change program of the French Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy (MEDDE). A particular appreciation is due to the DRIAS users committee.

Cartographie à l'échelle de la gestion pour valoriser les bases de données forestières en choix des essences

Georges Pottecher (georges.pottecher@forestys.fr), Christian Piedallu (christian.piedallu@agroparistech.fr)

Sur la plupart des stations forestières le changement climatique remet en question le choix d'essences locales. Le sylviculteur est donc amené à expérimenter en s'appuyant sur l'information disponible. Il peut s'appuyer sur les bases de données d'observations forestières pour tenir compte des succès écologique et sylvicole obtenus dans des situations diverses.

L'usage de cette information en gestion nécessite des outils de visualisation appropriés.

La démarche

L'UMR SILVA ⁽¹⁾ a montré que la présence des essences sur 42 000 placettes de l'Inventaire Forestier National (IFN) peut largement se décrire à l'aide de 2 paramètres climatiques : la température moyenne annuelle et le déficit en eau édaphique estival, et de 4 paramètres édaphiques. Pour chaque essence une correspondance est établie entre les valeurs de ces 6 paramètres pédoclimatiques et la fréquence à laquelle l'essence est rencontrée dans la base de données IFN ⁽²⁾.

Le protocole utilise les données locales suivantes, cartographiées sur le site étudié :

- la RUM (réserve utile en eau maximale) mesurée sur le terrain,
- les valeurs indicatrices de pH, rapport C/N, engorgement temporaire et permanent, obtenues par bioindication à partir de la flore spontanée,
- le climat moyen observé par Météo France pour la période 1986-2010 : température, précipitation, rayonnement. Les valeurs sont mensualisées et spatialisées en tenant compte de la topographie et de la nébulosité.
- Le climat au milieu du XXI^e siècle, obtenu en corrigeant les valeurs précédentes par les résultats du modèle CNRM-CM5 (Météo France – CNRS) appliqué au scénario d'émissions RPG8.5.

La correspondance ajustée sur les observations de l'IFN est appliquée aux données relevées sur le site. On obtient la fréquence à laquelle une essence est rencontrée aujourd'hui sur ce type de sol et pour le climat escompté localement : la fréquence pédoclimatique, FPC.

Un cas dans les Vosges du Nord illustre les représentations proposées par FORESTYS ⁽³⁾ :

- cartes pour une essence (FPC actuelle, future, évolution de la FPC),
- carte des essences ayant les plus fortes FPC, ce qui définit des stations pédoclimatiques actuelles et futures,
- diagramme sur une station des valeurs de FPC présentes et futures de toutes les essences.

La portée

Ces représentations rendent compte des observations susceptibles d'éclairer le choix d'essences à introduire, à préserver ou à abandonner.

¹ <https://www6.nancy.inra.fr/silva/UMR-Silva>

² Soil aeration, water deficit, nitrogen availability, acidity and temperature all contribute to shaping tree species distribution in temperate forests. Piedallu, Christian & Gégout, Jean-Claude & Lebourgeois, François & Seynave, Ingrid. (2016). Journal of Vegetation Science, Wiley, 2016, 27 (2), pp.387-399.

³ <https://www.forestys.fr/>

Si besoin la méthode s'adapte aisément à d'autres bases de données, d'autres paramètres descripteurs, d'autres données et projections climatiques.

Les limites

La méthode s'applique aux essences dont la répartition en France correspond à la niche écologique, aux essences anciennes naturalisées (châtaignier), aux migrants intérieurs contemporains (pin sylvestre, épicéa, ...).

Elle convient moins aux essences récemment introduites (robinier) ou majoritairement plantées (douglas, pin maritime, chêne rouge, ...), ou présentes en France en limite de leur distribution naturelle (mélèze, chêne liège, ...).

Elle est inopérante en bordure de la Méditerranée et dans le bassin Aquitain car les climats qui y sont attendus sont absents ou rares actuellement en France.

La méthode ne tient compte ni de la plasticité des arbres, ni de la diversité génétique des essences, ni des interactions au sein d'un peuplement. Sa mise en œuvre dépend aussi de la qualité des données utilisées.

Par ailleurs les projections climatiques sont très incertaines au-delà du milieu du XXI^e siècle.

Cartographie à l'échelle de la gestion pour valoriser les bases de données forestières en choix des essences

Georges Pottecher (georges.pottecher@forestys.fr)

Christian Piedallu (christian.piedallu@agroparistech.fr)

Objectif

En chaque point de la forêt, présenter une information pertinente localement pour anticiper le changement climatique

Démarche

L'UMR SILVA a montré que la présence des essences sur 42 000 placettes de l'Inventaire Forestier de l'IGN (IF) peut largement se décrire à l'aide de 2 paramètres climatiques : la température moyenne annuelle et le déficit en eau édaphique estival, et de 4 paramètres édaphiques : pH, C/N, engorgement temporaire et permanent. Pour chaque essence une correspondance est établie entre les valeurs de ces 6 paramètres pédo-climatiques et la fréquence à laquelle l'essence est rencontrée dans la base de données IF (1). La correspondance ajustée sur les observations de l'IF est appliquée aux données relevées sur le site étudié. On obtient la fréquence à laquelle une essence est rencontrée aujourd'hui sur ce type de sol et pour le climat escompté localement : la **fréquence pédo-climatique**, FPC.

1 – Calage de la fréquence pédo-climatique sur la distribution des essences (1)

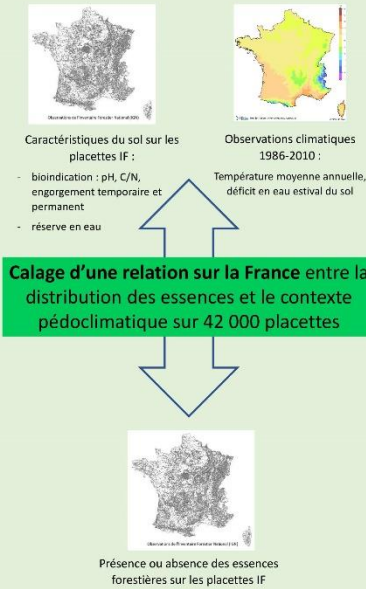
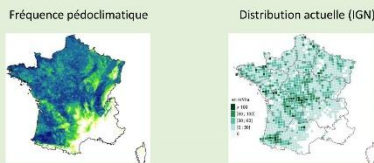


Illustration : cas du chêne pédonculé



2 – Application à l'échelle locale de la fréquence pédo-climatique des essences

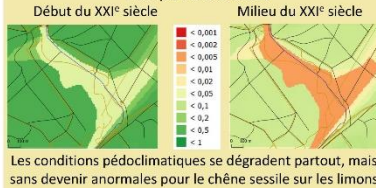


3- Représentations des fréquences pédo-climatiques pour l'aide à la décision

Exemple (Vosges du Nord) : tourbière environnée de pentes limoneuses avec un talus gréseux au Sud.

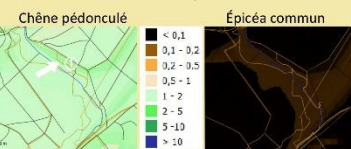
a. FPC à différentes périodes

Exemple : chêne sessile



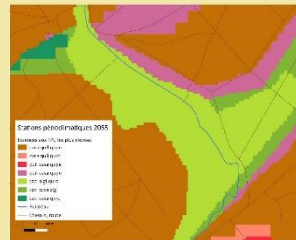
b. Évolution de la FPC

Ratio : FPC milieu XXI^e siècle / FPC début XXI^e siècle



c. Carte des stations pédo-climatiques

(désignées par la liste des essences ayant les plus fortes FPC)



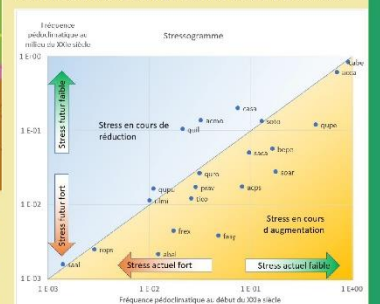
Au milieu du XXI^e siècle les conditions pédo-climatiques seront celles qui prévalent dans des zones actuellement peuplées d'essences méridionales (châtaignier, chêne vert, chêne pubescent).

Les stations typiques du chêne pédonculé deviendront significatives, contrairement au chêne sessile.

Les conditions seront éloignées de celles qui conviennent aux essences présentes dans cette forêt (pin sylvestre, hêtre, chêne sessile, sapin pectiné, épicéa ...), à l'exception de l'aulne.

d. Diagramme des FPC présentes et futures pour une station

Les essences étudiées sont représentées en fonction de leurs fréquences pédo-climatiques actuelles et futures, et le stressogramme. Elles sont désignées par 4 lettres du nom scientifique, ex. : qupe pour Quercus petraea. Seules les essences dont la fréquence pédo-climatique actuelle ou future est significative sont représentées.



Dans cet autre exemple (sur sol brun) le charme (cabe), l'érable champêtre (acca) et l'alisier torminal (soto) ne subissent qu'un faible stress actuellement et dans l'avenir. Les situations du chêne sessile (qupe) et du hêtre (fasy) vont se dégrader. Inversement le chêne vert (quill), l'érable de Montpellier (acmo) et le châtaignier (casa) auront des conditions favorables mais connaîtront aujourd'hui un stress significatif.

Essences disponibles

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| abal - Abies alba | qupu - Quercus pubescens |
| acca - Acer campestre | quro - Quercus robur |
| acmo - Acer monspessulanum | rops - Robinia pseudoacacia |
| acop - Acer opalus | saal - Salix alba |
| acpl - Acer platanoides | saca - Salix caprea |
| acps - Acer pseudo-platanus | saci - Salix cinerea |
| bepe - Betula pendula | soar - Sorbus aria |
| bepu - Betula pubescens | soau - Sorbus aucuparia |
| cabe - Carpinus betulus | soto - Sorbus torminalis |
| casa - Castanea sativa | tico - Tilia cordata |
| frax - Fagus sylvatica | tipl - Tilia platyphyllos |
| fran - Fraxinus angustifolia | ulgl - Ulmus glabra |
| frax - Fraxinus excelsior | ulmi - Ulmus minor |
| piab - Picea abies | |
| piha - Pinus halepensis | |
| plsy - Pinus sylvestris | |
| prav - Prunus avium | |
| quil - Quercus ilex | |
| qupe - Quercus petraea | |

Limites

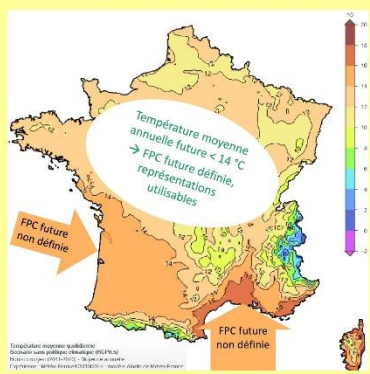
La méthode s'applique : aux essences dont la répartition constatée en France correspond à la niche écologique, aux essences anciennes naturalisées (châtaignier), aux migrants intérieurs contemporains (pin sylvestre, épicéa, ...).

Elle convient moins aux essences récemment introduites (robinier) ou majoritairement plantées (douglas, pin maritime, chêne rouge, ...), ou présentes en France en limite de leur distribution naturelle (mélèze, chêne liège, ...).

Elle est inopérante en bordure de la Méditerranée et dans le bassin Aquitain car les climats qui y sont attendus sont absents ou rares actuellement en France. La méthode ne tient compte ni de la plasticité des arbres, ni de la diversité génétique des essences, ni des interactions au sein d'un peuplement. Sa mise en œuvre dépend aussi de la qualité des données utilisées.

Par ailleurs les projections climatiques sont très incertaines au-delà du milieu du XXI^e siècle et dépendent du modèle choisi.

Territoire concerné



Conclusion

Les cartes et diagrammes de fréquences pédo-climatiques représentent au niveau de la station des observations qui éclairent le choix des essences à introduire, à préserver ou à abandonner.

Références

(1) Soil aeration, water deficit, nitrogen availability, acidity and temperature all contribute to shaping tree species distribution in temperate forests. Piedallu, Christian & Gégout, Jean-Claude & Lebourgeois, François & Seynave, Ingrid. (2016). Journal of Vegetation Science, Wiley, 2016, 27 (2), pp.387-399.

Présentation de l'UMR SILVA : <https://www6.nancy.inra.fr/silva/UMR-Silva> . Présentation de la société FORESTYS : <https://www.forestys.fr/>

Les bandes boisées de l'Aubrac, une trame forestière multifonctionnelle au service du territoire

Dorian Cablat, Romain Ribière, Rémy Teyssedre (PNR de l'Aubrac)

Les bandes boisées sont un élément essentiel du système agro-sylvo-pastoral actuel de l'Aubrac. Il s'agit de plantations, essentiellement en épicéas communs 76%¹, installées dans les années 1960 à 1980 sur les estives de l'Aubrac, avec l'appui du Fond Forestier National. Les bandes boisées remplissent un rôle de protection contre les aléas du climat local. Elles limitent la formation de congères le long des axes routiers et protègent les troupeaux du vent et des intempéries.

Un Parc naturel régional est un outil de développement territorial orienté vers la valorisation des richesses naturelles, culturelles et paysagères. C'est pourquoi, l'avenir des bandes boisées constitue un sujet de travail prioritaire pour le PNR de l'Aubrac². Dans le cadre de sa Charte Forestière de Territoire, un diagnostic complet a ainsi été réalisé en 2016 et 2017. Celui-ci a révélé un vieillissement des bandes boisées. On observe, ces dernières années, les premiers effets du changement climatique : une plus grande récurrence des périodes de sécheresse estivales. Or, l'Aubrac bénéficiait d'un climat montagnard humide.

Le vieillissement et le stress hydrique contribuent à la sensibilité croissante des peuplements d'épicéa aux maladies (scolyte). Un dépérissement rapide et global représente un risque à moyen et long terme. La résilience du système bande boisée actuel (plantation mono-spécifique d'épicéas commun isolées en milieux ouverts) s'avère très faible en raison d'une moindre adaptabilité aux pathogènes et d'une faible croissance dans un contexte de changement climatique.

L'exploitation des bandes boisées a été amorcée ces dernières années et leurs reboisements est un enjeu climatique. Aujourd'hui, les acteurs du territoire prennent conscience des multiples externalités environnementales offertes par les bandes boisées : stockage de carbone, régulation du cycle de l'eau grâce au stockage de neige, alimentation des nappes phréatiques, lutte biologique, corridor écologique pour les espèces forestières, amélioration des conditions d'enneigement sur les pistes de skis de fond, maintien des ressources en herbe...

Fort de ce constat, le PNR de l'Aubrac souhaite mettre en œuvre une politique volontariste permettant de conserver les fonctionnalités des bandes boisées. Il engage, en 2019, un appel à initiative pour identifier des chantiers pilotes de réhabilitation des bandes boisées. Ces derniers intègrent des itinéraires sylvicoles expérimentaux combinant des essences forestières MFR et des végétaux buissonnants ou arbustifs sous label "végétal local". La plus grande diversité d'essences promue par ce label renforce la capacité d'adaptation des bandes boisées au changement climatique. En effet, une sélection non axée sur des critères phénotypiques, lors de la récolte de graine, permet une plus grande diversité génétique garante d'une meilleure résilience aux aléas climatiques. De plus, les techniques culturales utilisées en label végétal local (sans intrants, sans irrigation et en pleine terre) favorisent la réussite et la pérennité des plantations face aux modifications climatiques prévues.

La préconisation d'une grande diversité des essences et la gestion à long terme par la stratification des bandes boisées contribuera à une meilleure résilience des systèmes forestiers de l'Aubrac. Le suivi des chantiers pilotes sera engagé afin de mesurer leurs réponses au changement climatique et sera le support des prochaines interventions.

¹*Diagnostic forestier territorial, Aubrac, France. PNR : Parc naturel régional.*

²*PNR de l'Aubrac (2015).*

LES BANDES BOISÉES DE L'AUBRAC, une trame forestière multifonctionnelle au service du territoire.

LES BANDES BOISÉES RÉSINEUSES, UNE SPÉCIFICITÉ DU SYSTÈME AGRO-SYLVO-PASTORAL DE L'AUBRAC

L'Aubrac forme un vaste plateau où le balayage fréquent du massif par des vents d'ouest/nord-ouest ou de sud (environ 140 jours/an) engendre des contraintes fortes aux activités humaines. Ce n'est qu'à une période récente, à partir des années 20, que la plantation de bandes boisées résineuses, s'est avérée être une solution efficace et un peu coûteuse. L'impulsion supplémentaire, dans les années 1960 à 1980, du Fond Forestier National est venue renforcer la dynamique de plantation avec une double vocation : pare congère le long des routes, et pare-vent dans les estives.



Bande boisée : formation linéaire composée d'arbres résineux ou feuillus ayant une double fonction pare-vent pour le bétail et pare-congère pour les routes. Pour pouvoir être considérée comme une bande boisée, cette plantation doit respecter 2 critères :
- Faire au moins 50 mètres de long.
- Être dotée de 3 à 15 lignes d'arbres.

Lettre d'information CFT n°2 - Mai 2017



DIAGNOSTIC DES BANDES BOISÉES : UN CONSTAT MITIGÉ

En 2016 et 2017, un diagnostic cartographique a été effectué par le PNR de l'Aubrac. (Parc naturel régional) Il a révélé environ 100 km de bandes boisées, alignements ou bosquets résineux sur l'Aubrac. Les bandes boisées sont très majoritairement constituées d'épicéas communs (76%), une espèce de montagne très résistante au froid et à croissance rapide mais exogène au territoire. Implantées sur des estives, avec une logique forestière, les bandes boisées sont à l'interphase entre le monde agricole et forestier. De fait, elles n'ont pas bénéficié d'une gestion forestière spécifique. Il en résulte une dégradation avancée des boisements sous l'effet conjugué : du vieillissement des épicéas, de l'absence d'entretien et des dégâts dus aux intempéries. Le changement climatique en cours aggrave encore ce constat.

LE PROJET DU PNR DE L'AUBRAC

Au terme d'un long processus, le PNR de l'Aubrac est devenu le 53ème PNR de France en vertu du décret de classement du 23 Mai 2018. L'aboutissement d'une volonté collective d'élus et d'acteurs sociaux professionnels qui œuvrent localement pour maintenir une dynamique sur ces « hautes terres » préservées du Massif Central. Cette volonté trouve sa traduction dans la Charte du PNR de l'Aubrac. Il s'agit de la « feuille de route » du territoire pour les 15 prochaines années.

Un PNR est, avant tout, un outil de développement territorial orienté vers la valorisation

des richesses naturelles, culturelles et paysagères. C'est pourquoi, la stratégie proposée par la Charte Forestière de Territoire permet de prendre en compte 3 types d'enjeux : économiques (émergence de filières locales), environnementaux (changement climatique, préservation de la biodiversité forestière) et sociaux-culturels (diversité paysagère). Le PNR de l'Aubrac a un rôle de coordination et d'accompagnement des acteurs sur l'ensemble des actions de la Charte.

L'ENJEU POUR LE TERRITOIRE: RÉHABILITER LES BANDES BOISÉES

Le PNR de l'Aubrac souhaite travailler à maintenir les différentes fonctionnalités des bandes boisées. Cet objectif rencontre plusieurs difficultés :

- l'absence de références techniques locales quant à la constitution de ces nouvelles bandes boisées. Il est, aujourd'hui nécessaire d'expérimenter afin d'identifier des itinéraires techniques adaptés à l'Aubrac
- l'absence de soutien financier. Le cloisonnement des dispositifs d'aides agricoles et forestiers ne permet pas de soutenir de nouvelles plantations.
- l'absence d'acteurs techniques identifiés en mesure d'intervenir à l'échelle de l'Aubrac. C'est pourquoi le PNR de l'Aubrac souhaite impulser une dynamique globale, s'inscrivant sur la durée de sa Charte (15ans), afin de répondre cette problématique de réhabilitation des bandes boisées.

En 2019, le PNR de l'Aubrac engage un appel à initiative afin d'identifier 5 à 10 chantiers pilotes potentiels. Ces chantiers peuvent concerner tant des particuliers que des collectivités. L'enjeu central consiste, dans les années à venir, à pérenniser et réhabiliter une partie des bandes boisées. Avec un triple objectif :

- enclencher une dynamique localement en sensibilisant l'ensemble des acteurs locaux ;
- expérimenter des itinéraires techniques ;
- tester des logiques organisationnelles entre acteurs forestiers et agricoles.

La réalisation effective des chantiers pilotes interviendra entre 2020 et 2022. Un suivi des dispositifs sera engagé afin de mesurer leur efficacité et leur réponse au changement climatique.



MULTIFONCTIONNALITÉ DES BANDES BOISÉES

Le travail de diagnostic sur les bandes boisées a révélé un point très positif des bandes boisées. Il s'agit de la multiplicité des fonctions tant économiques, environnementales et sociales qu'elles remplissent. Aujourd'hui, les acteurs du territoire commencent juste à percevoir ces enjeux.

Économique

- **Filière bois.** Les bandes boisées représentent, aujourd'hui, une ressource en bois facilement mobilisable. Le développement de la filière bois – énergie sur le territoire offre une perspective de valorisation en circuit court de la ressource ligneuse.
- **Litière.** Dans un contexte de changement climatique, de plus en plus d'éleveurs sont dans l'obligation d'importer de la paille en été. Les bandes boisées offrent des alternatives via la valorisation des bois feuillus en plaquette permettant de fournir une litière de qualité aux bétails et réduire la fréquence de paillage. (1 tonne de paille = 4m3 de plaquettes, source : Mission Haie Auvergne, mars 2018).
- **Lutte biologique.** Les bandes boisées contribuent à la lutte contre le rat taupier. Elles offrent un habitat favorable à un ensemble de prédateurs (renard, buse, milan, chouette, blaireau...), dont l'embématique hermine.

Social

- **Ombre.** Elles sont identifiées comme un élément de confort apprécié par les randonneurs. L'ombrage des bandes boisées participe également au bien-être du bétail en été. Cela représente une diminution de 5 à 8°C en fonction de la température de l'air ambiant et de l'humidité relative (Heikimian S., Mission Haies, janvier 2019)
- **Maintenance du manteau neigeux.** La présence des bandes boisées permet de maintenir un couvert neigeux plus longtemps pérennisant les activités de pleine nature hivernale.
- **Pare-congère.** Il est essentiel de continuer d'intégrer la fonction pare-congère des bandes boisées dans un contexte de changement climatique car une diminution générale des précipitations neigeuses n'implique pas une diminution des épisodes extrêmes.
- **Brouillard.** La bande boisée est un obstacle à l'écoulement de l'air, contenant le brouillard et la brume. La visibilité accrue améliore la sécurité des routes sur l'Aubrac.
- **Pare-vent.** Les bandes boisées participent à la protection du bétail contre le vent et les intempéries et contribuent à leur bien-être.

Environnemental

- **Stockage de carbone.** L'exploitation des bandes boisées a été amorcée et leur renouvellement n'est pas obligatoirement engagé. Le reboisement est donc un enjeu climatique en terme de stockage carbone.
- **Régulation du cycle de l'eau.** Le stockage de neige, induit par les bandes boisées, sous forme de congères permet de garder des quantités significatives d'eau sur les estives.
- **Corridor écologique.** Les bandes boisées sont, sur le plateau ouvert de l'Aubrac, un élément fortement recherché par la faune en termes d'habitat. Elles assurent une continuité, sous forme de trame forestière, permettant de connecter des massifs éloignés. A ce titre, les bandes boisées sont plébiscitées par les acteurs environnementaux et cynégétiques.



LABEL « VÉGÉTAL LOCAL »

Les plantations des chantiers pilotes combineront des feuillus et des résineux. Ces dernières intégreront des essences forestières MFR et des végétaux sous label « végétal local ». Ce label garantit :

- un patrimoine génétique diversifié
 - une provenance locale des graines
 - une traçabilité intégrale
 - une conservation de la ressource sur le territoire
- La plus grande diversité d'essences promue par le label « végétal local » renforce la capacité d'adaptation des bandes boisées au changement climatique. En effet, une sélection non axée sur des critères phénotypiques, lors de la récolte de graine, permet une plus grande diversité génétique garantie d'une meilleure résilience aux aléas climatiques.

De plus, les techniques culturales utilisées en label végétal local (sans intrants, sans irrigation et en pleine terre) favorisent la réussite et la pérennité des plantations face aux modifications climatiques prévues.

La préconisation d'une grande diversité des essences et la gestion à long terme par la stratification des bandes boisées contribuera à une meilleure résilience des systèmes forestiers de l'Aubrac.

Crédits photos : Florian Cabat, agricole sa PNR de l'Aubrac en travail agricole agricole spécialisé forestier le BSA, Benjamin Vivet
Sources : Florian Cabat, Benoît Bédère, Chargé de missions Forêt et Filière bois, PNR de l'Aubrac.
Conceptions graphiques : Béatrice Yessadère, docteur en LARPE, ESR Horticulture, création et cartographie.

Avril 2019

© Parc de l'Aubrac - 05 65 48 11 11



Le concept de réserve utile en eau à l'épreuve des sols forestiers : l'exemple du Haut Languedoc

Baptiste ALGAYER¹, Philippe LAGACHERIE², Jean LEMAIRE³, Jérôme GOUIN⁴

Dans le contexte des changements climatiques en cours, la ressource en eau constitue un enjeu crucial au regard de la gestion forestière. Le sol agit comme un réservoir qui peut stocker les eaux pluviales et les restituer progressivement aux arbres. La Réserve Utile en Eau des sols (RUE) estime ce réservoir potentiellement disponible pour un sol donné. La RUE est habituellement estimée par la description d'un profil de sol sondé avec une pioche et une tarière. Cette méthode est pratique et opérante mais présente des limites bien identifiées : profondeur limitée, quantité d'eau présente dans les cailloux non intégrée, fonctions de pédotransfert inadaptées. Les objectifs de la présente étude, réalisée dans le cadre du projet LIFE FORECCAsT, sont de déterminer la RUE plus précisément par de nouvelles approches de ses composantes et d'estimer l'apport de ces innovations pour mieux rendre compte de la variabilité de vitalité des peuplements forestiers.

Une campagne est réalisée sur 100 placettes forestières réparties sur le territoire du Parc naturel régional du Haut Languedoc (Pnr HL). Sur chaque placette, 3 diagnostics sont réalisés 1) un diagnostic du peuplement forestier ; 2) une estimation de la RUE par méthode classique (méthode « pioche-tarière ») ; 3) une estimation de la RUE par fosse pédologique profonde. Les paramètres d'estimation de la RUE sont mesurés (épaisseur des horizons, granulométrie, teneur en matières organiques, charge caillouteuse). Des mesures d'humidité spécifique et de densité apparente sont également réalisées sur 35 échantillons de sol et sur des cailloux de différentes minéralogies.

Les résultats montrent que les fonctions de pédotransfert communément utilisées pour caractériser les capacités de rétention en eau de la terre fine ne sont pas valides pour les types de sol rencontrés. Une fonction de pédotransfert locale combinant teneur en matières organiques et texture est calculée. Les échantillons de cailloux prélevés contiennent de l'eau disponible pour les arbres en fonction de leurs nature et degré d'altération. L'estimation de la RUE du sol doit tenir compte de la RUE des cailloux. L'épaisseur du sol (jusqu'à 4-5 m) représente la composante la plus influente dans le calcul de la RUE.

Pour chacune des placettes, la RUE a été recalculée en intégrant 3 innovations : fonctions de pédotransfert adaptées, intégration de la RUE des cailloux et application de profondeurs planchers. Ces RUE ont été confrontées aux variables de peuplement forestiers : fertilité et dépérissement. Pour la fertilité, la RUE calculée avec les innovations permet d'expliquer 21% des variations, contre 5 % par la méthode commune. Pour le dépérissement, à climat constant, la RUE calculée avec un plancher à 200cm (RUE(200)) permet d'expliquer 25% du dépérissement contre 5% par la méthode commune.

Les résultats soulignent la nécessité d'une mise à jour des méthodes d'estimation de la RUE des sols forestiers dans l'objectif de préciser les diagnostics à l'échelle de la parcelle forestière dans un contexte de changements climatiques. Ces résultats seront notamment intégrés dans l'application de diagnostics forestiers de vigilance climatique « FORECCAsT by BioClimSol », développée par le projet FORECCAsT sur le territoire du Pnr HL.

Détail auteurs

¹ Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 1 place du Foirail, BP9, 34220 Saint-Pons de Thomières

² LISAH, Université de Montpellier, IRD, INRA, Montpellier SupAgro, 34060 Montpellier

³ Institut pour le Développement Forestier, 175 cours Lafayette, 69006 Lyon

⁴ GéoSolEau, 4 place du pressoir, 34690 Fabrègues



LE CONCEPT DE RESERVE UTILE EN EAU DES SOLS A L'EPREUVE DES SOLS FORESTIERS

FORECCAST

L'exemple du Haut-Languedoc

Baptiste ALGAYER¹, Philippe LAGACHERIE², Jean LEMAIRE³, Jérôme GOUIN⁴

¹Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 34220 Saint-Pons-de-Thomières ; ²LISAH, Univ.Montpellier, INRA, IRD, SupAgro, 34060 MONTPELLIER ;

³Institut pour le Développement Forestier, 69006 LYON ; ⁴GéoSolEau, 34690 FABREGUES

LA RÉSERVE UTILE EN EAU DES SOLS

Le sol agit comme un réservoir qui stocke et restitue l'eau aux plantes

Réserve Utile en Eau (RUE)

Facteur complémentaire du climat
Permet de discriminer les stations forestières

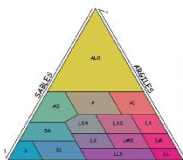
Le sol est un matériau hétérogène, donc pour calculer la RUE, il faut

- Estimer le volume et les propriétés de la terre fine
- Estimer le volume des cailloux
- Mesurer l'épaisseur des horizons

Méthode usuelle opérante mais limitée



Sondage pioche - tarière



Terre fine
Méthode Jamagne



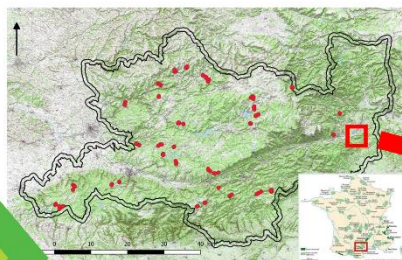
Exclusion du volume des cailloux

Objectif :

Estimer RUE avec + de précision et confronter la méthode aux particularités des sols forestiers

LA CAMPAGNE DE TERRAIN FORECCAST

100 placettes forestières



Creusement de 100 fosses pédologiques profondes jusqu'à la roche sous jacente (de 0,8 à 4,5 m)



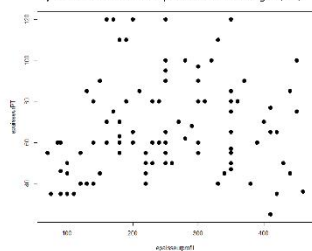
Mesures de rétention en eau sur échantillons de cailloux et mottes de terre fine

RÉSULTATS

• Épaisseur du sol

Sols très épais (jusqu'à 4,5 m)

Épaisseur des fosses Vs épaisseur des sondages (cm)



→ sondages pioche-tarière pas représentatifs de l'épaisseur des sols forestiers

3 Innovations

• Rétention en eau de la terre fine

Sols sableux et riches en matière organique

→ Fonction pédotransfert Jamagne ne prédit pas précisément rétention en eau

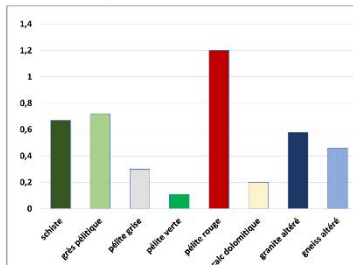
→ Construction d'une fonction pédotransfert locale (texture + matière organique)

• Rétention en eau des cailloux

Sols très caillouteux (>50%)

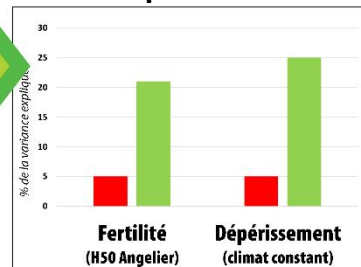
→ RUE varie selon nature du caillou

Coefficient de RUE pour les échantillons de cailloux



Relation avec peuplement forestier

RUE intégrant les 3 innovations améliore fortement la prédiction de fertilité et dépérissement



% de prédiction par la RUE méthode usuelle et intégrant les innovations

CONCLUSION

Les sols forestiers présentent des caractéristiques particulières

→ Nécessité de mettre à jour la méthode pour estimer RUE à l'échelle de la parcelle forestière

Le module sol de l'application FORECCAsT by BioClimSol permet de prédire une RUE pour des profondeurs jusqu'à 200 cm intégrant en partie les innovations présentées, pour améliorer la précision des diagnostics à l'échelle de la parcelle forestière.

Le projet LIFE FORECCAsT (LIFE15 CCA/FR/000021 - www.foreccast.eu) est financé par :



Itinéraires sylvicoles adaptés aux changements climatiques en Haut-Languedoc: les sites expérimentaux du projet FORECCAsT

Raphaël BEC^{1*}, Constance PROUTIERE^{2*}, Jean-Michel D'ORAZIO¹, Pascal MATHIEU³, Magali MAVIEL³, Michèle LAGACHERIE⁴

Situé à la confluence de trois climats (méditerranéen, atlantique, montagnard), le Parc naturel régional du Haut-Languedoc (Pnr HL) est particulièrement sensible aux changements climatiques. Par ailleurs, la forêt qui couvre les deux tiers du Pnr HL y est une richesse économique, environnementale et sociale majeure. Les modifications du climat, comme par exemple la multiplication des épisodes de sécheresse intense, auront très certainement un impact négatif majeur sur cette composante essentielle du territoire.

Pour toutes ces raisons, il était indispensable de développer localement plusieurs actions d'adaptation de la forêt aux changements climatiques. Le Pnr HL s'est donc associé au Centre National de la Propriété Forestière (CNPF) et à la coopérative forestière Alliance Forêts Bois pour réaliser le projet LIFE FORECCAsT. Le but de ce projet est double : fournir aux propriétaires, gestionnaires forestiers et élus locaux des outils pour adapter leur sylviculture aux changements climatiques, et sensibiliser les professionnels et le grand public à ces sujets. Ce poster est consacré à la création d'un de ces outils : la mise en place d'un réseau de sites tests de méthodes d'adaptation aux changements climatiques. Ce réseau est constitué de 24 sites expérimentaux de 1 à 5ha localisés dans le Pnr HL au sein desquels nous testons différentes méthodes d'adaptation de la sylviculture au changement climatique.

Douze de ces sites sont des peuplements forestiers déjà en place, d'essences et d'âge variable, dans lesquels nous testons des protocoles permettant de limiter les besoins en eau, d'atténuer les risques liés aux changements climatiques, de favoriser la régénération naturelle et/ou de préserver les habitats naturels d'intérêt communautaire.

Pour neuf autres sites, nous avons mis en place des plantations mélangées. Associer plusieurs essences au lieu de replanter avec une seule espèce d'arbre permet de limiter les risques dans un contexte climatique futur incertain, de mieux répartir l'utilisation de la ressource en eau des peuplements, de favoriser leur biodiversité et d'améliorer leur résilience.

Enfin, dans trois sites représentatifs des trois grands types de climat du Pnr HL, nous avons installé des arboretums d'une vingtaine d'essences expérimentales potentiellement mieux adaptées au climat à venir, dont certaines n'avaient encore jamais été testées sur le territoire.

Le suivi des tests sylvicoles sur le temps long est assuré par une convention tripartite entre le Pnr HL, le CNPF et les propriétaires des sites. Par tranches de 10 ans renouvelables, le CNPF s'assurera du suivi de la vitalité des peuplements, du risque incendies et de la séquestration de carbone. Le Pnr HL aura à sa charge le suivi de l'impact de nos actions sur la biodiversité locale. Ces sites sont accessibles aux propriétaires, gestionnaires et élus locaux qui bénéficient ainsi de démonstrateurs précieux de méthodes permettant d'adapter leur gestion forestière aux changements climatiques.

Détail auteurs

* ces deux auteurs ont contribué à parts égales à ce poster

¹ Centre Régional de la Propriété Forestière, Maison de Pays, 1 rue de la République, 34600 Bédarieux

² Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 1 place du Foirail, BP9, 34220 Saint-Pons-de-Thomières

³ Centre Régional de la Propriété Forestière, La Milliasolle, BP89, 81003 Albi

⁴ Centre Régional de la Propriété Forestière, 378 rue de la Galera, 34090 Montpellier



ITINÉRAIRES SYLVICOLES ADAPTÉS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN HAUT-LANGUEDOC

FORECCAST

Les sites expérimentaux du projet FORECCAST

Raphaël BEC^{1*}, Constance PROUTIERE^{2*}, Jean-Michel D'ORAZIO¹, Pascal MATHIEU³, Magali MAVIEL³, Michèle LAGACHERIE⁴

*ces deux auteurs ont contribué à parts égales à ce poster

¹Centre Régional de la Propriété Forestière, Maison de Pays, 1 rue de la République, 34600 Bédarieux

²Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 1 place du Foirail, BP9, 34220 Saint-Pons-de-Thomières

³Centre Régional de la Propriété Forestière, La Milliasolle, BP89, 81003 Albi

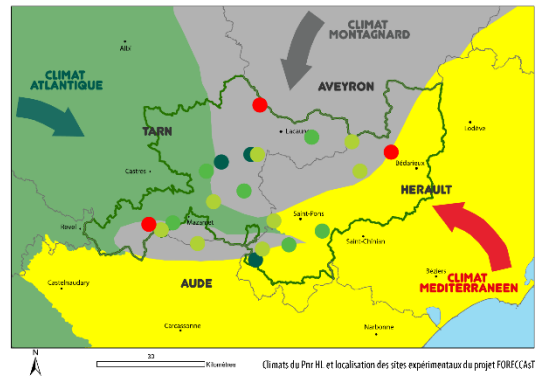
⁴Centre Régional de la Propriété Forestière, 378 rue de la Galera, 34090 Montpellier

OBJECTIF

Mise en place d'un réseau de 24 sites expérimentaux de méthodes d'adaptation de la sylviculture aux changements climatiques

Situé à la confluence de trois climats (méditerranéen, atlantique, montagnard), le Parc naturel régional du Haut-Languedoc (Pnr HL) est particulièrement sensible aux changements climatiques. Par ailleurs, la forêt qui couvre les deux tiers du Pnr HL y est une richesse économique, environnementale et sociale majeure. Les modifications du climat, comme par exemple la multiplication des épisodes de sécheresse intense, auront très certainement un impact négatif majeur sur cette composante essentielle du territoire.

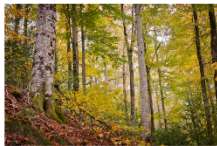
Pour toutes ces raisons, il était indispensable de développer localement plusieurs actions d'adaptation de la forêt aux changements climatiques. Le Pnr HL s'est donc associé au Centre National de la Propriété Forestière (CNPF) et à la coopérative forestière Alliance Forêts Bois pour réaliser le projet LIFE FORECCAST et mettre en place plusieurs outils d'adaptation de la sylviculture aux changements climatiques, dont le réseau de 24 sites expérimentaux de 1 à 5 hectares présenté dans ce poster.



Climats du Pnr HL et localisation des sites expérimentaux du projet FORECCAST

HABITATS NATURELS

Afin de tester des méthodes permettant de maintenir ou d'améliorer l'état de conservation des habitats naturels forestiers dans un contexte de changements climatiques, nous nous sommes intéressés, à titre pilote, à trois sites de hêtraie atlantique acidiphile à houx (HIC 9120) en zone Natura 2000



HIC 9120 en Montagne Noire (J. Casquet - Pnr HL)

Notre objectif y est de limiter les risques liés au climat en favorisant les individus sains et la régénération naturelle du hêtre, espèce structurante de cet habitat. La diminution ponctuelle du couvert de houx est parfois nécessaire pour parvenir à la régénération du peuplement.

PEUPELEMENTS EN PLACE

Quels itinéraires sylvicoles pour quel objectif d'adaptation ?

Neuf stations présentant une diversité d'essences et de stades maturité font l'objet d'essais sylvicoles avec un objectif favorisant l'adaptation. Parmi différents choix et itinéraires possibles, les décisions de gestion ont été prises en considérant les risques liés au contexte stationnel, au niveau de dépérissement et au climat actuel et futur.

Objectif

- Diminuer la consommation en eau (augmentation du pourcentage d'éclaircie, élagages)
- Améliorer l'état sanitaire (éclaircies sur critères sanitaires)
- Favoriser la régénération naturelle (trouées de régénération, gestion du sous-étage, travail du sol)
- Favoriser le mélange d'essences (enrichissement, conservation des essences secondaires présentes)



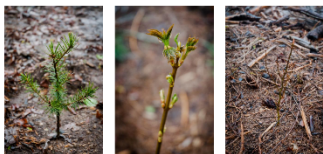
Éclaircie et régénération dans des peuplements de douglas (R. Bec - CNPF)

PLANTATIONS MÉLANGÉES

Pourquoi des plantations mélangées ?

Associer plusieurs essences permet de limiter les risques dans un contexte climatique futur incertain, de mieux répartir l'utilisation de la ressource en eau des peuplements, de favoriser la biodiversité et d'améliorer leur résilience.

Quelles modalités ?



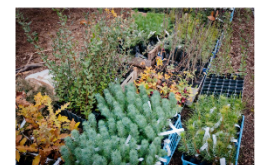
Mélange de douglas, érable sycamore et hêtre commun planté sur la commune de Fontrieu (J. Casquet - Pnr HL)

Les combinaisons d'essences (deux à neuf dont au moins un feuillu) et les modalités de mélange (pied à pied, en bandes, en blocs...) ont été choisies en fonction du comportement social des essences et des caractéristiques des neuf sites sélectionnés.

ARBORETUMS

Nous avons mis en place trois arboretums (un par grand type de climat du Pnr HL) au sein desquels nous avons testé 21 essences ou provenances potentiellement mieux adaptées aux climats à venir.

Les unités génétiques testées correspondent à des essences ou provenances méditerranéennes (sapins méditerranéens, cèdres, chênes méditerranéens, pins...) et à d'autres essences européennes (hêtre, micocoulier...)



Echantillon d'essences testées dans nos arboretums (J. Casquet - Pnr HL)

Et ensuite ?

- Des suivi sur le temps long qui seront assurés par le CNPF et le PNR HL
- Des dispositifs qui permettront l'analyse des modalités testées
- Des sites qui seront supports de démonstrations techniques

Le projet LIFE FORECCAST (LIFE15 CCA/FR/000021 - www.foreccast.eu) est financé par :



Sensibiliser les professionnels de la filière forêt-bois, les élus locaux et le grand public à l'adaptation de la forêt aux changements climatiques : l'apport du projet FORECCAsT

Juliane CASQUET¹, Raphaël BEC², Baptiste ALGAYER¹, Maxime JOURDE¹, Constance PROUTIERE¹

Situé à la confluence de trois climats (méditerranéen, atlantique, montagnard), le Parc naturel régional du Haut-Languedoc (Pnr HL) est particulièrement sensible aux changements climatiques. Par ailleurs, la forêt qui couvre les deux tiers du Pnr HL y est une richesse économique, environnementale et sociale majeure. Les modifications du climat, comme par exemple la multiplication des épisodes de sécheresse intense, auront très certainement un impact négatif majeur sur cette composante essentielle du territoire.

Pour toutes ces raisons, il était indispensable de développer localement plusieurs actions d'adaptation de la forêt aux changements climatiques. Le Pnr HL s'est donc associé au Centre National de la Propriété Forestière (CNPF) et à la coopérative forestière Alliance Forêts Bois pour réaliser le projet LIFE FORECCAsT. Le but de ce projet est double : fournir aux propriétaires, gestionnaires forestiers et élus locaux des outils pour adapter leur sylviculture aux changements climatiques, et sensibiliser les professionnels et le grand public à ces sujets. Ce poster est consacré aux actions de sensibilisation de FORECCAsT.

Nos actions de sensibilisation à destination des professionnels et élus du Pnr HL ont débuté par la mise en place du plan d'action « Gérer les crises liées au changement climatique en forêt du Haut-Languedoc ». Ce guide, rédigé en concertation avec les parties-prenantes locales, a été largement distribué aux professionnels de la forêt et aux élus du Pnr HL.

FORECCAsT a ensuite organisé un colloque qui a permis de leur présenter cette démarche et d'amorcer une série d'échanges à l'échelle du territoire. Ce premier colloque sera suivi d'un deuxième, en novembre 2019, qui permettra d'élargir la discussion aux scientifiques et porteurs de projets européens travaillant sur l'adaptation de la sylviculture aux changements climatiques. Toujours afin de faciliter les échanges entre initiatives similaires, FORECCAsT propose aussi une newsletter internationale sur la forêt et les changements climatiques, diffusée aux acteurs mondiaux de cette problématique.

Concernant les actions de sensibilisation dédiées au grand public, elles consistent en une exposition itinérante qui parcourt le territoire du Pnr HL depuis 2017. Nous proposons aussi annuellement des projets pédagogiques et animations lors de la Journée Internationale des Forêts, durant laquelle FORECCAsT permet à tous d'en apprendre plus sur la forêt et les changements climatiques par le biais d'activités artistiques, ludiques ou pédagogiques.

FORECCAsT propose aussi des moyens d'information destinés à la fois aux professionnels, aux élus et au grand public. On y retrouve de la communication numérique (site web, newsletter, réseaux sociaux) ainsi qu'un cycle de conférences intitulé « Le climat change, les forêts du Haut-Languedoc font face ! ». Constituées d'un tronc commun sur la forêt et les changements climatiques suivi d'un module plus appliqué, ces conférences sont proposées gratuitement à toutes les communes du territoire du Pnr HL.

Détail auteurs

¹ Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 1 place du Foirail, BP9, 34220 Saint-Pons-de-Thomières

² Centre Régional de la Propriété Forestière, Maison de Pays, 1 rue de la République, 34600 Bédarieux



SENSIBILISER LES PROFESSIONNELS DE LA FILIÈRE FORÊT-BOIS, LES ÉLUS LOCAUX ET LE GRAND PUBLIC À L'ADAPTATION DE LA FORÊT AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

FORECCAST

L'apport du projet FORECCAST

Juliane CASQUET¹, Raphaël BEC², Baptiste ALGAYER¹, Maxime JOURDE¹, Constance PROUTIERE¹

¹Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 1 place du Foirail, BP9, 34220 Saint-Pons-de-Thomières

²Centre Régional de la Propriété Forestière, Maison de Pays, 1 rue de la République, 34600 Bédarieux

OBJECTIF

Mettre en place des outils de communication et de sensibilisation sur la forêt et les changements climatiques

Situé à la confluence de trois climats (méditerranéen, atlantique, montagnard), le Parc naturel régional du Haut-Languedoc (Pnr HL) est particulièrement sensible aux changements climatiques. Par ailleurs, la forêt qui couvre les deux tiers du Pnr HL y est une richesse économique, environnementale et sociale majeure. Les modifications du climat, comme par exemple la multiplication des épisodes de sécheresse intense, auront très certainement un impact négatif majeur sur cette composante essentielle du territoire.

Pour toutes ces raisons, il était indispensable de développer localement plusieurs actions d'adaptation de la forêt aux changements climatiques. Le Pnr HL est donc associé au Centre National de la Propriété Forestière (CNPF) et à la coopérative forestière Alliance Forêts Bois pour réaliser le projet LIFE FORECCAST. Le but de ce projet est double : fournir aux propriétaires, gestionnaires forestiers et élus locaux des outils pour adapter leur sylviculture aux changements climatiques, et sensibiliser les professionnels et le grand public à ces sujets. Ce poster est consacré aux actions de sensibilisation de FORECCAST.

POUR LES PROFESSIONNELS ET ÉLUS

Plan d'action en cas de crise climatique sévère

Intitulé « Gérer les crises liées au changement climatique en forêt du Haut-Languedoc », ce guide, rédigé par FORECCAST en concertation avec les parties-prenantes locales, a été largement distribué aux professionnels de la forêt et aux élus du Pnr HL.



Colloques

- **Colloque régional** : organisé le 27 mars 2018 dans le Pnr HL, ce colloque a rassemblé les acteurs locaux de la filière qui ont pu découvrir notre plan d'action et échanger sur les liens entre forêts et risques climatiques
- **Colloque européen** : prévu pour la fin novembre 2019 à Toulouse, ce colloque rassemblera les scientifiques et porteurs de projets européens sur l'adaptation des forêts aux changements climatiques

Réseautage international



Afin de faciliter les échanges entre initiatives similaires, FORECCAST recense sur son site web les projets sur l'adaptation des forêts aux changements climatiques, réalise une veille sur les publications scientifiques et actualités portant sur ces sujets, et édite une newsletter internationale trimestrielle.

Cycle de conférences

Le cycle de conférences « Le climat change, les forêts du Haut-Languedoc font face ! » est une série de 17 conférences organisées gratuitement par FORECCAST dans le Pnr HL. Elles sont composées d'un tronc commun général sur la forêt et les changements climatiques suivi d'un module plus appliqué au choix parmi 4 (sols forestiers, habitats naturels, itinéraires sylvicoles ou gestion de crise climatique)



Conférence de FORECCAST dans le Pnr HL (M. Jourde - Pnr HL)

Communication numérique

www.foreccast.eu



Newsletter d'information

Pour comprendre le contexte du projet et découvrir ses actions

Pour pouvoir suivre la mise en place des actions du projet.

Pour recevoir chaque mois le bilan de nos activités passées et à venir

Exposition itinérante

L'exposition itinérante de FORECCAST « Le climat change, les forêts du Haut-Languedoc font face » parcourt le territoire du Pnr HL depuis 2017.



Animations

FORECCAST propose annuellement des projets pédagogiques et animations lors de la Journée Internationale des Forêts, durant lesquels les habitants du Pnr HL peuvent en apprendre plus sur la forêt et les changements climatiques par le biais d'activités artistiques, pédagogiques ou ludiques.



Nettoyage de forêt, découverte de la gestion forestière et animations en classe (J. Casquet - Pnr HL)

POUR LE GRAND PUBLIC

ENQUÊTE DE PERCEPTION

En parallèle de ces actions de communication et de sensibilisation, FORECCAST réalise annuellement dans le Pnr HL une enquête auprès des gestionnaires, propriétaires forestiers, élus locaux et du grand public. Cette enquête a deux buts complémentaires :

- Suivre l'évolution de la perception de la forêt et des changements climatiques par ces publics
- Suivre la dissémination de nos actions et outils à l'échelle du Pnr HL

Le projet LIFE FORECCAST (LIFE15 CCA/FR/000021 - www.foreccast.eu) est financé par :



« FORECCAsT by BioClimSol », un outil d'aide à la décision numérique pour adapter la sylviculture aux changements climatiques

*Maxime JOURDE¹, Raphaël BEC², Baptiste ALGAYER¹, Constance PROUTIERE¹, Thomas BRUSTEN³,
Juliane CASQUET¹, Jean LEMAIRE⁴*

Situé à la confluence de trois climats (méditerranéen, atlantique, montagnard), le Parc naturel régional du Haut-Languedoc (Pnr HL) est particulièrement sensible aux changements climatiques. Par ailleurs, la forêt qui couvre les deux tiers du Pnr HL y est une richesse économique, environnementale et sociale majeure. Les modifications du climat, comme par exemple la multiplication des épisodes de sécheresse intense, auront très certainement un impact négatif majeur sur cette composante essentielle du territoire.

Pour toutes ces raisons, il était indispensable de développer localement plusieurs actions d'adaptation de la forêt aux changements climatiques. Le Pnr HL s'est donc associé au Centre National de la Propriété Forestière (CNPF) et à la coopérative forestière Alliance Forêts Bois pour réaliser le projet LIFE FORECCAsT. Le but de ce projet est double : fournir aux propriétaires, gestionnaires forestiers et élus locaux des outils pour adapter leur sylviculture aux changements climatiques, et sensibiliser les professionnels et le grand public à ces sujets. Ce poster est consacré à la création d'un de ces outils : l'application mobile « FORECCAsT by BioClimSol ».

Le principe général de l'application est qu'il s'agit d'un outil d'aide à la décision fonctionnant à l'échelle de la parcelle forestière et utilisable sur le terrain. Il combine des informations sur les caractéristiques dendrométriques et topographiques de la parcelle, le climat avec des modèles de changements climatiques pour fournir des diagnostics complétant l'expertise de terrain des forestiers. Ces diagnostics sont liés à des pistes de gestion sylvicole adaptées au climat à venir et à la destination de la parcelle (production de bois, conservation de l'habitat...).

L'application géolocalise l'utilisateur sur la parcelle et combine les données qu'il récolte avec des données géoréférencées pour fournir deux types de diagnostics :

- Un diagnostic « Peuplement sur pied » pour les peuplements déjà en place
- Un diagnostic « Solutions de boisement » pour les projets de reboisement

L'application se base sur la méthode BioClimSol développée par le CNPF. Les diagnostics qu'elle fournit sont basés sur des données climatiques (actuelles et futures), topographiques, dendrométriques, sanitaires et pédologiques (sol) à partir desquelles sont calculés deux types d'indices :

- Pour les essences bien connues avec des données de dépérissement disponibles à l'échelle nationale, on calcule un indice de vigilance BioClimSol (IBS) qui intègre à la fois le climat, le sol, la topographie et les bio-agresseurs.
- Pour les essences moins connues ou expérimentales, on construit un modèle de niche autécologique à partir d'un modèle de niche climatique national croisé avec les exigences pédologiques et topographiques de chaque essence

L'application, dont la diffusion commencera courant 2019, est utilisable à l'échelle nationale. Ses modèles seront constamment améliorés en fonction des diagnostics effectués par les utilisateurs, qui alimenteront une base de données nationale. Selon les jeux de données disponibles, il sera possible de développer ultérieurement des modèles plus précis localement pour mieux refléter les particularités régionales des forêts françaises.

Détail auteurs

¹ Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 1 place du Foirail, BP9, 34220 Saint-Pons-de-Thomières

² Centre Régional de la Propriété Forestière, Maison de Pays, 1 rue de la République, 34600 Bédarieux

³ Institut pour le Développement Forestier, 13 avenue des Droits de l'Homme, 45291 Orléans

⁴ Institut pour le Développement Forestier, 175 cours Lafayette, 69006 Lyon



Maxime JOURDE¹, Raphaël BEC², Baptiste ALGAYER¹, Constance PROUTIERE¹, Thomas BRUSTEN³, Juliane CASQUET¹, Jean LEMAIRE⁴

¹Parc naturel régional du Haut-Languedoc, 1 place du Foirail, BP9, 34220 Saint-Pons-de-Thomières

²Centre Régional de la Propriété Forestière, Maison de Pays, 1 rue de la République, 34600 Bédarieux

³Institut pour le Développement Forestier, 13 avenue des Droits de l'Homme, 45291 Orléans

⁴Institut pour le Développement Forestier, 175 cours Lafayette, 69006 Lyon

OBJECTIF

Créer un outil d'aide à la décision numérique pour adapter la sylviculture aux changements climatiques

Face aux changements climatiques, à leurs premières conséquences négatives observées sur certains peuplements forestiers et à l'incertitude qui grandit sur les choix à faire lors de projets de reboisements dans un contexte climatique en pleine évolution, il existe aujourd'hui une demande forte pour des outils permettant aux propriétaires, gestionnaires et élus locaux d'adapter leur sylviculture aux modifications du climat. L'objectif de cette action, développée dans le cadre du projet LIFE FORECCAsT (porté par le Parc naturel régional du Haut-Languedoc, le CNPF et la coopérative Alliance Forêts-Bois), est de répondre à cette demande via la création de l'application mobile « FORECCAsT by BioClimSol », utilisable sur tout le territoire français.

DONNÉES DE TERRAIN

Renseignées par l'utilisateur

Positionnement GPS
Contexte stationnel
Caractéristiques du peuplement

Diagnostic pédologique
Problèmes sanitaires
Dépérissement (ARCHI-CNPF et/ou DEPERIS-DSF, facultatif)

DONNÉES GÉORÉFÉRENCÉES

Calculées par l'application

Données topographiques
Altitude
Exposition
Pente...

Données climatiques actuelles et futures
Températures
Bilans hydriques climatiques

BIOCLIMSOL ?

BioClimSol est un outil numérique du Centre National de la Propriété Forestière.

L'acronyme BioClimSol se décompose en :

- **Bio** pour la prise en compte du vivant, en l'occurrence une essence, ou un peuplement
- **Clim** pour la prise en compte du climat,
- **Sol** pour la prise en compte des facteurs compensateurs ou aggravants le climat, liés au sol et à la topographie, en particulier la disponibilité en eau.

BioClimSol permet de cartographier des "zones de vigilance climatique" spécifiques à chaque essence. L'important n'est pas toujours le climat moyen, mais bien plus les extrêmes climatiques auxquels est soumis un peuplement. Ces zones sont couplées à un diagnostic de la station et du peuplement, pour préconiser in fine des recommandations sylvicoles pour la gestion des peuplements sur pied ou des propositions d'essences pour les reboisements.

C'est l'ensemble du diagnostic : climat + station + peuplement qui permet ces préconisations. BioClimSol n'est ni un outil de prédiction de la production forestière, ni un outil de cartographie des dépérissements.

Plus d'informations :

<https://www.foretriveefrancaise.com/n/bioclimsol/n:558>

OUTIL

BIOCLIMSOL

DIAGNOSTICS

Peuplement sur pied (IBS)

Renvoie un niveau de vigilance de 1 à 10 lié à une probabilité de voir apparaître du dépérissement, fonction de facteurs biotiques, climatiques et pédologiques

Solutions de boisement (IBS et INB)

Propose une liste d'essences susceptibles d'être adaptées à la parcelle, présentant un faible risque de dépérissement ou proches de leur cœur de niche autécologique

RECOMMANDATIONS SYLVICOLES

En fonction des résultats des diagnostics et du dépérissement qu'il observe sur le terrain, l'utilisateur a accès à des pistes de gestion sylvicoles adaptées au climat à venir et à l'objectif de gestion de la parcelle (production de bois, conservation de l'habitat...)

INDICES CALCULÉS

A partir des données de terrain et géoréférencées, l'application calcule deux types d'indices :

- **IBS** : pour les essences bien connues avec des données de dépérissement disponibles à l'échelle nationale, on calcule un indice de vigilance BioClimSol (IBS) qui intègre à la fois le climat, le sol, la topographie et les bio-agresseurs.
- **INB** : pour les essences moins connues ou expérimentales, on calcule un indice de niche BioClimSol (INB) construit à partir d'un modèle de niche climatique national croisé avec les exigences pédologiques et topographiques de chaque essence

Ces indices sont calculés pour le climat actuel et futur (+1°C et +2°C pour l'IBS, +1°C pour l'INB)

CALENDRIER

Dans le Pnr HL



Début 2019 :
programmation de
l'application



Courant 2019 : tests
et formations



Fin 2019 : dissémination
de l'application

Le projet LIFE FORECCAsT (LIFE15 CCA/FR/000021 - www.foreccast.eu) est financé par :



OPTMix - Oak Pine Tree Mixture

Dispositif expérimental de long-termes sur les forêts mélangées chêne-pin

***Korboulewsky Nathalie**, Balandier Philippe, Boscardin Yves, Couteau Camille, Dumas Yann, Ginisty Christian, Gosselin Marion, Hamard Jean-Pierre, Mårell Anders, Menuet Catherine, Pérot Thomas, Perret Sandrine*

Les gestionnaires forestiers doivent relever plusieurs défis : adapter les forêts au changement climatique, répondre à la demande croissante de bois (augmentation des prélèvements de bois, et notamment de bois énergie), maintenir la biodiversité et la qualité des sols, et assurer le renouvellement des peuplements.

Le site expérimental de terrain OPTMix (<https://optmix.irstea.fr>) permet d'étudier l'impact de ces changements sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers et de tester différents scénarios de sylviculture. Trois facteurs sont testés et contrôlés :

- composition du peuplement (chêne pur, pin pur, mélange de pin et de chêne) et
- densité de peuplement (nombre d'arbres / ha) combinée avec
- présence d'ongulés sauvages (chevreuils, sangliers, chevreuils),

L'objectif est d'étudier les effets de ces facteurs et leur combinaison sur le fonctionnement de l'écosystème, notamment la productivité des arbres, l'utilisation et l'allocation des ressources (y compris l'eau et les nutriments), la dynamique de la biodiversité et de la végétation du sous-étage, y compris la régénération.

OPTMix est un site expérimental composé de 33 parcelles (de 0,5 ha) sélectionnées dans des peuplements forestiers équiennes de 60 à 80 ans en région tempérée de plaine (forêt domaniale d'Orléans au centre de la France (47 ° 49 'de latitude nord, 2 ° 29'). L'expérimentation comporte 3 répétitions pour chaque combinaison de facteurs (densité, composition, herbivorie), soit 27 placettes (3 * [[3 compositions * densité 0.7] + [3 compositions * densité 0.4 * 2 pressions d'herbivorie]]). En plus et dans le cas des peuplements mélangés, des modalités supplémentaires ont été installées : 3 placettes avec aucune intervention sylvicole (densité forte) ; 3 placettes avec enclos sélectif ne laissant entrer que les sangliers. Au total le dispositif comporte 33 placettes expérimentales réparties sur 12 parcelles forestières. La plupart des placettes est équipée d'appareils de mesure du microclimat, en particulier du bilan hydrique (capteurs de température, d'humidité relative, de rayonnement ; pluviomètres, sondes d'humidité du sol à 3 profondeurs ; piézomètres). Des dendromètres ont été installés sur un échantillon d'arbres afin de suivre leur croissance en continu et en particulier à l'échelle intra-annuelle. En parallèle, des suivis de populations d'herbivores (ongulés sauvages et micromammifères), de diversité, de dynamique de la végétation et de la régénération forestière ainsi que de l'utilisation des ressources par les arbres (eau, lumière, nutriments) sont réalisés.

Nous mesurons divers paramètres sur le sol (paramètres physico-chimiques, eau, cycle des nutriments), les plantes (croissance, diversité, couverture, quantité de litière et chimie) et les animaux (diversité, prédation) afin de comprendre:

- (i) le fonctionnement des peuplements mixtes par rapport aux peuplements monospécifiques,
- (ii) le rôle des facteurs biotiques et abiotiques sur la dynamique forestière, y compris la biodiversité et la régénération des arbres,
- (iii) les avantages et les limites des pratiques de gestion pour faire face au changement climatique et
- (iv) la vulnérabilité des forêts au changement global.

Ce dispositif vise donc à améliorer les connaissances sur le fonctionnement des forêts mélangées en région tempérée avec des applications directes à la gestion forestière en particulier dans le cadre des changements climatiques. Les résultats profiteront aux gestionnaires forestiers et aux différents acteurs du territoire pour relever les défis socio-éco-environnementaux.

Détail auteurs

Irstea - UR Ecosystèmes forestiers, Domaine des Barres F-45290 Nogent-sur-Vernisson
nathalie.korboulevsky@irstea.fr



OPTMix

Oak Pine Tree Mixture

<https://optmix.irstea.fr/>

Korboulewsky N., Balandier P., Ballon P., Boscardin Y., Dauffy-Richard E., Dumas Y., Ginisty C., Gosselin M., Hamard J.P., Laurent L., Mârell A., Menuet C., NDiaye A., Novara E., Pérot T., Perret S., Rocquencourt A., Seigneur V., Vallet P.

IRSTEA - Centre de Nogent-sur-Vernisson, Unité de Recherche Ecosystèmes Forestiers

A long-term experimental site in temperate oak-pine forest

In the CONTEXT of

the climate change, increase of wood demand, and development of the populations of wild ungulates, management practices have to evolved.



THE OBJECTIVE IS TO STUDY the cross effects of

- stand composition (pure oak, pure pine, mixed pine-oak) and
 - stand density (number of trees/ha) combined with
 - presence of wild ungulates (roe deer, wild boar, red deer),
- on the ecosystem functioning such as tree productivity, resource use and allocation (including water and nutrients), biodiversity and understory vegetation dynamics including regeneration.



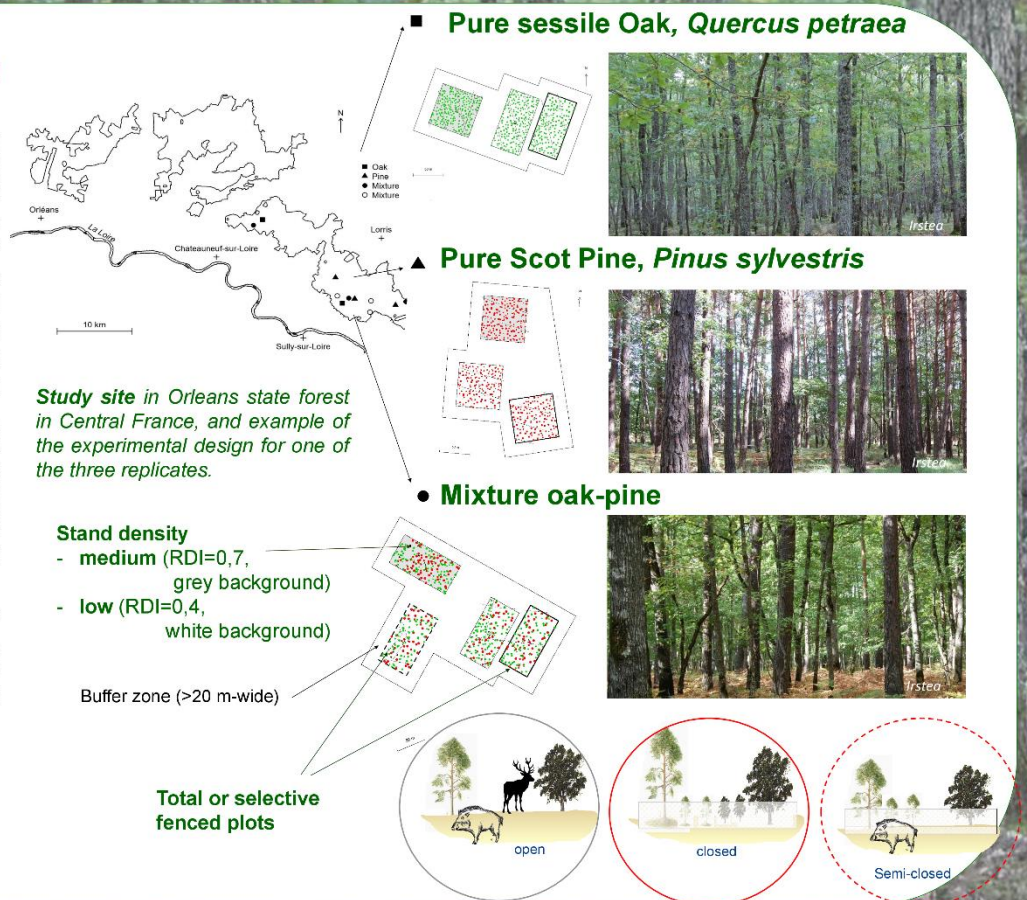
OPTMix is an experimental site

composed of 33 plots (of 0,5 ha) selected in even-aged lowland temperate forest stands of 60-80 years old (Orleans state forest in Central France, (47° 49' N, 2° 29' E)). The experiment consists of a partially crossed factorial experiment. Stand composition and tree density (low and medium) have a completely crossed factorial design, while the third factor, herbivory, is completely crossed with stand composition only for the low tree density. We added mixed control stands without any harvest (with the aim to study self-thinning process).

Each stand is equipped with a sensor network (temperature, light, relative humidity, rainfall, soil water content, soil water table depth) connected to a datalogger.



Irstea, G. Maisonneuve



Study site in Orleans state forest in Central France, and example of the experimental design for one of the three replicates.

We study various parameters on soil (physico-chemical parameters, water, nutrient cycle), plants (diversity, cover, litter quantity and chemistry) and animals (diversity, predation) in order to understand:

(i) the functioning of mixed stands vs monospecific stands, (ii) the role of biotic and abiotic factors on forest dynamic including biodiversity and tree regeneration, (iii) benefits and limits of managements practices to face the climate change and (iv) the vulnerability of forests towards global change.

Some figures: 10 000 trees measured, ≈ 400 sensors for 80 000 data measured /day, 800 plots to study regeneration and flora diversity, 100 vegetal and animal species identified.

This experiment will benefit to forest managers and industry players to meet the socio-eco-environmental challenges.



Irstea, G. Maisonneuve



Irstea



Irstea



Irstea, G. Maisonneuve



Irstea, G. Maisonneuve



Irstea, G. Maisonneuve



Irstea, G. Maisonneuve



MEDForFUTUR

Adapter les forêts aux changements climatiques

- Diversifier l'offre en ressources génétiques pour renouveler et adapter les forêts méditerranéennes et alpines.
- Constituer un réseau de parcelles de gestion de référence (plantation, enrichissement) dans des contextes variés.
- Faire participer les propriétaires et les gestionnaires à la définition de sylvicultures adaptatives.

Des îlots pour l'avenir

- ◆ Multiplier les îlots d'avenir (0,5 ha) pour diversifier les contextes et optimiser l'adaptation
- ◆ Espèces testées : 6 feuillus, 6 résineux pour les étages supra-méditerranéen et montagnard
- ◆ Diffusion des nouvelles pratiques pour enclencher leur mise en œuvre dans la gestion forestière en forêt publique et privée
- ◆ Financement privé des plantations privées

De la recherche à la gestion

- ◆ Réalisation de parcelles de démonstration (de la science vers la gestion)
- ◆ Démarche expérimentale d'acquisition de connaissances (de la gestion vers la science)
- ◆ Concertation entre chercheurs, gestionnaires et propriétaires forestiers



En Provence-Alpes-Côte d'Azur, les changements climatiques représentent :

- ↗ 2°C en 50 ans (*Météo France 1959-2009*)
- ↘ de pluies efficaces
- ↗ d'arbres qui dépérissent
- ↗ de risque d'incendies
- ↘ de forêts qui se régénèrent naturellement
- ↗ de maladies ou de parassites opportunistes

Partenaires



Financiers



paca.cnpf.fr

Centre Régional de la Propriété Forestière
de Provence-Alpes-Côte-d'Azur

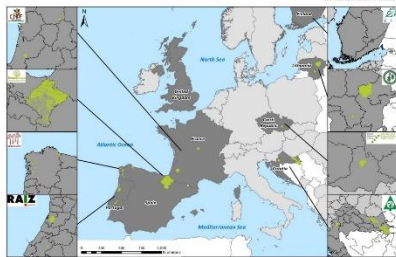
7, impasse Ricard Digne - 13004 MARSEILLE



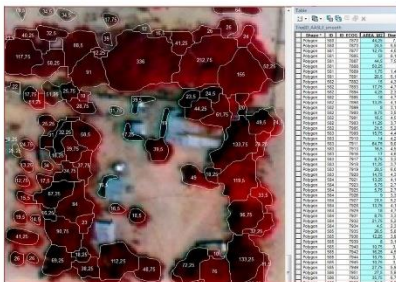
LA TÉLÉDÉTECTION AU SERVICE DE LA GESTION FORESTIÈRE DURABLE



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 776045



Les sites de démonstration répartis chez les partenaires du projet



Caractérisation de la végétation à partir des données satellitaires VHR

Le programme **MySustainableForest** (nov. 2017 – oct. 2020) cherche à fournir les bases d'un **outil Web pré-commercial** offrant des **services d'information géographique tout au long de la chaîne sylvicole**, depuis la gestion intégrée des forêts jusqu'à la transformation industrielle des bois.

Ce projet mobilise différentes sources de données de télédétection telles que les données satellitaires (ex. Sentinel du programme Copernicus), les données LIDAR et d'autres données hétérogènes transmises par les utilisateurs locaux.

Les **services et produits** du projet **MySustainableForest** sont testés sur plusieurs **sites de démonstration**, représentatifs des différentes régions bioclimatiques et types de forêts à travers l'Europe : Forêts naturelles tempérées (chênes) et des plantations (Pinus spp) en **Espagne** ; des forêts continentales tempérées et méditerranéennes (peuplement mixte de chêne pédonculé) en **Croatie** ; plantations méditerranéennes (Eucalyptus spp.) au **Portugal** ; forêts atlantiques en **France** et continentales tempérées en **République Tchèque** et **Lituanie**.



Image satellitaire Sentinel 2B. Source: ESA Data Hub



Grande diversité des paysages forestiers et de leurs usages

CARACTÉRISATION DU SITE FORESTIER Données forestières classiques telles que types de peuplements, infrastructures, hauteur dominante, âge, densité, perturbations telles que coupes rases, incendies, topographie, modèle numérique de terrain, pente.

CARACTÉRISATION DU BOIS Modélisation et cartographie des attributs liés au potentiel et la performance du bois (densité, résistance et rigidité du bois).

BIOMASSE ET SÉQUÊSTRATION CO₂ Estimation du volume de bois sur pied et du stock de carbone.

ÉTAT DE SANTÉ DE LA FORET Evaluation des conditions sanitaires et de l'état de santé en général, facteurs de stress hydrique, gel, attaque de parasites.

VULNÉRABILITÉ DES ÉCOSYSTÈMES Fourniture d'indicateurs de biodiversité, morcellement des habitats, érosion des sols et risques d'inondation et d'incendie.

FONCTIONS ET CONDITIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES Analyses basées sur le Système de comptabilité économique environnementale (SCEE) proposé par les Nations Unies.



Suivi des coupes d'exploitation



Suivi des dégâts de tempêtes



Infrastructures de prévention du risque incendie

MySustainableForest vise des objectifs technologiques, commerciaux, sociaux et politiques ambitieux :

- **Accompagner les gestionnaires forestiers** avec des données géo-référencées issues de diverses sources adaptées au site (données satellites, aériennes, LIDAR ou *in-situ* sur le terrain) et traitées spécifiquement selon des modèles numériques éprouvés.
- Proposer des produits de qualité, accessibles et faciles d'utilisation *via* une **plate-forme Web**.
- Démontrer la qualité, la fonctionnalité et les **benefices de ces produits** au sein de la communauté forestière en Europe.
- **Formuler des recommandations à l'intention des décideurs politiques** afin de soutenir les propriétaires de forêts et les industries de transformation du bois de l'UE.

CONTACT FRANÇAIS

CNPF – Centre national de la propriété forestière / 47 rue de Chaillot, 75117 Paris, FRANCE / www.cnpf.fr / [CNPF](https://www.linkedin.com/company/cnpf)

LES PARTENAIRES

