



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

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Département de la santé des forêts

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

---

# LA LETTRE DU DSF

**N° 63 – AOUT 2025**

---

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.

## SOMMAIRE

TRONSAVE et EXTRONSAVE : Point d'étape .....	3
MASSIF : Résumé du projet.....	4
SORE - Résultats des piégeages « large spectre » 2024 menés dans les principaux sites d'importation de végétaux en France .....	5
PIÉGÉAGE MONOCHAMUS : identification des coléoptères capturés .....	7
DEBUSC : Détection et étude de la distribution de <i>Bursaphelenchus xylophilus</i> dans les arbres (2024-2027) .....	8
INVASIF : Quelles sont les conséquences écologiques de l'introduction de la punaise réticulée du chêne, <i>Corythucha arcuata</i> , dans les forêts françaises ? .....	8

CRYPTIC : Conditions d'émergence d'un pathogène invasif, <i>Cryptostroma corticale</i> sur l'érable sycomore (2022-2025).....	9
PIQURES sur chênes : compréhension et détection.....	10
FOMES : amélioration de la détection et du suivi des mortalités associées aux <i>Heterobasidion</i> spp. et <i>Coniferiporia sulphurascens</i> en forêt de résineux (2024-2025).....	10
ARMIPISTAGE : détection et suivi des mortalités associées aux Armillaires en forêt de résineux (2022-2025).....	11
PINIPOP : suivi des populations de <i>Cronartium pini</i> dans les Landes (2023-2024)	12
TÉLÉDÉTECTION : Suivi de la santé des forêts à l'aide de la télédétection dans le cadre du projet ciblé MONITOR du PEPR FORESTT.....	13
ROUILLE DU PEUPLIER : Suivi des espèces, virulences et gourpes génétiques	14

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 :

<http://agriculture.gouv.fr/suivi-de-la-sante-des-forets>

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

Rédacteurs : Marie-Anne Auger-Rozenberg, Tom Barlier, Thierry Bélouard, Jean-Baptiste Daubrée, Morgane Goudet, Claude Husson, Carole Kerdelhué, François-Xavier Saintonge, Aurélien Sallé, Kadiatou Schiffer Forsyth,

**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](mailto:sdspv.dgal@agriculture.gouv.fr)

# TRONSAVE ET EXTRONSAVE : POINT D'ETAPE

*Projet porté par INRAE de Clermont-Ferrand*

Dans un contexte d'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, les dépérissements de chêne sessile se multiplient. Le rôle des températures extrêmes (42°C dans le Centre de la France en 2019) a conduit à la notion de sécheresse caniculaire, qui résulte de la conjonction de ces deux facteurs.

**Le microclimat forestier**, qui est modifié par l'ouverture des peuplements, **joue certainement un rôle important dans la résistance des peuplements**. Certes, diminuer la densité des arbres réduit leur la concurrence pour l'accès à la ressource en eau et limite l'évapotranspiration globale de la strate arborée, mais cela peut augmenter l'évapotranspiration d'autres strates (arbustives, herbacées). Par ailleurs, une forte ouverture du peuplement augmente le rayonnement dans celui-ci, ce qui accroît la température maximale et réduit l'humidité relative de l'air. L'ensemble conduit donc à l'augmentation de l'évaporation de l'eau du sol et de la transpiration de la végétation.

Les dispositifs TRONSAVE (sur le Massif de Tronçais) et EX-TRONSAVE (sur les massifs de Grésigne dans le Tarn et de Réno Valdieu dans l'Orne) vont permettre d'étudier ce phénomène à partir de **deux dispositifs répliqués dans ces trois chênaies sessiliflores** situées dans des situations très différentes. Le premier dispositif s'appuie sur des placettes avec des **densités contrôlées** (GIS COOP), comprenant la densité maximale (auto-éclaircie naturelle), la moitié et le quart de cette densité. Le deuxième dispositif est dynamique et consiste en la **simulation d'une éclaircie**, avec une prise de données avant et après l'éclaircie à plusieurs intensités.

Mise en place par INRAE de Clermont-Ferrand, UMR PIAF, les sites ont été équipés de dendromètres automatiques, qui **mesurent l'accroissement des arbres** en microns **et la température**, de capteurs **d'humidité** qui enregistrent l'humidité et la température à différentes profondeurs, de sondes TDR qui permettent de connaître la hauteur de la nappe, et enfin de stations météo.

Commencé en 2023, TRONSAVE, situé en forêt de Tronçais, a déjà donné des résultats intéressants, notamment, **l'impact de la densité du peuplement sur la croissance significatif pour les très faibles densités, avec un stress hydrique marqué** en 2023 et l'absence de stress en 2024,. L'effet limité de la densité sur la contraction des arbres due au gel montre que ces derniers récupèrent en moyenne 50 % de cette contraction. Il existe toujours une **forte disparité entre les arbres**. La croissance en diamètre des arbres montre des variations journalières importantes lors de stress hydrique lorsque la densité augmente.

Dans le sol, chaque pluie permet une recharge temporaire de la partie supérieure. **La densité** du peuplement **influe** peu sur les 40 premiers centimètres, mais son influence est nette **entre 60 et 80 cm**, où la réhydratation est nettement **plus lente dans le peuplement le plus dense**. À 50 centimètres de profondeur, **les écarts de température entre la modalité la plus ouverte et la plus dense peuvent atteindre 1,6 °C**. Le niveau de la nappe a été élevé en 2024, mais il est très variable selon les points de mesure et globalement plus faible au niveau du peuplement le plus dense. L'augmentation de la température après l'éclaircie est nettement visible, avec une différence de 1,6 °C à 50 cm de profondeur dans le sol. L'absence de stress hydrique en 2024 a limité l'impact de l'ouverture du peuplement.

De nombreux résultats sont attendus fin 2025 avec la finalisation du projet TRONSAVE, mais aussi avec les premiers résultats des autres dispositifs. Ils nous permettront, à terme, de mieux gérer les chênaies en situation de dépérissement.

# MASSIF : RESUME DU PROJET

*Projet porté par INRAE, CNRS, Université Sorbonne, Institut polytechnique de Toulouse, MNHN –  
Coordinatrice du projet : CAROLE KERDELHUE*

Le projet MASSIF (Monitoring Automatisé et Systèmes de Surveillance Intelligents de la biodiversité des insectes dans les écosystèmes Forestiers français) a été retenu récemment pour un financement de 4 ans (2025-2029) dans le cadre du PEPR FORESTT, à hauteur de 1,2 millions d'euros. Regroupant 9 Unités partenaires de INRAE, de l'INP-Toulouse, du CNRS, du MNHN, de Sorbonne-Université et de l'ONF, ce projet a pour ambition de **lever les verrous du suivi à large échelle des insectes en forêt**, en explorant et en calibrant des solutions **basées sur les développements technologiques** récents des outils d'identification basés sur l'ADN (barcoding et ADN environnemental) et sur l'analyse d'images grâce à l'intelligence artificielle.

Le projet cible différents groupes d'insectes incluant des taxons auxiliaires et/ou patrimoniaux, dont la diversité doit être protégée, et des ravageurs, dont l'occurrence et l'abondance doivent être suivies. Les taxa considérés regroupent plusieurs familles d'Hyménoptères, de Diptères et de Lépidoptères nocturnes impliqués dans le service écosystémique de pollinisation; des xylophages et saproxylophages importants pour le service de recyclage de la matière organique; ainsi que des xylophages, cambioxyphages et des coléoptères à Ambrosia qui sont des ravageurs potentiellement dommageables pour les forêts. Au sein des ravageurs, la détection d'espèces invasives et les fluctuations de taille de population d'espèces indigènes en expansion pourront faire l'objet de signalement.

Le projet MASSIF **produira des bases de données expertes** couvrant l'ensemble de ces groupes taxonomiques, en combinant identification morphologique, séquençage du fragment barcode et de marqueurs ADN complémentaires, et collections de photographies pour l'entraînement des algorithmes d'intelligence artificielle. Ces ressources seront utiles pour le développement des outils de piégeage intelligents prévus dans le projet, mais aussi pour massifier, accélérer et automatiser l'identification de spécimens à tout stade de développement, qui seraient prélevés dans le cadre des missions de nos partenaires non-académiques (DSF, OPIE, associations de préservation de la biodiversité). L'objectif sera de mettre à disposition gratuitement ces ressources de haute qualité, ainsi que des outils accessibles au plus grand nombre.

Au-delà des bases de données, et grâce à la collaboration de partenaires ayant des compétences complémentaires (entomologistes, écologues, informaticiens, spécialistes de l'intelligence artificielle, opto-électroniciens, modélisateurs...), le projet  **vise également à mettre au point des pièges non létaux et connectés**, afin de réaliser à terme des suivis continus, à distance et à large échelle. MASSIF permettra le développement de systèmes automatisés de prise d'image et de capture d'ADN environnemental adaptés aux pièges Malaise pour les pollinisateurs et aux pièges Lindgren pour les lignicoles. Au cours du projet, les prototypes seront développés à petite échelle dans les environs des laboratoires et testés à moyenne échelle (sur 10 sites pilotes nationaux). Les performances d'identification et de comptage obtenues à partir de l'ADN et des images seront comparées aux résultats obtenus par les procédures traditionnelles appliquées par les entomologistes experts. Des métriques seront produites à partir des données obtenues, pour suivre l'évolution de la biodiversité mais aussi pour réaliser la surveillance des ravageurs potentiels, natifs et invasifs. Ces données et ces analyses seront couplées à des outils de visualisation et d'alerte, à la fois à destination des scientifiques, des partenaires de terrain, et du grand public.

# SORE - RÉSULTATS DES PIÈGEAGES « LARGE SPECTRE » 2024

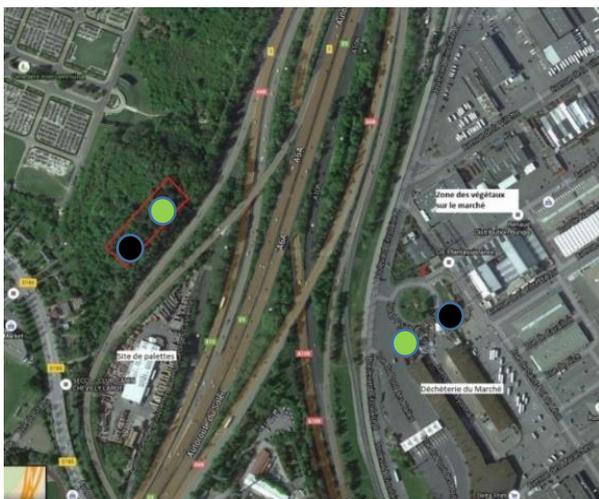
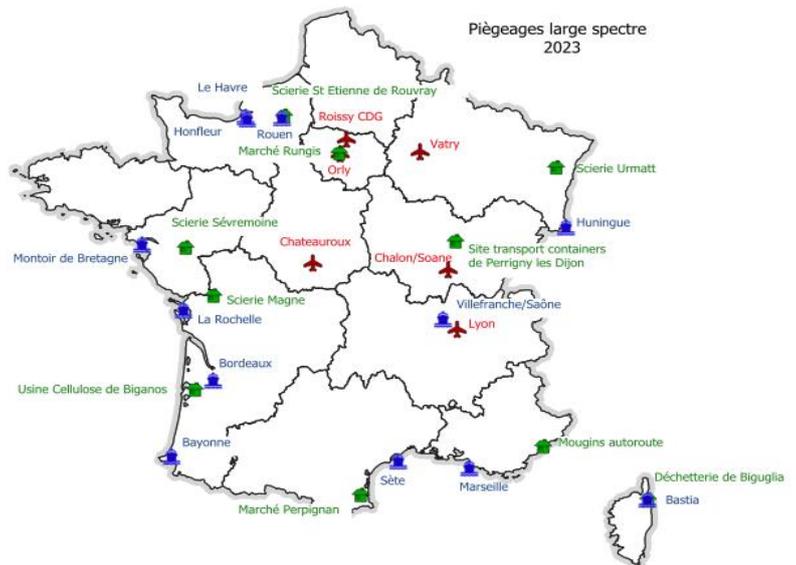
## MENÉS DANS LES PRINCIPAUX SITES D'IMPORTATION DE VÉGÉTAUX EN FRANCE

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*.

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.

### Détail du dispositif

En 2024, le dispositif a concerné **29 sites de piégeage** couvrant la majeure partie du pays (figure ci-contre). 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 proche 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 à Novembre.

### Résultats 2024

Au total, 777 échantillons ont été analysés. Plus de **20 000 coléoptères ont été capturés**. Les **scolytes sont largement majoritaires**, avec plus de 17 000 individus, et 1215 cérambycides ont aussi été capturés. Sur cet ensemble, 18 espèces étaient d'origine exotique pour un total de 1503 individus : cinq cérambycides, sept scolytes, un bostryche, un anthribide et deux charançons Dryophthoridae. Aucune espèce de quarantaine prioritaire (OQP) n'a été piégée.

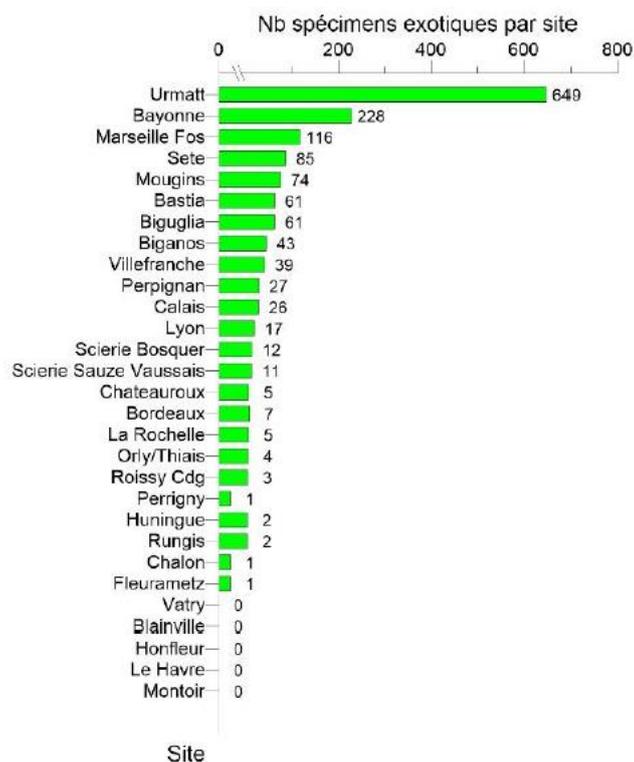
## Captures totales d'espèces natives et exotiques dans les sites d'entrée en 2024

Famille	Total individus capturés	Total individus exotiques	Total Espèces	Espèces exotiques
Cerambycidae	1215	346	42	5
Buprestidae	34	0	8	0
Curculionidae Scolytinae	17609	1141	70	7
Bostrychidae	354	7	6	1
Elateridae	48	0	9	0
Eucnemidae	3	0	2	0
Curculionidae s.s. *	75	0	9	0
Dryophthoridae	3	3	2	2
Anthribidae	17	1	7	1
Throscidae	113	0	8	0
Ptinidae	177	0	32	0
Cleridae	283	0	6	0
Scarabaeidae	43	0	10	0
Autres Coléoptères*	876	3	123	1
Hyménoptères Siricides	3	0	1	0
Hémiptères	10	2	1	1
Termites	12	0	1	0
<b>Total</b>	<b>20875</b>	<b>1503</b>	<b>337</b>	<b>18</b>

### Détail des captures d'espèces exotiques

Les espèces exotiques capturées correspondent à **cinq cérambycides, sept scolytes, un bostryche, un anthribide et deux charançons Dryophthoridae**. S'y ajoutent la coccinelle asiatique, *Harmonia axyridis*, et la punaise nord-américaine des graines de pins, *Leptoglossus occidentalis*. La majorité des captures d'insectes exotiques correspondent à des scolytes à ambroisie du genre *Xylosandrus* originaires du sud-est asiatique mais établis en France de longue date (*X. germanus*) ou plus récemment (*X. compactus* et *X. crassiusculus*), et au cérambycidé asiatique *Xylotrechus stebbingi*, lui aussi établi depuis au moins 30 ans dans le bassin méditerranéen mais qui progresse de manière continue vers le nord. Cependant, **trois nouvelles espèces exotiques ont été interceptées, deux cérambycides, *Olenecamptus bilobus* et *Uraecha augusta*, et un scolyte, *Eidophelus jalappae***.

*Nombre d'insectes exotiques capturés par site d'entrée en 2024.*



### 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...) est désormais présente sur l'ensemble du sud de la France.

**2) *Olenecamptus bilobus*** : un individu a été intercepté le 16 Juillet à l'intérieur du marché de Perpignan. Cette espèce est largement distribuée dans les régions d'Asie du sud-est et d'Australasie ainsi qu'à Madagascar. Très polyphage, elle apparaît cependant préférer les Moracées, *Ficus* et *Morus*.

**3) *Uraecha augusta*** : un insecte a été intercepté à l'intérieur du MIN de Rungis. D'origine chinoise, il est assez polyphage, s'attaquant au camphrier (*Cinnamomum camphora*) mais aussi à des pins (*Pinus armandii*).

## Zoom sur quelques Scolytes exotiques

- 1) ***Xylosandrus crassiusculus*** : Ce scolyte à ambrosie, originaire d'Asie subtropicale, est déjà présent dans le bassin méditerranéen. Bien que signalé comme très polyphage sur d'autres continents envahis, en Europe il semble attaquer principalement le caroubier (*Ceratonia siliqua*), l'arbre de Judée (*Cercis siliquastrum*) et le lilas des Indes (*Laegerstromia indica*), mais il a aussi été fortement piégé en chênaies dans les Pyrénées atlantiques.
- 2) ***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.
- 3) ***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*)
- 4) ***Hypothenemus eruditus*** : originaire des régions tropicales et subtropicales des Amériques, l'espèce a été observée dans la plupart des pays du pourtour méditerranéen. Un nombre considérable de plantes-hôtes est signalé, incluant notamment des Anacardiacees, des Cupressacées, des Fabacées, des Juglandacées, des Moracées (dont *Ficus carica*), des Pinacées, etc... (Marchioro et al., 2024). Selon Bouget et al. (2019) en France, l'insecte peut se développer sur *Ficus*, *Platanus*, *Fagus*, *Alnus*, *Castanea*, *Pyrus* et *Fraxinus*.

Sources : Rapport PROJET SORE 2024 - Résultats des piégeages « large spectre » menés dans les principaux sites d'importation de végétaux en France, INRAE URZF Orléans & LNEF-ONF Quillan

## PIÉGÉAGE MONOCHAMUS : IDENTIFICATION DES COLÉOPTERES CAPTURÉS

Porté par le Laboratoire national d'Entomologie forestière de l'ONF

Dans le cadre du plan de surveillance du nématode du pin, des pièges sont installés sur tout le territoire. L'ensemble des Coléoptères piégés, autres que les espèces cibles du genre *Monochamus* (Cerambycidae) sont déterminés par le Laboratoire national d'Entomologie forestière de l'Office National des Forêts. Ces identifications représentent entre 40 000 à 50 000 individus chaque année et permettent indirectement d'effectuer une veille de niveau national. En effet, les pièges Crosstraps utilisés, amorcés avec des phéromones de Galloprotect, sont disposés sur l'ensemble du territoire, parfois dans des zones portuaires et des scieries.

### Bilan du piégeage 2024

Au total, 41 129 individus de 375 espèces ont été identifiés, appartenant à 52 familles.

On dénombre **13 espèces introduites**, toutes considérées actuellement naturalisées en France. Si la plupart ont été introduites il y a plus de 10 ans voire plus d'un siècle, on pourra toutefois mentionner des introductions plus récentes : *Dryophthorus americanus* (Dryophthoridae) (2023) et *Xylosandrus crassiusculus* (Scolytinae) (2014).

On compte également 43 espèces sont considérées comme remarquables à divers titres, soit 11,5 % de la diversité spécifique dont des **espèces remarquables : 40** espèces saproxyliques ayant un indice patrimonial national fort ou très fort (IP3, IP4) selon les critères utilisés par Bouget et al. (2019) (*Plegaderus discisus* (Histeridae), *Alphitophagus obtusangulus*, *Corticteus fraxini*, *C. suberis* et *Tribolium madens* (Tenebrionidae)...) et **71 espèces menacées** à l'échelle européenne d'après l'UICN : *Clamoris crenata*, *Corticteus fraxini*, *C. suberis*, *C. vanmeeri* et *Hymenorus doublieri*.

*Rhizophagus atticus*, probable prédateur de scolytes, **vient d'être signalé** pour la première fois en France (Barnouin et al., sous presse).

Source : Soldati et al. 2025. Coléoptères identifiés dans le cadre du plan national de surveillance Nématode du Pin . Résultats de la campagne de piégeage 2024.

## DEBUSC : DÉTECTION ET ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION DE *BURSAPHELENCHUS XYLOPHILUS* DANS LES ARBRES (2024- 2027)

Projet par INRAE, UMR Biodiversité, Gènes et Ecosystèmes, Bordeaux

**Le nématode du pin** *Bursaphelenchus xylophilus* est une espèce pathogène provoquant la maladie du flétrissement du pin. Il est originaire d'Amérique du nord et introduit et invasif en Asie de l'est et au Portugal. Il est transmis par un coléoptère (*Monochamus* sp.) lors de son repas de maturation puis migre du houppier vers la base du tronc entraînant un flétrissement et parfois la mort de l'hôte.

Absent en France et classé **organisme de quarantaine prioritaire**, *B. xylophilus* fait l'objet d'une surveillance soutenue, à la fois sur son insecte vecteur, sur arbres sur pied et sur les produits végétaux (bois) importés, pour le détecter précocement en cas d'introduction. *Bursaphelenchus mucronatus* est une espèce qui occupe la même niche écologique que *B. xylophilus* mais elle est indigène en France et non pathogène. La migration de ces deux nématodes dans les vaisseaux du bois de l'arbre reste mal connue et pourrait dépendre des communautés fongiques associées.

**L'échantillonnage a porté sur 39 pins maritimes** (*Pinus pinaster*) en Gironde (France) où la fréquence d'hôtes sensibles est très élevée et sur 27 pins au Portugal où *B. xylophilus* est établi depuis 2009. Des prélèvements de copeaux de bois ont été réalisés à trois hauteurs différentes de chaque arbre : sur tronc à 0,5 m et à 1,5 m du sol ainsi qu'au niveau d'une branche basse du houppier. Les nématodes ont été extraits du bois en utilisant la méthode de Baermann améliorée. Elle consiste à faire migrer les nématodes hors du bois dans de l'eau et à les compter sous loupe binoculaire. Elle demande quelques jours de manipulation. Les résultats montrent que *B. mucronatus* est davantage présent dans le houppier que dans la base du tronc. A l'inverse, *B. xylophilus* est beaucoup plus présent sur le tronc que dans le houppier et avec des densités (nombre d'individus) plus importantes que *B. mucronatus*. Par ailleurs, La méthode LAMP (Loop-mediated isothermal amplification) a été testée au Portugal pour la détection de *B. xylophilus*. Il s'agit d'une méthode moléculaire isotherme applicable sur le terrain via un appareillage spécifique et qui fournit un résultat en 2 heures. 35% des arbres infectés d'après la méthode de Baermann ont été positifs via la méthode LAMP. Aucun faux positif n'a été signalé. Ces premiers résultats fournissent des éléments importants (méthodes de prélèvement et d'analyse) pour la détection précoce de *B. xylophilus* en cas d'arrivée sur le territoire. Ils seront complétés par de nouvelles expérimentations pour améliorer le taux de détection et par une caractérisation des communautés fongiques associées aux nématodes par metabarcoding.

Source : Clavier Y. 2025. Rapport de Master 2 Biodiversité Ecologie et Evolution, Univ. de Bordeaux

## INVASIF : QUELLES SONT LES CONSEQUENCES ECOLOGIQUES DE L'INTRODUCTION DE LA PUNAISE RETICULEE DU CHENE, *CORYTHUCHA ARCUATA*, DANS LES FORETS FRANÇAISES ?

Thèse de Tom Barlier, INRAE, UMR Biogeco, Bordeaux

Les forêts de chênes jouent un rôle économique et écologique majeur en France, mais les changements globaux, et notamment l'intensification des sécheresses et l'émergence de nouveaux bioagresseurs menacent la vitalité des arbres à moyen et long terme. L'introduction d'un insecte exotique ravageur tel que *Corythucha arcuata*, la punaise réticulée du chêne (PRC), rend nécessaire **l'évaluation de son impact sur les forêts** et leur capacité de régénération. Ce projet de recherche vise à mieux comprendre

les dynamiques de réponse des forêts aux stress biotiques et abiotiques combinés en explorant l'impact potentiel de *C. arcuata* sur la vitalité des chênes.

Un premier volet étudie les **réponses physiologiques des jeunes chênes et celles de leurs communautés fongiques endophytiques**. Une expérimentation, croisant deux niveaux de stress hydrique et trois niveaux d'infestation par la punaise, a été réalisée en condition contrôlée sur 4 espèces de chênes : *Quercus cerris*, *Quercus robur*, *Quercus petraea* et *Quercus pubescens*. Les premiers résultats révèlent que les décolorations foliaires caractéristiques de la punaise entraînent une **modification de l'activité photosynthétique mais en revanche n'altèrent pas la croissance, la mise en réserve des sucres ou la vulnérabilité aux pathogènes** endophytiques fongiques.

Un second volet s'intéresse aux **interactions biotiques** entre la PRC, les défoliateurs et les champignons pathogènes, en testant les performances de la chenille *Lymantria dispar* face à des feuilles décolorées par la punaise, ainsi que celles de la PRC sur des feuilles préalablement défoliées ou infestées par l'oïdium.

Enfin, un dernier axe se concentre sur la **croissance secondaire** des chênes adultes, à travers une approche dendrochronologique permettant de caractériser les effets à moyen terme du stress hydrique et de l'infestation par *C. arcuata* sur l'anatomie du bois et les performances de croissance.

## **CRYPTIC : CONDITIONS D'EMERGENCE D'UN PATHOGENE INVASIF, CRYPTOSTROMA CORTICALE SUR L'ERABLE SYCOMORE (2022-2025)**

Projet porté par INRAE, UMR Interactions Arbres-Microorganismes, Nancy

Les épisodes de sécheresse de plus en plus fréquents peuvent favoriser l'émergence de maladies forestières. La maladie de la suie de l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*) en est un bon exemple. Depuis les années 2000, les signalements de son agent causal, *Cryptostroma corticale*, un organisme invasif en Europe, **se sont multipliés en Europe centrale et méridionale**. Le pathogène est présent de manière asymptomatique dans les tissus de son hôte et adopte un comportement pathogène après un stress abiotique. Cette phase latente rend difficile la détection précoce du pathogène.

Dans cette étude, la prévalence de **C. corticale dans des arbres asymptomatiques** a été évaluée. Cette étude a couvert six régions, chacune incluant une ville ainsi que ses écosystèmes périurbains et forestiers avoisinants, reflétant ainsi un gradient d'anthropisation ville-forêt. Trois régions présentaient un grand nombre de signalements de la maladie, tandis que les trois autres en comptaient peu.

La présence du pathogène a été évaluée par PCR en temps réel sur 540 échantillons de bois prélevés sur des érables sycomores asymptomatiques. La prévalence moyenne était de 13,6 %, tous types de parcelles confondus. **Le pathogène semble donc largement répandu dans les peuplements naturels d'érable sycomore en France**, augmentant ainsi le risque de développement de la maladie en cas de futures sécheresses. La densité des hôtes et le déficit hydrique cumulé sur trois ans expliquent le mieux la détection de *C. corticale* dans les érables sycomores asymptomatiques. Cependant, la détection du champignon n'était pas liée au niveau d'anthropisation, aucune différence significative n'ayant été observée le long du gradient urbain-forestier. En outre, *Cryptostroma corticale* a été détecté **chez des hôtes asymptomatiques** y compris dans des régions avec peu ou pas de signalements récents de maladie de la suie. L'absence de signalements d'arbres atteints par la maladie dans un secteur géographique ne reflète donc pas nécessairement l'absence du pathogène.

Source : Muller et al. 2025. Soumis à Plant Pathology

## PIQUES SUR CHENES : COMPREHENSION ET DETECTION

---

Projet mené par l'Université d'Orléans

Le dépérissement de certaines chênaies favorise actuellement le développement de bioagresseurs opportunistes. Parmi ceux-ci on observe notamment une **recrudescence d'attaques d'agents de piqûre** sur les grumes mais aussi sur arbres sur pied, avec des conséquences économiques importantes pour la filière forêt-bois.

Deux projets coordonnés par l'Université d'Orléans, en partenariat avec INRAE, le CIRAD, le FCBA et l'ONF, sont menés en parallèle sur le sujet : le projet DEPRECIATEUR (Fonds de dotation ONF) s'intéresse à la **compréhension des phénomènes de piqûre en forêt**, et le projet PIQPAG (Ministère de l'Agriculture) se focalise sur les problématiques de **détection, conservation et débouchés des bois** piqués pour la partie aval de la filière.

Des inventaires sont menés actuellement en forêt et parcs à grumes afin d'identifier les espèces circulantes et attaquant, leurs périodes d'activité et les facteurs climatiques et stationnels qui les conditionnent. Les premiers résultats montrent que la **communauté des agents de piqûre dans les forêts et parcs à grumes est diversifiée, essentiellement composée d'espèces indigènes** (xylébores et platype), dont la période d'activité pour toutes les espèces cumulées s'étale du début du printemps à la fin de l'automne. La mise sous nasse d'arbres sains et dépérissants confirme l'infestation des arbres sur pied par ces mêmes espèces et met en évidence la **colonisation d'arbres apparemment sains**.

En parallèle différentes **méthodes de détection et quantification** des dégâts de piqûre sont testées, les plus prometteuses étant l'analyse de la sciure produite par les insectes, les méthodes de détection acoustique et la tomographie par rayons X. Enfin des tests de résistance mécanique et des effets de pollution de l'air seront menés prochainement sur les bois piqués pour évaluer leurs débouchés potentiels.

## FOMES : AMELIORATION DE LA DETECTION ET DU SUIVI DES MORTALITES ASSOCIEES AUX *HETEROBASIDION* SPP. ET *CONIFERIPORIA SULPHURASCENS* EN FORET DE RESINEUX (2024-2025)

---

Projet porté par Anses, Laboratoire de santé des végétaux, Unité de Mycologie, Malzéville

Le fomès ou *Heterobasidion* sp. est un **pourridié racinaire de résineux**. Il est responsable d'une des maladies forestières les plus dommageables dans l'hémisphère nord. En France, 3 espèces sont présentes : *H. annosum*, *H. abietinum* et *H. parviporum*. Une 4ème espèce, *H. irregulare*, originaire d'Amérique du nord, est présente en Italie. **La localisation géographique, la gamme d'hôte et la pathogénicité diffèrent selon les espèces** et il est donc important de pouvoir les identifier pour affiner le diagnostic sanitaire.

Des tests moléculaires fiables et robustes ont été développés pour les distinguer (Ioos et al. 2019). Cependant, **la prise d'échantillons sur le terrain pour conforter le diagnostic au laboratoire est malaisée** : les sporophores ne sont pas facilement repérables au pied des arbres ou sur souches et le mycélium ainsi que les symptômes sur bois (coloration, pourriture) peuvent être confondus avec d'autres agents ou causes d'altération. Enfin, il est difficile de réaliser des observations de racines et bois au collet en raison de leur accessibilité.

**Quatre méthodes de prélèvement ont été testées** sur le terrain pour comparer leur opérationnalité et leur efficacité pour détecter le pathogène : carotte prélevée au collet avec une tarière de Pressler, copeaux de bois (foret de 20 mm) et sciure (foret de 8 mm) prélevés avec une perceuse sur racines maitresses, mycélium blanc prélevé sous écorce. L'échantillonnage a été réalisé sur environ 70 arbres, qui étaient majoritairement du douglas et du sapin pectiné. Les méthodes ont été déployées dans des peuplements où la présence de fomès a été attestée auparavant lors de veilles sanitaires ou est fortement suspectée. Tous les échantillons ont été analysés au laboratoire avec des méthodes d'extraction d'ADN et de PCR identiques.

**Le mycélium s'avère le meilleur type d'échantillon** à la fois pour extraire un ADN de qualité et détecter *Heterobasidion* sp. (48 % d'échantillons positifs). Par contre, le mycélium n'a pu être repéré et prélevé que dans 40 % des arbres échantillonnés. Pour comparer les méthodes de prélèvement de bois, seuls les arbres ayant été échantillonnés avec les 3 méthodes ont été retenus **Le prélèvement de petits échantillons de bois donne de bons résultats** avec 39 % d'échantillons positifs pour la sciure, 36 % pour les copeaux et 30 % pour les carottes. Il est probable qu'un prélèvement sur racines (sciure ou copeaux) améliorent les chances de détection en raison du mode de développement du fomès dans l'arbre.

Par ailleurs, les copeaux et carottes ont été mis en chambre humide pour produire des fructifications de fomès (conidiophores). Les résultats sont assez satisfaisants mais, en comparaison avec les résultats de PCR, ont probablement généré beaucoup de faux positifs (confusion avec d'autres fructifications de champignons), ce qui biaise le diagnostic.

*Heterobasidion abietinum* a été très majoritairement détecté, ce qui est conforme à la gamme d'hôtes connus de cette espèce (sapin et douglas). *H. parviporum* et *H. irregulare* n'ont pas été détecté. Enfin, les organismes de quarantaine *Coniferiporia sulphurascens* et *C. weirii* qui ont la même niche écologique ont été recherchés sur 29 sites mais non détectés. Cette étude fournit des pistes pour améliorer le diagnostic lors de la veille sanitaire et lors d'enquêtes à large amplitude sur la présence et l'impact du fomès.

## ARMIPISTAGE : DÉTECTION ET SUIVI DES MORTALITÉS ASSOCIÉES AUX ARMILLAIRES EN FORÊT DE RÉSINEUX (2022- 2025)

Projet porté par Anses, Laboratoire de santé des végétaux, Unité de Mycologie, Malzéville et par INRAE, UMR Biodiversité, Gènes et Ecosystèmes, Bordeaux

**Les pourridiés racinaires des genres *Armillaria* et *Desarmillaria*** affectent de nombreuses cultures agronomiques et essences forestières dans le monde entier. En Europe, sept espèces ont été décrites : *Armillaria mellea*, *A. ostoyae*, *A. gallica*, *A. borealis*, *A. cepistipes*, *Desarmillaria ectypa* et *D. tabescens*. Chez les arbres, ces espèces peuvent envahir la base du tronc (écorce et bois) ainsi que les racines. Les échantillons dégradés peuvent compromettre un diagnostic fiable des espèces d'*Armillaria* et de *Desarmillaria*. En effet, à mesure que la maladie progresse, l'isolement du champignon peut devenir impossible en raison de la présence massive de champignons saprophytes et de bactéries. La réaction de polymérisation en chaîne (PCR) en temps réel est devenue la technique de référence pour le diagnostic des agents pathogènes des plantes, car elle est rapide, spécifique et peut être appliquée à différents types de substrats, même très dégradés.

Cette étude visait à **développer sept tests spécifiques** ciblant chacune des espèces européennes d'*Armillaria* et de *Desarmillaria*, ainsi qu'un test générique pour les genres *Armillaria/Desarmillaria*. Deux gènes de ménage et quatre autres gènes à copie unique issus de ressources génomiques publiques ont été utilisés pour concevoir des oligonucléotides spécifiques à la PCR en temps réel. Pour faciliter l'application pratique des tests, les analyses spécifiques à chaque espèce ont été regroupées en deux

tests multiplexes, en fonction de la fréquence d'apparition des espèces en Europe, sans compromettre la spécificité ni la sensibilité des tests.

Les nouvelles méthodes de diagnostic ont été évaluées sur des échantillons environnementaux prélevés par le DSF et son réseau de correspondants-observateurs dans des forêts françaises suspectées d'infections à *Armillaria/Desarmillaria*. Elles ont démontré avec succès leur **efficacité pour détecter les différentes espèces responsables de la pourriture racinaire à *Armillaria***. Étant donné que le comportement pathogène (primaires ou opportunistes) dépend de l'espèce d'armillaire et de son hôte, ces outils présentent un grand intérêt pour **améliorer les suivis sanitaires et les diagnostics** en forêt.

Source : Aguayo et al. 2025. A soumettre

## **PINIPOP : SUIVI DES POPULATIONS DE *CRONARTIUM PINI* DANS LES LANDES (2023-2024)**

Projet porté par Anses, Laboratoire de santé des végétaux, Unité de Mycologie, Malzéville

La rouille vésiculeuse des pins à deux aiguilles est causée par *Cronartium pini*, **un champignon qui peut se présenter sous deux formes**. L'une nécessite un hôte alternant pour accomplir sa reproduction sexuée et ainsi achever son cycle de vie (hétéroïque), tandis que l'autre est capable de se maintenir de manière clonale sur les pins (autoïque).

Cette rouille est **largement distribuée à travers l'Eurasie** et peut provoquer des dommages significatifs dans les forêts naturelles et les plantations. En France, le champignon peut causer des dommages sporadiques et locaux dans les plantations sous certaines conditions environnementales, telles que la présence d'alternants sauvages à proximité des pins d'hôtes et des conditions climatiques particulières.

**Une épidémie récente** de cette maladie a été observée sur des jeunes peuplements de pins dans la forêt des Landes, dans le sud-ouest de la France, avec des niveaux de prévalence atteignant jusqu'à 80 % dans certains peuplements. Cette épidémie est apparue en même temps que la plantation d'un grand champ de pivoines au milieu de jeunes plantations de pins. Les pivoines étant l'un des nombreux hôtes alternants de *C. pini*, cette étude visait à déterminer si l'agent pathogène se présentait sous sa forme **hétéroïque ou autoïque** et à étudier la relation entre les populations fongiques attaquant à la fois les pins et les pivoines.

Un total de **522 échantillons** d'écidies sur pins et 108 échantillons d'urédies sur pivoines ont été génotypés en 2021 et 2022 en étudiant sept loci microsatellites. Les résultats ont montré que la forme hétéroïque de *C. pini* prédominait largement dans les populations des deux sites échantillonnés dans la forêt des Landes et dans les deux sites plus éloignés. De plus, les populations échantillonnées sur pivoines ne différaient pas génétiquement de celles échantillonnées dans les parcelles de pins les entourant, ce qui suggère que **les pivoines participent amplement** à l'accomplissement du cycle biologique de *C. pini* sur ces sites. En revanche, les populations des Landes diffèrent des populations des sites plus éloignés en France. Cette étude démontre que l'établissement d'hôtes naturels sous forme de cultures de pivoines au milieu des plantations de pins a permis au champignon de se multiplier **sous sa forme hétéroïque**, d'augmenter la pression de la maladie et, par conséquent, la gravité des dommages aux jeunes plants de pins. L'élimination complète des parcelles de pivoines fin 2023 devrait contribuer à réduire l'intensité de la maladie dans les années à venir.

Source : loos et al. 2025. *Forest Pathology*, <https://doi.org/10.1111/efp.70028>

# TÉLÉDÉTÉCTION : SUIVI DE LA SANTÉ DES FORÊTS A L'AIDE DE LA TÉLÉDÉTÉCTION DANS LE CADRE DU PROJET CIBLE MONITOR DU PEPR FORESTT

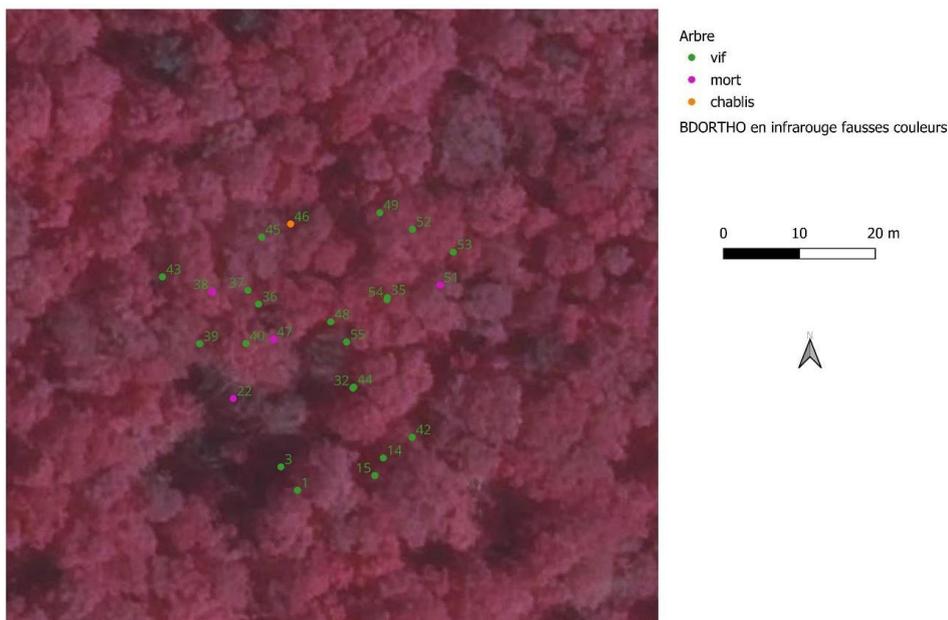
Le programme de recherche FORESTT sur la résilience des forêts françaises (<https://www.pepr-forestt.org/>) comporte plusieurs projets ciblés dont le projet MONITOR qui a pour objectif le développement d'un système agile de monitoring écologique des forêts. Un des axes du projet MONITOR est le développement et l'amélioration des **méthodes de télédétection satellitaire de suivi des écosystèmes forestiers** dans ses diverses composantes. Sont ainsi considérées les ressources ligneuses, la biodiversité et la santé des forêts pour laquelle le DSF est associé à des partenaires scientifiques et opérationnels dans le cadre d'une tâche spécifique.

L'objectif principal de cette tâche est d'utiliser des méthodes de télédétection pour surveiller l'état sanitaire des forêts. **Cela concerne la mortalité, les dépérissements, les incendies et les impacts du climat** et de son changement (accidents climatiques, sécheresse...). Cette tâche va s'appuyer sur trois piliers : 1. Des observations de terrain pour construire les modèles et les valider ; 2. Des méthodes de traitement des images satellitaires et 3. Une infrastructure informatique cloud qui facilitera l'accès aux images et aux informations qui en découlent (exemple : indices de végétation) et qui permettra d'utiliser les méthodes. Cette infrastructure est rendue nécessaire du fait du volume très important des données (images, indices de végétation...), de la complexité des méthodes et de la production de résultats à l'échelle nationale.

Pour la réussite du projet, la mobilisation des **données de références est essentielle pour la calibration et la validation** des modèles afin que ceux-ci soient précis et pertinents. D'une part, plusieurs sources de données existantes seront consolidées, améliorées et mobilisées à cette fin. Ce sera notamment le cas de suivis spécifiques et géolocalisés du DSF (dépérissements du châtaignier, des chênes à feuilles caduques, d'épicéas, etc.), des placettes fortement instrumentées du réseau RENECOFOR de l'ONF ainsi que des suivis de santé de forêts particulières réalisés également par l'ONF (chênes, sapin). D'autre part, **le réseau systématique de suivi des dommages forestiers** fera l'objet d'une opération spécifique. Tous les arbres des placettes de ce réseau (environ 550), déployé à travers toute la France métropolitaine, seront **géoréférencés précisément** afin que les observations sylvosanitaires de ces placettes puissent être mises en relation avec les données des images satellitaires et leur évolution dans le temps. 20 arbres dominants sont observés tous les ans sur ces placettes permanentes ce qui rend particulièrement intéressante l'opération. Cette géolocalisation sera réalisée au cours des années 2025 et 2026 afin que les observations des correspondants-observateurs du DSF puissent être exploitées rapidement au cours du projet MONITOR et même au-delà de celui-ci.

Plusieurs méthodes de suivi de la santé des forêts par télédétection ont récemment été mises au point et seront mobilisées dans le cadre du projet. Il s'agit tout d'abord de la méthode **FORDEAD** pour la détection des anomalies de végétation à partir des séries temporelles des images Sentinel-2 ; la méthode FORDEAD est utilisée aujourd'hui pour le suivi des dégâts dus aux scolytes dans les peuplements d'épicéas. La méthode **RECONFORT** ensuite s'appuie sur une classification supervisée de séries des mêmes images Sentinel-2 pour la détection des dépérissements du chêne, du châtaignier et du pin. La méthode **DEPCAST** enfin permet elle-aussi de cartographier les dépérissements du châtaignier toujours à partir des images Sentinel-2. Au-delà des méthodes existantes, il est également prévu le développement de nouvelles. En particulier, les possibilités offertes par les méthodes d'intelligence artificielle comme l'apprentissage profond ('deep learning') seront explorées. En aval de ces productions, le croisement des cartographies des dépérissements et de la mortalité avec d'autres sources (exemple : données climatiques) et l'analyse spatio-temporelle des résultats viendront enrichir l'épidémiologie des problèmes sylvosanitaires. Les porteurs de ce projet ambitionnent donc de démontrer le fort intérêt de la télédétection pour le suivi de la santé des forêts françaises et ainsi améliorer leur gestion et leur résilience.

Figure : géolocalisation d'une placette du réseau systématique de suivi des dommages forestiers



## ROUILLE DU PEUPLIER : SUIVI DES ESPÈCES, VIRULENCES ET GROUPES GÉNÉTIQUES

Projet porté par INRAE, UMR Interactions Arbres-Microorganismes, Nancy

La rouille du peuplier est une **maladie foliaire qui se développe aussi bien sur peupliers noirs présents en ripisylve que sur peuplier cultivé**, mais c'est sur ces derniers que l'impact de la rouille est le plus important avec des réductions de croissance et des pertes de rendement associés. Les cultivars de peupliers hybrides portent le plus souvent des résistances totales (dites qualitatives) qui sont un moyen de lutte efficace. Hélas, le pathogène est capable d'acquérir par mutation les virulences lui permettant d'infecter ces cultivars. Un exemple connu est le contournement en 1994 de la résistance RMIp7, portée notamment par le cultivar 'Beaupré' qui a mené à des épidémies drastiques de rouilles quelques années plus tard. A l'inverse les peupliers noirs ne possèdent pas de résistance qualitative, mais ils peuvent exercer le rôle de réservoir en abritant des génotypes virulents de rouille.

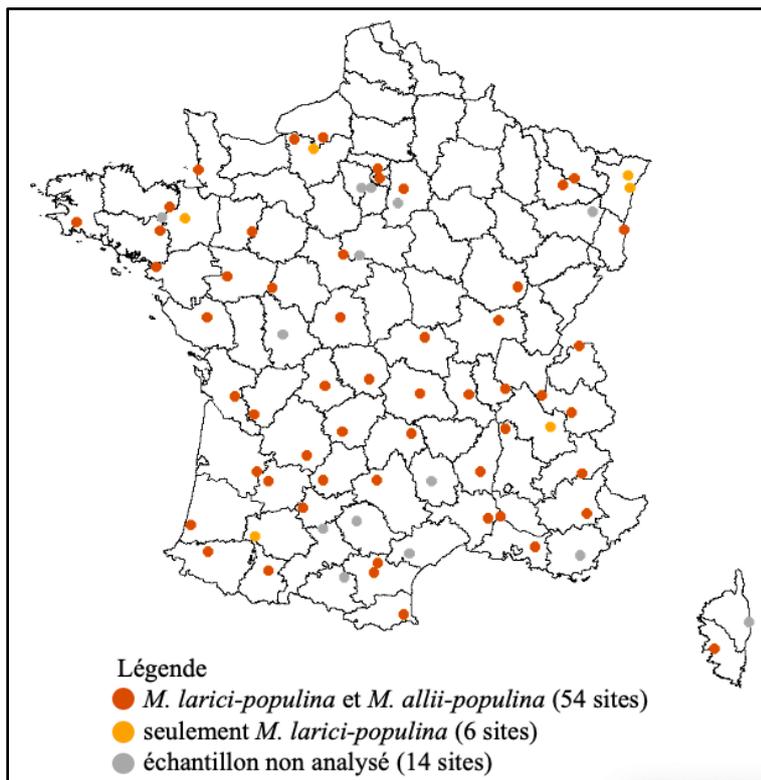
Afin de dresser une cartographie de ces réservoirs de virulence à l'échelle nationale et de suivre l'évolution des populations de rouille au cours du temps, une campagne de collecte de feuilles de peuplier infectées a été réalisée avec l'aide d'un grand nombre de correspondants observateurs du Département Santé des Forêts qui se sont mobilisés entre septembre et novembre 2024. Cette campagne fait suite à une campagne d'échantillonnage similaire réalisée en 2011. Sur **66 sites à travers la France, 100 feuilles infectées** par la rouille ont été prélevées sur des peuplements de peuplier noir sauvage (*Populus nigra*) en ripisylve ou de peuplier d'Italie (*P. nigra* 'Italica').

Les échantillons de rouille ont été analysés avec une méthode de PCR quantitative espèce-spécifique afin de cartographier la présence de trois espèces : les deux espèces indigènes *Melampsora larici-populina* et *M. allii-populina* et l'espèce d'origine Nord-Américaine *M. medusae* f. sp. *deltoidae*. Les deux espèces indigènes **co-existent dans 54 des 60 sites analysés**, avec *M. larici-populina* très majoritaire dans la majorité des échantillons. L'espèce introduite, ***M. medusae* f. sp. *deltoidae* n'a été détectée sur aucun des sites**, suggérant que cette espèce est très rare ou qu'elle a disparu du territoire français.

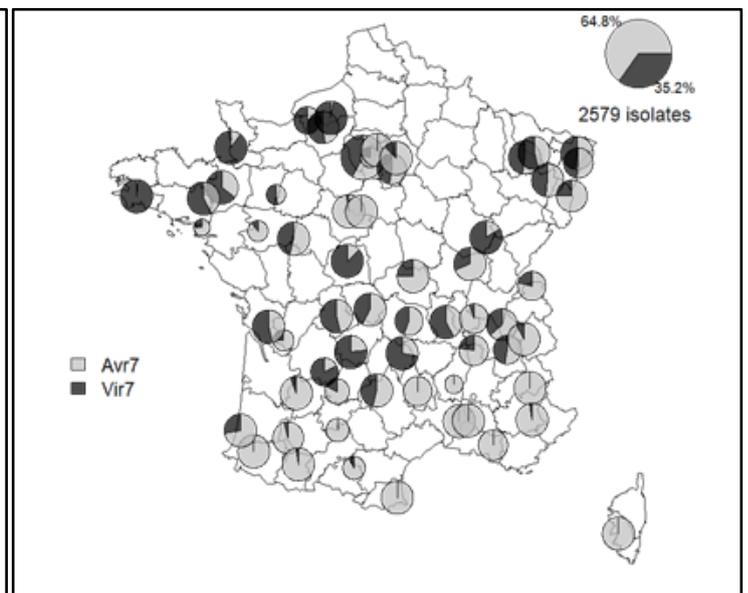
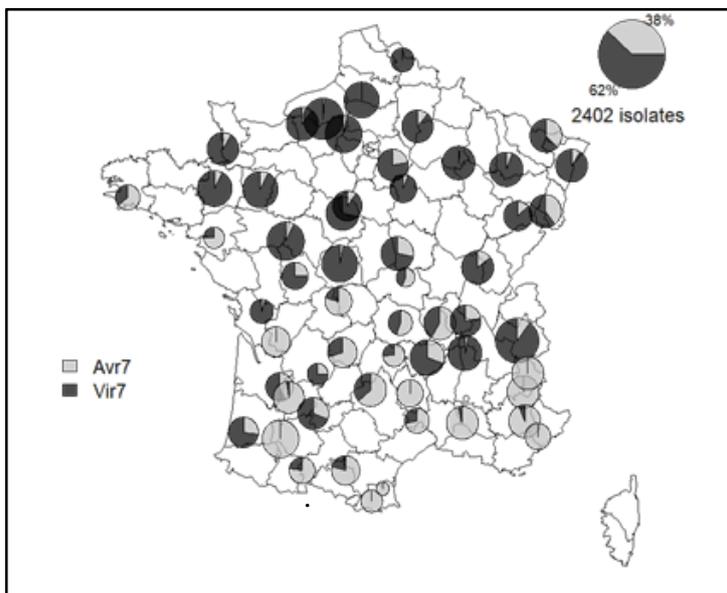
Sur les isolats de *M. larici-populina* obtenus, le profil de virulences a été déterminé, et l'évolution récente du pathogène mise en lumière à l'aide de marqueurs génétiques de type microsatellites. L'apparition de la virulence 7 en 1994 et l'épidémie qui s'en est suivie a permis à cette virulence de se répandre à travers presque toute la France, y compris dans le réservoir constitué par le peuplier noir, à l'exception de la côte méditerranéenne. L'échantillonnage de 2011 montre que la virulence 7 était très présente (62% des isolats), avec une fréquence diminuant vers le sud. **En 2024, la virulence 7 n'est plus**

**présente que dans 35% des isolats**, ce qui pourrait être dû à un changement du paysage populicole avec une diversification des cultivars qui ne portent pas la résistance 7 et la commercialisation de cultivars porteurs de résistance quantitative.

Un autre objectif était l'étude des isolats de *M. larici-populina* appartenant à des lignées asexuées, qui n'effectuent pas de reproduction sexuée sur mélèze et survivent d'année en année sans brassage génétique. Ainsi, les mêmes génotypes sont trouvés sur plusieurs années. Ce groupe asexué était décrit à partir de données collectées en 2009 par l'INRAE (Xhaard et al., 2011) et représentait alors 17.8% des isolats. **En 2024 le groupe asexué représente 25.7% des isolats**, et est surtout répandu dans le Sud. Cette variation du cycle biologique de *M. larici-populina* reste une énigme, mais il semble probable que des hivers doux au sud de la France, qui sont de plus en plus fréquents, permettent aux urédospores de se maintenir sur des feuilles de peuplier jusqu'au début de l'année suivante, leur permettant d'infecter directement de nouvelles feuilles au printemps.



Présence de *M. larici-populina* et *M. allii-populina* en 2024 sur les 60 sites analysés



Proportions des isolats virulents 7 (noir) et avirulents 7 (gris) de *M. larici-populina* en 2011 (gauche) et en 2024 (droite).