



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

*Direction Générale de l'Alimentation
Sous-Direction de la Santé et de la Protection des Végétaux*

Département de la santé des forêts

LA LETTRE DU DSF

N° 61 – SEPTEMBRE 2024

Le Département de la santé des forêts participe au quotidien à de nombreux projets, études, thèses pour mieux comprendre ou suivre la santé des forêts. Il accompagne ses partenaires de différentes façons : financements, expertise, observations et relevés de terrain, base de données... Chaque année, de nouveaux éléments de compréhension ou de surveillance sont ainsi disponibles. Cette Lettre fait un résumé des derniers résultats disponibles.

EPICLIM : influence des interactions *Epinotia subsequana* - climat sur le dépérissement du sapin pectiné dans les Préalpes du sud (2022-2023) 3

PERPLEX : Introduction d'essences exotiques : Quel avenir pour nos forêts ? Quelles perceptions des forestiers ? 5

DOUX GLACE : Etude du rougissement physiologique du douglas dans le Massif-central 7

ANTROPOCHENE : anticiper, comprendre et analyser les pathologies complexes et émergences des chênes 9

SORE - Résultats des piégeages « large spectre » 2023 menés dans les principaux sites d'importation de végétaux en France 11

ACLIM : Observe-t-on une atténuation de la chalarose dans les régions anciennement colonisées ? 15

La **Lettre du DSF** est destinée principalement aux correspondants-observateurs et aux partenaires du Département de la santé des forêts. Elle diffuse des informations brèves à caractère technique et scientifique sur les problèmes phytosanitaires forestiers au sens large, qu'ils soient nationaux ou internationaux, et se fait l'écho des activités et informations propres au DSF. À parution régulière, elle est ouverte aux suggestions de chacun, et peut publier des textes courts.

La Lettre du DSF est également accessible sur Internet à l'adresse :

<https://agriculture.gouv.fr/actualite-en-sante-des-forets>

Il est également possible de s'abonner à la version électronique de la Lettre du DSF à partir de cette adresse.

La Lettre du DSF n°61

Département de la santé des forêts - 251 rue de Vaugirard 75732 Paris cedex 15

Tél. : 01 49 57 51 95

Mél : sdspv.dgal@agriculture.gouv.fr

EPICLIM : INFLUENCE DES INTERACTIONS *EPINOTIA SUBSEQUANA* - CLIMAT SUR LE DEPERISSEMENT DU SAPIN PECTINE DANS LES PREALPES DU SUD (2022-2023)

Projet porté par INRAE, UR Ecologie des forêts méditerranéennes (URFM), AVIGNON

1 - Contexte

Le **dépérissement du sapin pectiné** est observé depuis les années 2000 sur les Préalpes du sud, en dessous de 1400 m d'altitude. De plus, au cours du mois de juin 2017, une forte attaque des aiguilles de l'année due à la **tordeuse *Epinotia subsequana***, mineuse d'aiguilles jusqu'alors inconnue comme bio-agresseur forestier en France, est observée en forêt communale de la Bastide sur 200 ha. Depuis, ce massif et ses environs (Séranon, Caille, Bleine) sont l'objet d'attaques récurrentes par ce défoliateur, inquiétant les gestionnaires dans un contexte de dépérissement déjà avéré.

2 - Objectifs, matériel et méthodes

A la demande du DSF, le projet de recherche EPICLIM, est initié en 2022 pour tenter d'éclaircir le **rôle de la tordeuse dans un accroissement éventuel du niveau de dépérissement du sapin pectiné** sur la frange sud de son aire. Dans un premier temps, la connaissance de **l'aire de présence** de ce lépidoptère par piégeage phéromonal dans les principales sapinières du sud-est paraît essentielle. Ensuite, l'évaluation de la **vulnérabilité** actuelle et passée des peuplements est un élément important dans la compréhension de la problématique (dendrochronologie, évaluation de l'intensité des attaques de la tordeuse). Enfin, quelques pistes de recherche sur la **réaction des arbres** aux attaques ont été abordées (analyse chimique des aiguilles).



Epinotia subsequana, mineuse des aiguilles du Sapin, est un lépidoptère de la famille des Tortricidae. Les adultes émergent du sol au printemps. Les chenilles pénètrent les jeunes aiguilles par la face inférieure. L'été, elles rejoignent le sol par un fil de soie pour se nymphoser. *E. subsequana* semble spécifique des sapinières, c'est un défoliateur secondaire dans les populations au stade endémique, mais primaire au stade épidémique.

3- Résultats :

a - Réseau de piégeage phéromonaux

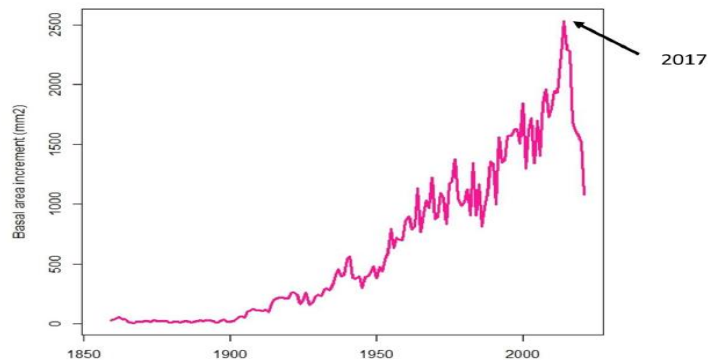
Dans les 14 sapinières des Alpes du Sud échantillonnées, 6 337 lépidoptères ont été piégés, mais seuls 12 individus de l'espèce *Epinotia subsequana* ont été identifiés et uniquement dans les 4 placettes en phase d'épidémie. La majorité des papillons piégés sont des genres *Phyllocytera* (2 espèces, mineuses des Rosacées) et *Cydia* (2 espèces, chenilles sous-corticales des conifères). **L'échec de ce piégeage** est vraisemblablement dû à **l'utilisation d'une phéromone d'*Epinotia* « généraliste »**, aucune d'*Epinotia subsequana* n'existe sur le marché.



b - Mesures physiologiques

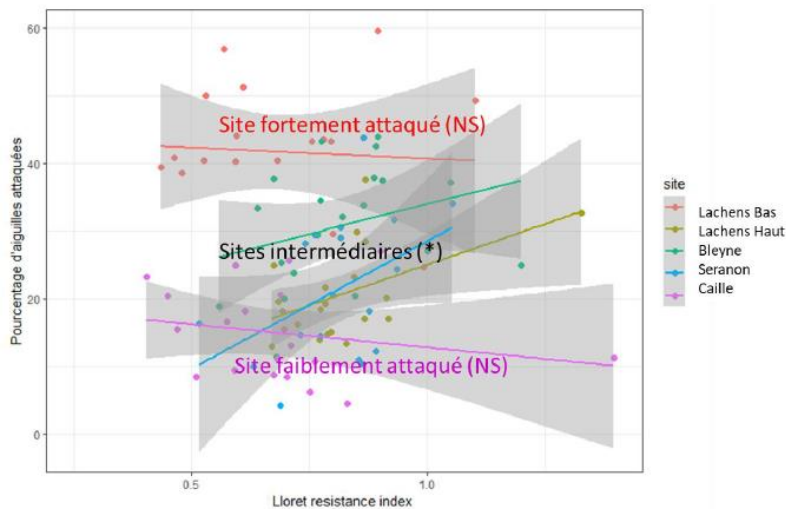
Sur 5 placettes de 20 arbres situées dans les foyers d'attaque de la chenille, des mesures d'intensité d'attaque de l'insecte en 2022 (échantillonnage de 12 rameaux par arbre) et de largeurs de cernes à partir de carottes de bois (dendrochronologie) ont été effectuées. En 2022, l'intensité des attaques varie de 21 % de pousses attaquées (Caille) à 42 % (Bas-Lachens) dans les 5 foyers.

L'analyse de la croissance (surface des cernes = BAI) montre une augmentation exponentielle de 1854 jusqu'en **2017, année où une forte chute de croissance**, commune aux 5 massifs.



Évolution de la surface terrière moyenne (BAI : basal area increment) estimée par carottage de sapins pectinés dans les cinq sites de la zone de foyer actuelle d'*E. subsequana*

La relation entre le taux d'attaque en 2022 et le niveau de stress induit par la sécheresse de 2017, évalué arbre par arbre grâce à l'indice de résistance de Lioret, a également été étudiée. Sur le massif fortement attaqué (42 %) et celui présentant les attaques les plus faibles (21 %), aucune relation entre les 2 facteurs n'est observée. Dans 3 sites d'intensité de défoliation intermédiaire, il y a une relation positive significative entre l'indice de résistance à la sécheresse et le pourcentage de défoliation : **les arbres les plus résistants à la sécheresse de 2017 sont les plus attaqués en 2022**. Deux hypothèses sont sous-jacentes : les attaques sont-elles préférentielles sur les arbres en meilleur état sanitaire ou les défoliations contribuent-elles à la résistance des arbres à la sécheresse ?



Pourcentage d'aiguilles attaquées par arbre en fonction de leur indice de Lioret (résistance à la sécheresse) calculé pour la sécheresse de 2017. Chaque point représente un arbre échantillonné ($n = 100$) et les couleurs représentent les sites ($n = 5$). Les droites représentent les résultats du modèle linéaire pour chaque site.

c - Réponses chimiques des arbres

Pour préciser les relations fines entre les attaques de mineuses et la physiologie des arbres des foyers d'infestation, la relation du niveau de défoliation et l'historique de croissance des arbres avec la chimie foliaire a été étudiée par des **approches de métabolomique** (synthèse de composés défensifs des arbres suite à des stress). Sur les mêmes arbres carottés et collectés pour les pourcentages de défoliation, 12 aiguilles ont été prélevées, conditionnées et envoyées à la plateforme "Bordeaux métabolome". Les données brutes issues de la plateforme sont encore en cours d'analyse en 2024.

4 - Conclusion

Le projet EPICLIM aborde une approche pluridisciplinaire des facteurs de dépérissement du sapin pectiné dans les Préalpes du sud, en particulier l'interaction possible entre un aléa biotique (pullulation inédite d'*E. subsequana*) et un aléa climatique (sécheresses répétées). L'étude d'un ravageur émergent en milieu naturel a mis en évidence le manque de connaissances initiales, c'est une contrainte forte

pour un projet de courte durée (1 année), notamment pour le déploiement d'une méthode efficace de suivi des populations d'insectes.

Ces travaux sur la vulnérabilité des sapins pectinés aux différents stress suggèrent :

- 1) qu'il y a un **impact significatif des sécheresses répétées sur des baisses de croissance** annuelle au cours de la vie des arbres,
- 2) que les peuplements dans les foyers d'*E. subsequana* montrent des **niveaux de défoliation variables** dont il sera nécessaire de suivre l'évolution spatio-temporelle,
- 3) que les arbres **les plus résistants à la sécheresse de 2017 sont davantage défoliés** que les moins résistants dans les peuplements à défoliation intermédiaire.

En revanche, il est encore difficile de dissocier les effets du climat et d'*E. subsequana* sur les variations de croissance des sapins depuis 2017, des études plus approfondies sont en cours afin d'approfondir la connaissance de ces processus d'interaction climat/insectes.

Source : Rapport de la convention DGAL-DSF : « EPICLIM, influence des interactions Epinotia-climat sur le dépérissement du sapin pectiné », INRAE, URFM - Pilar FERNANDEZ-CONRADI et Thomas BOIVIN, juillet 2023

PERPLEX : INTRODUCTION D'ESSENCES EXOTIQUES : QUEL AVENIR POUR NOS FORETS ? QUELLES PERCEPTIONS DES FORESTIERS ?

Approches rétrospectives et contemporaines dans les sapinières méditerranéennes

Projet porté par INRAE, UR Ecologie des forêts méditerranéennes (URFM), AVIGNON

1- Contexte

Des problèmes sanitaires associés aux sapins méditerranéens, notamment sur *Abies cephalonica*, ont été détectés à partir des années 2019-2020 : blessures-gélivures sur le tronc suite au gel de février 2012, pourritures racinaires dues au fomes (*H. abietinum*) pouvant être à l'origine de chablis et rougissements des pousses sur lesquelles le pathogène *Cytospora sp.* peut être présent. A partir de ce constat sanitaire, préoccupant par endroits, un projet de recherche multi partenaires a été élaboré afin de faire un bilan de l'implantation des sapins méditerranéens dans des dispositifs expérimentaux, des parcelles de références et des peuplements existants dans le sud-est.

2 - Objectifs, matériel et méthodes

Le projet PERPLEX a pour objectifs d'évaluer **l'adaptation des espèces de sapins exotiques (croissance, état sanitaire, régénération) aux évolutions climatiques** et d'enquêter sur la **perception par les citoyens** de l'introduction d'espèces exotiques. Le projet a réuni des scientifiques en écologie (INRAE et IMBE), en Sciences Humaines et Sociales (Université LPED), ainsi que des experts en santé des plantes (DSF), des gestionnaires forestiers (ONF, CRPF) et des gestionnaires d'archives. PERPLEX a permis de partager plusieurs **bases de données** et **documents d'archives** qui concernaient des plantations anciennes de sapins méditerranéens (*A. Bornmülleriana*, *A. cephalonica*, *A. cilicica* et *A. pinsapo* principalement) : ainsi, plus de 350 fiches terrain issues des travaux du mémoire de Michel Colombet sur l'écologie des sapins méditerranéens en Provence et Languedoc (1984, Cemagref) ont notamment été enregistrées sous format informatique.

3- Résultats

Génétique

La totalité des arbres observés ou mesurés dans le projet ont fait l'objet d'une **analyse génétique** afin de vérifier l'identité des espèces de sapin. Pour les 130 arbres génotypés dans les placettes DSF (cf.

état sanitaire ci-dessous), il a été mis en évidence **un fort taux d'erreur (67 %)** avec des arbres qui pouvaient appartenir à des espèces de sapins différentes de celle notée dans l'archive (1/3 des cas) ou bien appartenir à des hybrides interspécifiques (2/3 des cas). Ces résultats questionnent sur l'origine des graines utilisées dans les plantations anciennes : les pratiques de récoltes dans des arboretums ou des peuplements mélangés pourraient expliquer ces mélanges. Ils posent aussi la question de l'impact de l'hybridation interspécifique sur l'adaptation des forêts : c'est l'objet d'une thèse et d'un projet ANR commencés en 2022 dans la continuité du projet PERPLEX.

Croissance

Dans les peuplements observés, les mesures ont montré une **bonne performance de croissance des sapins méditerranéens, en dehors des plantations de basse altitude** (< 700 mètres) où les taux d'échec ont été élevés. La croissance de ces espèces est toujours meilleure que le sapin pectiné lorsque la comparaison était possible, en sachant que les stations concernées se situent en dehors des limites des exigences écologiques du sapin pectiné. Une **bonne capacité à se reproduire et à régénérer naturellement** est également observée.

Etat sanitaire

Une quarantaine de peuplements ont été sélectionnés pour couvrir une gamme d'altitudes et de types de sols en région méditerranéenne. Dans 30 peuplements, l'état de santé des sapins a été évalué par les correspondants-observateurs du DSF (présence/absence de gélivure, de pourriture, de rougissement des aiguilles). Les essences indiquées dans la base de données des 30 peuplements sont : le sapin de Céphalonie (17), le sapin d'Espagne (5), le sapin de Cilicie (1), le sapin du Colorado (1) et un mélange de sapins méditerranéens (5). **Globalement l'état de santé des sapins méditerranéens est bon dans les peuplements prospectés**, même si les gélivures et les pourridiés (fomes) sont des problèmes sanitaires à surveiller dans certains secteurs.

La répartition et l'intensité des 3 principaux problèmes recherchés dans les 30 peuplements est la suivante :

Problèmes	Placettes indemnes	Placettes atteintes	% Placettes atteintes	% moyen d'arbres touchés dans les placettes atteintes
Gélivure (année 2012)	21	9	30 %	15 % (de 1 % à 50 %)
Pourridiés (fomes)	26	4	13 %	10 % (de 5 % à 20 %)
Rougissement pousses (Cytospora...)	18	12	40 %	30 % (de 1 % à 75 %)

Perceptions des espèces exotiques par les forestiers

En parallèle, des photographies anciennes et récentes ont été sélectionnées afin de réaliser une enquête sociologique par des entretiens semi-directifs pour comprendre **comment les gestionnaires forestiers** (6 ingénieurs-techniciens et 3 propriétaires privés) **considèrent les essences exotiques et leur introduction**. La **catégorie « exotique »** (ou ses équivalents utilisés en entretien) pour désigner certaines essences apparaît peu stabilisée et induit peu de performativité pour les enquêtés. Si l'introduction d'espèces absentes des peuplements peut être envisagée comme un outil, les **clivages autour des schémas de plantation pour l'introduction de ces essences** prennent sens au sein d'un débat plus général sur les modes de gestion forestière.

Source : fiche-résumé de la journée de restitution ECOREV du 13 juin 2024 à Aix en Provence - INRAE URFM - Caroline SCOTTI-SAINTAGNE

DOUX GLACE : ETUDE DU ROUGISSEMENT PHYSIOLOGIQUE DU DOUGLAS DANS LE MASSIF-CENTRAL

Projet porté par INRAE, UMR Physique et Physiologie Intégratives de l'Arbre en environnement Fluctuant (PIAF) CLERMONT-FERRAND

1- Contexte

Le douglas (et d'autres conifères mais avec une prévalence plus faible) peut être affecté au cours de certains hivers et printemps par un phénomène dénommé « **rouge physiologique** ». Celui-ci se traduit par le dessèchement du feuillage (jaune puis roux) depuis les extrémités vers le centre et la base de l'arbre. Les arbres peuvent être partiellement atteints et des tâches de couleur rouge-marron observées sur l'écorce. Les **jeunes plantations (moins de 15 ans)**, avec un couvert non fermé ou sans ombrage (les sujets « dégagés ») sont principalement concernées. Lorsque le phénomène atteint plus de 60 % du houppier, la croissance est affectée ; au-delà, des mortalités peuvent être observées.

Si le phénomène est visible sur l'ensemble du territoire national, les plantations de douglas du Massif-central sont atteintes de manière récurrente en moyenne montagne (de 700 m à 1200 m d'altitude). Les échecs d'installation de l'essence dans les Alpes sont en grande partie liés à ce phénomène.



Rougisement hivernal de l'hiver 2022. Livradois-Forez. St Eloy-la-Glacière. © Mahaut Van Rooij

2- Objectifs et méthodes

Les facteurs climatiques impliqués suggèrent que l'élément déclencheur est une succession de périodes chaudes entrecoupées par des cycles de gel et dégel mais les causes physiologiques de ce phénomène sont mal connues : le projet DOUX-GLACE, financé dans le cadre du Pack Ambition Recherche Auvergne- Rhône Alpes 2019-2024, a eu pour objet de **répondre aux diverses interrogations concernant ce problème sanitaire affectant une essence de reboisement de premier plan.**

Trois **hypothèses** concurrentes mais non exclusives sont avancées pour expliquer l'apparition du « rouge physiologique » du douglas :

- la « désacclimatation » précoce : les années symptomatiques sont observées lorsqu'un aléa gélif conséquent se produit alors que le temps thermique cumulé est déjà important,
- le stress photo-oxydatif : les réactions enzymatiques sont ralenties par le froid alors que l'ensoleillement est important : saturation en électrons qui génère un stress oxydatif,
- la sécheresse hivernale : une forte demande évaporative apparaît alors que l'appareil racinaire ne peut assurer l'apport en eau (sol sec ou température trop froide).

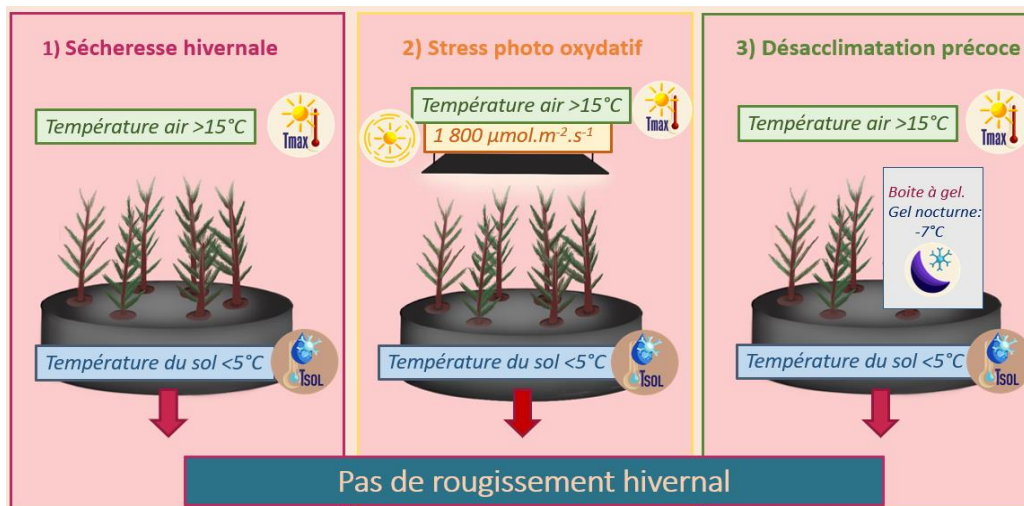
Ces hypothèses ont été testées par une approche mêlant observations avec des installations *in situ* dans des parcelles sujettes à ce type de rougissement (thermographie infra-rouge, émissions acoustiques ultrasoniques, micro-variations de diamètre, psychromètres), modélisation et expérimentations en conditions contrôlées (reproduction d'un rougissement *via* un différentiel thermique entre les racines et le houppier de l'arbre).

3- Résultats

Modélisation : Identification des facteurs climatiques « déclencheurs » du rouge physiologique

Les conditions dites « anticycloniques » sont citées comme favorisant le phénomène. La modélisation de 17 variables climatiques illustrant ces conditions a mis en avant 5 variables qui expliquent de manière significative l'apparition du problème : **une température maximale élevée, une amplitude thermique jour/nuit élevée, une faible humidité relative de l'air, un rayonnement fort et une vitesse du vent moyenne à élevée.**

Expérimentation en conditions contrôlées



© Mahaut Van Rooij et Syljam



Des jeunes plants ont été exposés à une sécheresse hivernale à travers un différentiel thermique entre les racines et le houppier. Une partie des arbres a été exposée à des intensités lumineuses susceptibles d'induire un stress photo-oxydatif.

Les températures froides du sol ont induit un stress hydrique modéré en limitant l'absorption d'eau racinaire alors que les températures chaudes de l'air ont favorisé les pertes hydriques au niveau des aiguilles. Cependant, les plants se sont acclimatés à ce nouvel environnement jusqu'à leur reprise de croissance. L'exposition à une intensité lumineuse élevée n'a pas généré de dommages irréversibles sur le photosystème, ni de stress photo-oxydatif. Aucun rougissement de plants n'a été observé suggérant que le **mécanisme physiologique induisant le rougissement n'est pas la sécheresse hivernale ou le stress photo-oxydatif seul ou la désacclimatation tardive seule.**

Observations sur le terrain

L'étude a porté sur la cinétique comparée du rougissement de l'année 2021 (pas de rouge physiologique) et de l'année 2022 (rougissement important dans la région du Livradois-Forez). Des mesures en continu (variations de diamètre des douglas, températures et hygrométrie de l'air) ont été effectuées de décembre 2020 à juin 2023.



Biocapteur PépiPIAF mesurant la croissance radiale des douglas

Les gels printaniers d'avril 2021 sur des douglas désacclimatés n'ont pas été suivis de rougissements de l'aiguille ni de dommages cambiaux, ce qui met à mal l'hypothèse de « désacclimatation » précoce.

La comparaison d'un hiver sans rougissement (2021) avec un hiver à rougissement (2022) a permis d'observer la forte contrainte hydrique générée depuis l'apex de l'arbre, en lien avec une période anticyclonique de janvier 2022. La défaillance hydraulique serait donc favorisée par une **transpiration quotidienne à laquelle s'ajoutent des cycles gel-dégel amplifiant la contrainte hydrique et expliquant le dessèchement et le rougissement de l'aiguille.**

De plus, des températures du sol basses (< 5°C) limiteraient très fortement l'absorption racinaire, ne pouvant palier les pertes hydriques très fortes du houppier, épuisant progressivement les réserves hydriques de l'aiguille et du tronc. Ainsi, une sécheresse hivernale, nettement visible sur les variations de diamètre du tronc des arbres et confirmée par les données de microclimat des placettes, semble être la cause du rougissement du Douglas.

4 - Conclusions

L'hypothèse **« sécheresse hivernale »**, qui se traduit par une forte demande évaporative du douglas alors que l'appareil racinaire ne peut assurer l'apport en eau, est privilégiée pour expliquer l'apparition du rougissement physiologique. Ce type d'incident, est à l'origine d'une déconnection hydraulique brutale du jeune douglas ce qui induit les symptômes et les mortalités constatées par les correspondants-observateurs.

Sources :

- « Etude du rougissement physiologique du douglas, interactions entre climat doux et formation de glace », présentation de la soutenance de thèse présentée par Mahaut Van Rooij 2023.
- Chronique en résumé « Rougissement hivernal du Douglas entre climat doux et formation de glace », Mahaut Van Rooij, Revue Forestière Française, 75, 1-2024, page 91, © AgroParisTech, 2024

ANTROPOCHENE : ANTICIPER, COMPRENDRE ET ANALYSER LES PATHOLOGIES COMPLEXES ET EMERGENCES DES CHENES

Projet porté par INRAE, UMR Biodiversité, Gènes et Ecosystèmes, BORDEAUX

1- Contexte

Les dépérissements de chênes, syndromes multifactoriels, et les maladies causées par des agents pathogènes exotiques ou natifs, ont fortement impacté les chênaies depuis le début du XXème siècle. La nature de ces dépérissements ainsi que les interactions entre facteurs biotiques et abiotiques les générant sont encore mal connues. Au Royaume- Uni, un dépérissement rapide des chênes, nommé AOD pour **A**cute **O**ak **D**ecline, touche actuellement les chênaies. Médié par des facteurs abiotiques (température et précipitations), l'AOD serait déclenché par des insectes (*Agilus biguttatus* principalement) et un complexe d'espèces bactériennes. Cette maladie illustre parfaitement le paradigme du pathobiome car les interactions complexes hôte-pathobiome-insecte seraient essentielles à son développement. Afin de préciser la prévalence en France des symptômes associés à l'AOD et le rôle joué par les bactéries sur les dépérissements observés, une thèse a été menée sur l'étiologie des nécroses corticales associées, ou non, à des attaques d'agrites sur des chênes dépérissant.

2- Matériel, méthodes et résultats

Ethiologie des nécroses corticales



Figure 2 : nécrose corticale échantillonnée dans la forêt de Vielmanay (© L.Eichenlaub)

Les correspondants-observateurs du DSF ont échantillonné 16 forêts réparties dans toute la France, sélectionnées car elles présentaient des signes de dépérissements et des symptômes de nécroses corticales (Figure 1) et de suintements noirâtres caractéristiques de l'AOD. Les identifications au laboratoire ont permis de réaliser le premier signalement en France de la présence des bactéries *Brenneria goodwinii* (Figure 2), *Gibbsiella quercinecans* et *Rahnella victoriana* au sein des nécroses présentes sur *Q. robur* et *Q. petraea*. La littérature associe ces bactéries à la maladie de l'AOD. En France, l'étude confirme leur présence



Figure 1 : souche de *Brenneria goodwinii* cultivée sur milieu solide en boîte de Pétri (© L.Eichenlaub)

dans les nécroses des chênes prélevés, cependant, ces bactéries ont été moins fréquemment isolées dans les lésions que les champignons

Fusarium quercinum, *Fusarium falsibabinda*, *Neonectria* sp., en particulier *N. punicea*. Des inoculations sur de jeunes plants de chênes ont par ailleurs confirmé le pouvoir pathogène des bactéries puisque des nécroses corticales sont apparues autour des zones d'inoculation après 8 semaines. Ce travail confirme l'importance du pathobiome dans les symptômes associés à l'AOD et suggère un rôle non négligeable d'agents pathogènes fongiques, jusqu'alors sous-estimé.

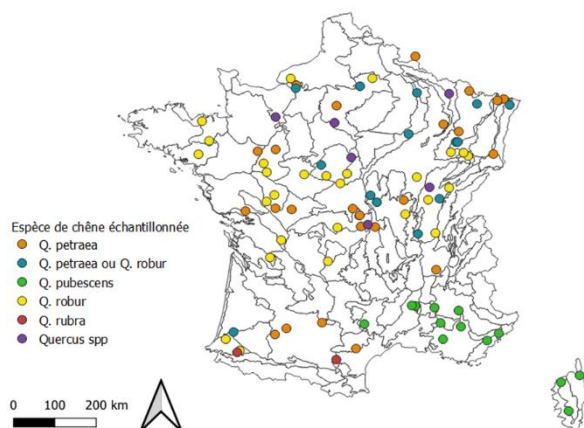
Surveillance du territoire, enjeu important de prévention pour les chênes



Figure 3 : page d'accueil de l'outil NESTOR (© L.Eichenlaub)

La surveillance du territoire est un levier pour la prévention de l'apparition de maladies émergentes et de l'introduction d'agents exotiques. A la suite du travail de détections des pathogènes associés aux nécroses, la thèse a élaboré un outil de diagnostic et d'identification des problèmes phytosanitaires du chêne, nommé NESTOR (Surveillance des chênes et diagnostic phytosanitaire) (Figure 3). Il recense les principaux bioagresseurs et problèmes abiotiques rencontrés sur des chênes, il est principalement destiné au correspondants-observateurs afin de leur fournir un support d'aide au diagnostic utilisable en forêt.

Cet outil intègre également les symptômes liés à l'organisme de quarantaine *Brietziella fagacearum*, un champignon américain absent en France, mais qui constitue un risque majeur pour les chênaies. En 2022-2023, une intensification de la surveillance de cette maladie du flétrissement du chêne a été menée par les correspondants-observateurs qui ont appliqué un protocole d'échantillonnage d'arbres symptomatiques visant à détecter la présence éventuelle du champignon sur le territoire (Figure 4). Les échantillons ont été prélevés dans 87 forêts et ont ensuite été envoyés au laboratoire pour une expertise



plus précise via des techniques d'identification microbiologiques et moléculaires. Les isollements et diagnostics réalisés n'ont pas mis en évidence la présence du champignon sur le territoire, mais il est important de rester vigilant quant à sa possible introduction en France.

Figure 4 : points d'échantillonnages et espèces de chênes échantillonnés associées lors de la campagne SORE - *B. fagacearum* 2023/2024. (© L.Eichenlaub)

Source : Rapport de thèse « Anticiper, comprendre et analyser les pathologies complexes et émergences des chênes », Lisa Eichenlaub

SORE - RESULTATS DES PIEGEAGES « LARGE SPECTRE » 2023 MENES DANS LES PRINCIPAUX SITES D'IMPORTATION DE VEGETAUX EN FRANCE

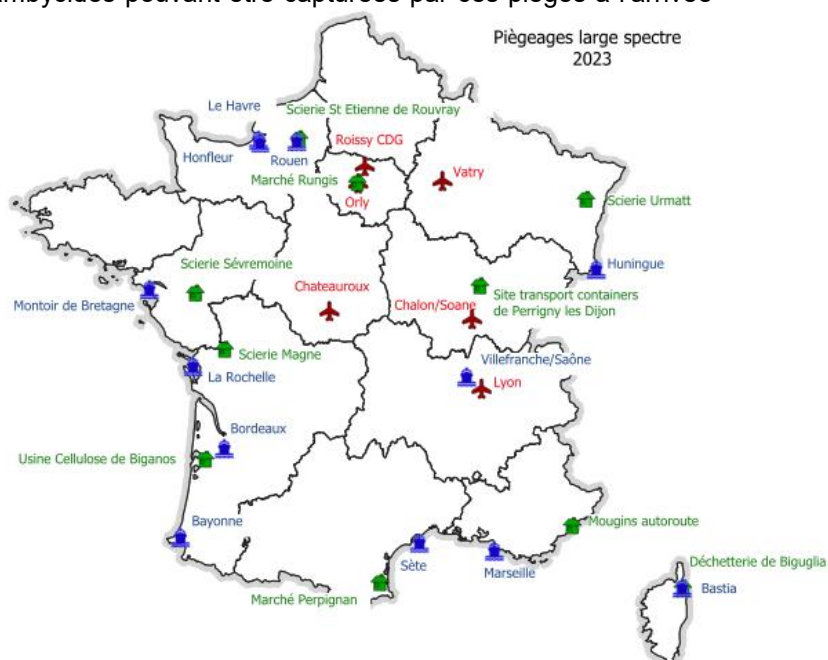
Projet porté par INRAE, UMR URZF, ORLEANS et le laboratoire LNEF-ONF, QUILLAN, en lien opérationnel avec le Bureau de la Santé des Végétaux de la DGAL et les SRAL.

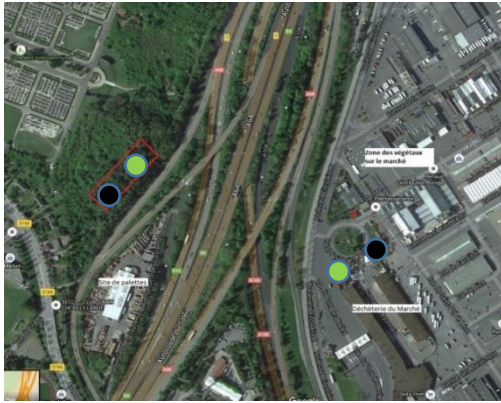
1- Contexte

Depuis 2021, un dispositif de pièges à large spectre (appâtés par des attractifs à vocation générique) est déployé en France dans le cadre de la surveillance au niveau des sites d'entrée potentiels (ports, aéroports, marchés d'intérêt national) des organismes réglementés et émergents (SORE). Il s'agit d'une action transversale commune aux filières forêts, jardins et espaces verts et infrastructures (JEVI) ainsi qu'à l'arboriculture fruitière. Ce dispositif cible majoritairement les insectes coléoptères s'attaquant aux ligneux (Cerambycides, Scolytes, Buprestides), avec des pièges de couleur noire principalement destinés aux cérambycides et scolytes, et des pièges de couleur verte ciblant les buprestes. Les attractifs génériques sont constitués d'un mélange de 10 phéromones de cérambycides et de substances d'origine végétale pour les scolytes. Ce dispositif de surveillance s'est appuyé sur les résultats d'un programme mondial de piégeage utilisant les mêmes composés attractifs, qui a permis de recenser plus de 400 espèces de cérambycides pouvant être capturées par ces pièges à l'arrivée en France.

2- Détail du dispositif

En 2023, le dispositif a concerné **29 sites de piégeage** couvrant la majeure partie du pays (Tableau 1). Sur chaque site, un **jeu de 2 pièges** a été déployé : un noir et un vert, **à l'intérieur du site d'entrée**, et un autre jeu de 2 pièges, noir et vert, **dans un espace boisé** situé dans un rayon de 1km du port afin d'apprécier si des insectes exotiques se sont déjà dispersés après leur arrivée.





Dispositif de piégeage sur le Marché d'Intérêt National de Rungis Les pièges sont mis en place à partir d'Avril et le piégeage s'arrête entre début Septembre et fin Octobre selon les sites.

3- Résultats

Au total en 2023, 871 échantillons ont été à analyser. Plus de **20 000 coléoptères ont été capturés**. Les **scolytes sont largement majoritaires**, près de 14 000 individus, et plus de 1 800 cérambycides ont aussi été capturés ainsi qu'un nombre conséquent et en augmentation de Bostrychides. Sur cet ensemble, 22 espèces étaient d'origine exotique pour un total de 2958 individus.

Captures totales d'espèces natives et exotiques dans les ports d'entrée en 2022

Famille	Nb espèces capturées	Nb individus capturés	Nb espèces exotiques	Nb Individus exotiques
Cerambycidae	54	1808	4	307
Curculionidae Scolytinae	67	14174	10	276
Curculionidae sensu stricto	26*	253	0	0
Dryophthoridae	2	5	2	5
Buprestidae	18	82	0	0
Bostrychidae	8	2613	4	2356
Anthribidae	3	5	0	0
Cleridae	8	273	0	0
Scarabaeidae	13	60	0	0
Elatenidae	12*	282	0	0
Throscidae	6	56	0	0
Autres Coléoptères	127*	1058	2	2
Hyménoptères Siricidae	1	4	0	0
Hémiptères	3	55	1	12
Total	348	20728	22	2958

*Identifications partielles

Détail des captures d'espèces exotiques

Famille	Espèce	Nb captures	Etabli
Cerambycidae	<i>Cordylomera spinicornis</i> (Fabricius, 1775)	2	Non
Cerambycidae	<i>Trichoferus campestris</i> (Faldemann, 1835)	1	?
Cerambycidae	<i>Xylotrechus chinensis</i> (Chevrolat, 1852)	1	Oui
Cerambycidae	<i>Xylotrechus stebbingi</i> Gahan, 1906	303	Oui
Dryophthoridae	<i>Dryophthorus americanus</i> Bedel, 1885	3	Non
Dryophthoridae	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> (Olivier, 1791)	2	Oui
Curculionidae Scolytinae	<i>Amasa parvizeta</i> (Knizek & Smith, 2024)	4	Oui
Curculionidae Scolytinae	<i>Coccotrypes dactyliperda</i> (Fabricius, 1801)	22	Oui
Curculionidae Scolytinae	<i>Dactylotrypes longicollis</i> (Wollaston, 1864)	7	Oui
Curculionidae Scolytinae	<i>Dryocoetes himalaïensis</i> Strohmeier, 1908	1	Oui
Curculionidae Scolytinae	<i>Euplatypus hintzii</i> (Schaufuss, 1897)	5	Non
Curculionidae Scolytinae	<i>Euplatypus parallelus</i> (Fabricius, 1801)	1	Non
Curculionidae Scolytinae	<i>Xyleborus affinis</i> Eichhoff, 1868	1	Non
Curculionidae Scolytinae	<i>Xylosandrus compactus</i> (Chapuis & Eichhoff, 1875)	18	Oui
Curculionidae Scolytinae	<i>Xylosandrus crassiusculus</i> (Motschulsky, 1866)	27	Oui
Curculionidae Scolytinae	<i>Xylosandrus germanus</i> (Blandford, 1894)	190	Oui
Bostrychidae	<i>Dinoderus japonicus</i> Lesne, 1895	19	Oui
Bostrychidae	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius, 1792)	2336	Oui
Bostrychidae	<i>Sinoxylon unidentatum</i> (Fabricius, 1801)	1	Non
Bostrychidae	<i>Xyloperthodes nitidipennis</i> (Murray, 1867)	1	Non
Zopheridae	<i>Bitoma sicca</i> (Pascoe, 1863)	1	?
Coccinellidae	<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas, 1773)	25	Oui
Hémiptère Coreidae	<i>Leptoglossus occidentalis</i> Heidemann, 1910	12	Oui

La majorité des captures d'insectes exotiques correspond à des bostrychides d'origine asiatique, en particulier *Rhyzopertha dominica*, espèce cosmopolite établie de longue date en France, et au cérambycide *Xylotrechus stebbingi*, lui aussi établi depuis au moins 30 ans. En dehors de la coccinelle asiatique, *H. axyridis*, et de la punaise nord-américaine, *L. occidentalis* (non xylophages, très répandues), les 21 espèces exotiques correspondent à **4 Cérambycides, 10 scolytes, 4 bostryches et 2 charançons Dryophthoridae et 1 Zopheridae (tableau 5).**

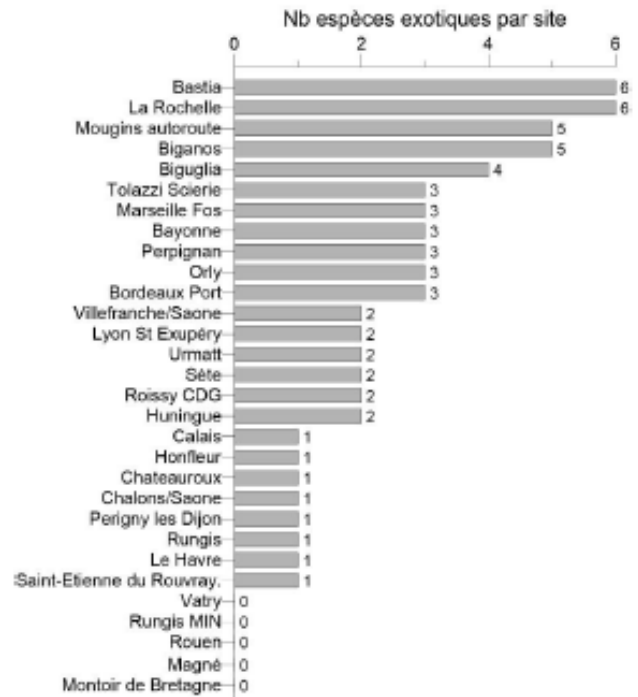
Zoom sur les Cérambycides exotiques

1) ***Xylotrechus stebbingi*** : vraisemblablement originaire des contreforts himalayens de l'Inde, cette espèce polyphage sur feuillus (chêne, figuiers, micocouliers, etc...) a été détectée sur de nombreux sites nettement plus au nord que la zone méditerranéenne où il est installé depuis plusieurs années. Cette espèce est désormais présente sur l'ensemble du sud de la France (récemment arrivée à Bastia) et remonte vers le Nord (Lyon) et dans les Alpes (Briançonnais).

2) ***Trichoferus campestris*** : d'origine asiatique, natif de Chine. Insecte polyphage susceptible de se développer aux dépens d'un grand nombre de végétaux ligneux, feuillus et fruitiers comme conifères. Il est considéré comme un envahisseur significatif aux USA. Piégé chaque année depuis 2019 dans la région d'Huningue, proche de l'Allemagne.

3) ***Xylotrechus chinensis*** : Cette espèce originaire de Chine, a envahi Sète depuis 2017 et la métropole bordelaise plus récemment. Les attaques ne concernent à priori en France que les muriers platanes, un projet est en cours avec l'URZF pour confirmer le spectre d'hôtes.

4) ***Cordylomera spinicornis*** : espèce originaire d'Afrique tropicale, susceptible de s'attaquer aux légumineuses arborées (*Acacia*, *Celtis*, ...).



Zoom sur quelques Scolytes exotiques

1) ***Amasa parviseta*** : Ce scolyte à ambrosie, originaire d'Australie, vient juste d'être décrit comme espèce nouvelle pour la Science (Knizek et Smith, 2024). Il a été observé en France pour la première fois en 2018 à Antibes et semble désormais présent dans de nombreux sites du sud-est, où il s'attaque aux branches d'eucalyptus. Sa présence en Corse a été confirmée.

2) ***Xylosandrus crassiusculus*** : Cet autre scolyte à ambrosie, originaire d'Asie subtropicale, est en expansion dans le sud-est de la France (Alpes- Maritimes et une partie du Var) et le sud-Ouest (Bayonne, Bordeaux, Perpignan). Les captures suggèrent que l'espèce est facilement transportée avec le commerce des plantes ornementales.

3) ***Xylosandrus compactus*** originaire d'Asie subtropicale, très polyphage s'attaquant aux pousses de nombreux ligneux (lauriers, chênes, arbousiers, etc..) a largement colonisé le sud-est. De nombreux dégâts y ont été observés sur Arbousier, Caroubier, Phyllirea, mais aussi sur Banksia, Cycas et de nombreuses autres espèces.

4) ***Xylosandrus germanus*** : autre scolyte à ambrosie originaire d'Asie, introduit en France depuis les années 1980. Très polyphage sur feuillus (*Fagus*, *Castanea*, *Quercus*, ...) et conifères (*Pinus*, *Picea*)

- 5) *Xyleborus affinis* est un scolyte à ambroisie capturé dans le port de La Rochelle, pour l'instant non établi en France. Cette espèce circumtropicale est extrêmement polyphage sur feuillus et conifères, et est aussi vecteur du champignon pathogène *Raffaelea lauricola*, qui cause une maladie mortelle pour de nombreuses Lauracées.
- 6) *Dryocoetes hymalaiensis* : scolyte originaire de l'Himalaya qui s'attaque aux noyers. Détecté en France depuis 1975, il reste relativement rare bien qu'apparemment en expansion.



De gauche à droite : *Xylosandrus compactus*, *X. crassiusculus*, *X. germanus*, *Amasa parviseta*

Construction de la base de données moléculaires des espèces capturées

Un total de **185 espèces de cérambycides et 72 espèces de Scolytes et Platypodides exotiques et natives**, capturées dans les pièges SORE, mais aussi dans des piégeages appâtés avec les mêmes produits en Chine et aux USA, ont été séquencées. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une thèse de doctorat menée à l'URZF portant sur la **mise au point de méthodes de métabarcoding** susceptibles de permettre **une analyse globale, et rapide**, des collectes des piégeages. Les séquences sont disponibles sur la plate-forme BOLD. 38 espèces étaient précédemment absentes de cette base. Au total 2928 séquences barcodes ont été déposées sur BOLD, et sont donc disponibles pour des **identifications spécifiques ultérieures** de nouvelles espèces devant être détectées à l'arrivée en France.

4- Conclusions

Le dispositif de détection précoce des insectes xylophages exotiques à leur arrivée dans les ports d'entrée à l'aide de pièges appâtés avec des mélanges attractifs à vocation générique est désormais **complètement opérationnel et s'est étendu**, au-delà des ports et aéroports, à des scieries, déchetteries et autres sites pouvant servir de points d'entrée à ces insectes. Tous les sites surveillés sauf cinq ont vu des espèces exotiques détectées. Ces piégeages 2023 ont confirmé l'arrivée récurrente ou la présence établie des **4 mêmes espèces de cérambycides** détectées précédemment. Ils ont aussi permis de détecter un nombre nettement plus important d'espèces **exotiques de scolytes, platypodides et bostrychides liées aux ligneux**. On commence aussi à disposer d'une base de données moléculaires permettant l'identification, au niveau adulte ou larvaire, de près de 200 des 400 espèces de Cérambycides susceptibles d'être piégées par les attractifs génériques à l'arrivée dans les ports d'entrée en France. Le même travail concernant les scolytes est en cours et devrait permettre de valider plus facilement les identifications morphologiques.

A partir de ces identifications une saisine ANSES sur certains organismes émergents a permis une première analyse des risques phytosanitaires : c'est un vrai atout pour réglementer s'il y a lieu ces organismes et pour se tenir prêt à d'éventuelles détections de foyers sur le territoire.

Sources :

Rapport PROJET SORE 2023 - Résultats des piégeages « large spectre » menés dans les principaux sites d'importation de végétaux en France, A. Roques, A. Mignan, B. Nusillard, O. Roques, E. Magnoux, L. Veillat, M.A. Auger-Rozenberg INRAE URZF Orléans & T. Barnouin LNEF-ONF Quillan

ACLIM : OBSERVE-T-ON UNE ATTENUATION DE LA CHALAROSE DANS LES REGIONS ANCIENNEMENT COLONISEES ?

Projet porté par INRAE, UMR Interactions Arbres/Microorganismes, NANCY

1- Contexte

Les forêts sont soumises à un flux de parasites invasifs significatif, en relation avec le changement climatique et l'accroissement des échanges commerciaux mondiaux. Mieux comprendre comment ces nouveaux parasites s'intègrent dans les écosystèmes est donc important. Par exemple, l'arrivée de l'oïdium du chêne en 1907 a soulevée des inquiétudes sur l'avenir du chêne comparables à celles que provoque actuellement la chalarose. Les conséquences ont heureusement été plus modérées. Parmi les mécanismes possibles pouvant expliquer l'atténuation progressive de l'impact d'un parasite, on peut citer des modifications du niveau de résistance ou de la densité des arbres hôtes, une atténuation de la virulence ou une évolution du microbiome dans lequel celui-ci évolue. La chalarose est un bon cas d'étude. En effet, nos résultats pointent vers une atténuation de la sévérité de la chalarose dans le nord-est de la France, avec une diminution de la fréquence de nécrose sur feuilles ou de mortalité des rameaux sur des jeunes semis. Ces données suggèrent que la pression d'inoculum de *H. fraxineus* dans les peuplements de frêne décroît, mais elles restent à confirmer.

2- Matériel et méthodes

Cela a été le but du projet ACLIM : **mieux comprendre ce qui détermine le niveau d'inoculum dans les peuplements de frênes affectés** (climat, sévérité de la chalarose, surface terrière de frêne). Pour la chalarose, le niveau d'inoculum peut être caractérisé en mesurant la densité de débris foliaires colonisés par *Hymenoscyphus fraxineus* dans la litière forestière (rachis = pétiole + nervure principale de la feuille composée). Ceux-ci sont identifiables car ils sont recouverts d'une structure fongique, la plaque pseudosclérotiale, qui leur donne une couleur noire. Ces rachis de la litière sont la source de l'inoculum et leur abondance détermine la sévérité future de la chalarose.

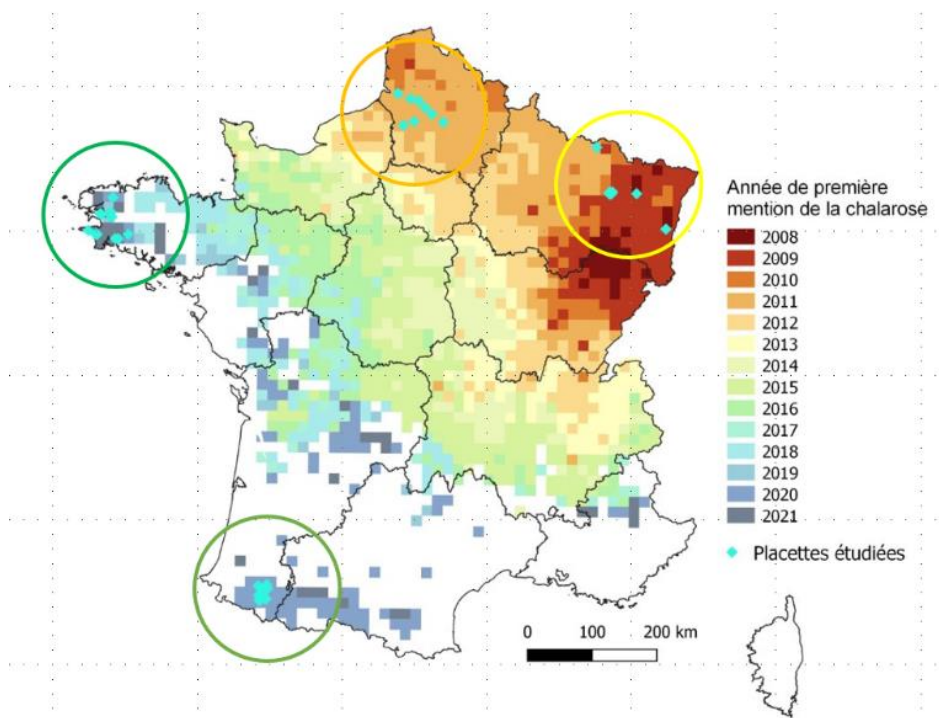
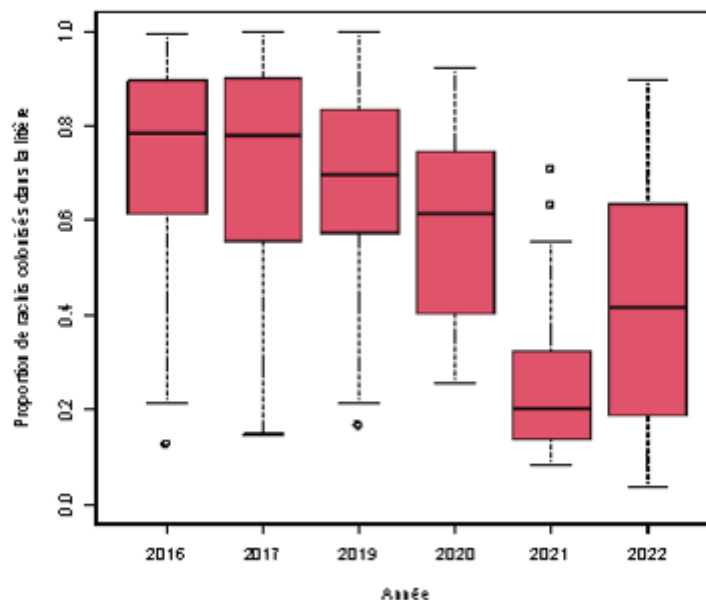


Figure 2. Implantation des parcelles expérimentales

Pour répondre à ces questions, les données accumulées sur la région de Champenoux (Lorraine) au cours de deux thèses ont été mobilisées. D'autre part, pendant deux ans, la densité de rachis colonisés par *H. fraxineus* dans la litière de 4 régions a été comparée avec un historique de présence de la chalarose contrasté (présence ancienne pour la Lorraine et les Hauts-de-France ou plus récente en Bretagne et dans le piedmont pyrénéen).

3- Résultats

Effectivement, il est observé autour de Champenoux une très forte diminution de la colonisation des rachis de la litière : la médiane est passée d'environ 80 % de rachis colonisés en 2016 à 20-40 % en 2021-22. La comparaison des quatre régions montre que ce résultat peut être étendu au Grand-Est et aux Hauts-de-France. La colonisation médiane dans ces deux régions est de 30 et 50 % alors qu'elle est d'environ 80 % en Bretagne et dans le piedmont pyrénéen. Il est cependant impossible de conclure que cela est lié à une évolution progressive des caractéristiques des écosystèmes (hypothétique processus de naturalisation de la chalarose).



Evolution de la colonisation des rachis de la litière en Lorraine.

L'hypothèse la plus probable est que la baisse récente de colonisation des cohortes de rachis dans le nord et l'est de la France est liée à la séquence climatique récente très sèche et qu'elle pourrait repartir à la hausse si le climat redevenait plus favorable à *H. fraxineus*. Ce travail a en effet permis de mieux comprendre ce qui détermine la pression d'inoculum de *H. fraxineus* dans un peuplement infecté. En particulier, l'étude explique la colonisation de la cohorte de rachis produite durant un automne, avec une première estimation de l'importance de la pression d'inoculum passée et une meilleure compréhension des effets du climat et notamment de l'importance des pluviométries de l'été et de la fin de l'automne. Il faut toutefois rester très prudent dans les conclusions car des simulations de colonisation des rachis de la litière montrent que des éléments-clés du processus nous échappent.

Source : Rapport final ACLIM : Observe-t-on une atténuation de la chalarose dans les régions anciennement colonisées ?