

Avec le soutien financier de :



LUTHYL

MISE AU POINT ET TEST DE METHODES OPERATIONNELLES DE LUTTE CONTRE L'HYLOBE DANS LES JEUNES PLANTATIONS RESINEUSES

2020 – 2023

Rapport de fin tâche

MONITORING DES POPULATIONS D'HYLOBES GRACE A DES PIEGES ATTRACTIFS

Kenza Bakouri, Hervé Jactel, Catherine Collet, Yasmine Kadiri, Inge Van Halder, Olivier Bonnard, Yannick Mellerin, Vincent Boulanger, Bernard Boutte, François-Xavier Saintonge, Loïc Cotten, Michel Moulin

10 juin 2024

The logo for INRAE, consisting of the letters 'INRAE' in a bold, teal, sans-serif font.



1. Contexte

1.1 *Hylobius abietis*

L'hylobe (Image 1) est le premier ravageur des plantations résineuses, en France et en Europe. Les dégâts sont causés par les adultes qui consomment l'écorce des plants de résineux par morsure (Image 2). En 2022, 15% des plantations de conifères suivies par le DSF avaient subi des attaques d'hylobe, et comme les années précédentes il est le principal insecte agent de mortalité, responsable de 83% des mortalités causées par des insectes¹ (DSF, 2022). Il est présent sur l'ensemble du territoire français et ses dégâts prévalent dans les régions où les boisements de conifères plantés prédominent. Les préférences alimentaires de l'hylobe ont été testées en laboratoire, mettant en avant son attrait pour les plants de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), d'Epicéa (*Picea abies*) et de Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*)² (Dolezal & al., 2021).



Image 1. Hylobe consommant l'écorce d'un plant (INRAE)



Image 2. Morsures d'hylobes sur un plant de douglas (INRAE)

1.2 Cycle de vie de l'insecte

Comme détaillé sur la Figure 1, l'adulte pond au printemps dans les souches de résineux fraîchement exploitées, où le développement larvaire se déroule pendant 5 à 18 mois selon les conditions climatiques³ (Wainhouse, 2007). Les nouveaux adultes émergent généralement à la fin de l'été de l'année en cours ou bien de l'année suivante, pour effectuer un premier repas de maturation sur l'écorce des jeunes plants de conifères. A ce stade du cycle de vie de l'hylobe, ses déplacements sont limités à la marche⁴ (Nordenhem, 1989). Ils se déplacent donc au sol à la recherche de nourriture lorsque les conditions climatiques sont favorables, et se cachent sous la végétation, les rémanents ou bien dans le sol le reste du temps⁵ (Eidmann, 1979). Ils hivernent ensuite dans les couches superficielles du sol pour réémerger au printemps suivant et effectuer un repas de maturation sexuelle sur les plants, avant de voler vers de nouveaux sites de reproduction et de ponte, jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres. Ces insectes peuvent vivre jusqu'à 5 ans⁵ (Eidmann, 1979).

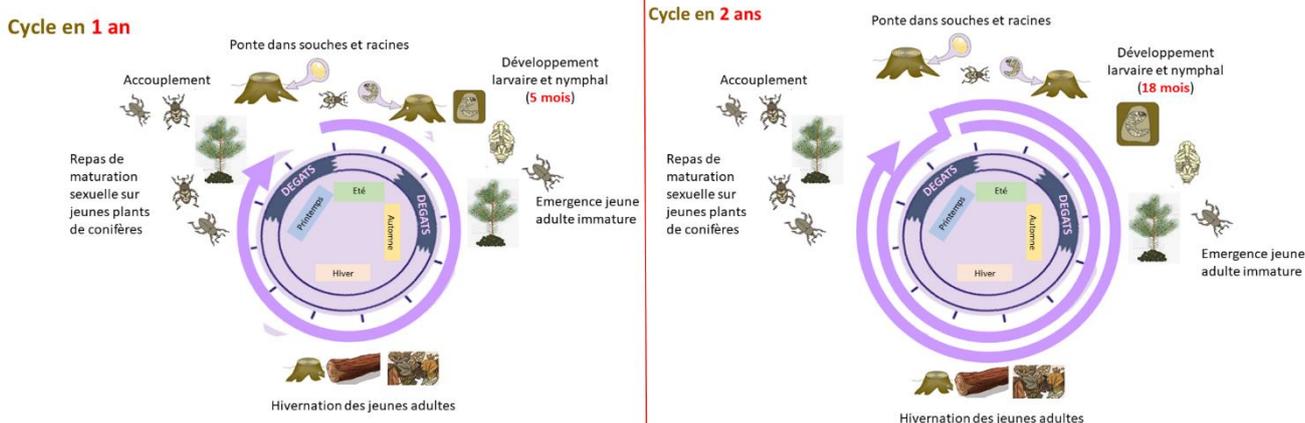


Figure 1. Cycle de développement de l'hylobe en 1 ou 2 ans (INRAE, DSF)

¹ DFS, « 2022 est la plus mauvaise année au niveau de la reprise des plantations forestières depuis 2007 ».

² Doležal, Kleinová, et Davidková, « Adult Feeding Preference and Fecundity in the Large Pine Weevil, *Hylobius Abietis* (Coleoptera: Curculionidae) ».

³ Wainhouse, Brough, et Greenacre, « Managing the Pine Weevil on Lowland Pine ».

⁴ Nordenhem, « Age, Sexual Development, and Seasonal Occurrence of the Pine Weevil *Hylobius Abietis* (L.) ».

⁵ Eidmann H.H, « Integrated management of the pine weevil (*Hylobius abietis* L.) population in Sweden ».

- Pièges à fosse (pitfall) qui sont dans le cas de l'étude de Lalík⁶ (2019) des pots en plastique troués sur les bords supérieur, enterrés dans le sol de sorte à ce que les insectes puissent tomber dans le piège en marchant au sol
- Pièges enterrés équipés de tubes qui guident les insectes à l'intérieur, eux même équipés de petites grilles métalliques que les hylobes ouvrent en entrant dans le piège mais qui les empêche de sortir⁷ (Norlander, 2023)
- Pièges sélectifs afin d'éviter les captures d'espèces non désirées⁸ (Heber, 2024). Le principal critère de sélectivité dans ce cas est que l'hylobe est capable d'escalader les surfaces légèrement rugueuses peu importe leur inclinaison.

Le plus souvent les attractifs utilisés dans ces travaux sont soit des branches fraîchement coupées de résineux, soit des terpènes qui miment l'odeur d'une source de nourriture ou de ponte pour l'hylobe tels que l'a-pinène ou l'huile de térébenthine. Ces attractifs ont toujours été testés seuls ou en combinaison avec de l'éthanol, supposé mimer une odeur de décomposition de souche.

Cependant ces méthodes ne s'étant pas révélées utiles pour la lutte contre les dégâts d'hylobes, elles n'ont pas été étudiées en profondeur et aucune méthode standardisée de piégeage de l'hylobe n'a été mise au point. Dans le contexte post scolyte par exemple, où de très larges surfaces de coupes sanitaires d'épicéas sont ou vont être replantées, il est indispensable de pouvoir identifier les zones à risques et d'avoir un moyen de quantifier les populations d'hylobes présentes dans ces territoires afin de mettre en place des actions de contrôle des dégâts.

2. Objectifs

L'objectif du volet monitoring des populations d'hylobe du projet Luthyl a donc été de mettre au point une technique de piégeage standard de l'hylobe, qui soit efficace et simple à mettre en place afin d'être « déployable » dans les zones à risque. Le but étant d'obtenir des informations précises sur les comportements des populations d'hylobes afin de pouvoir déployer un système d'alerte dans ses zones.

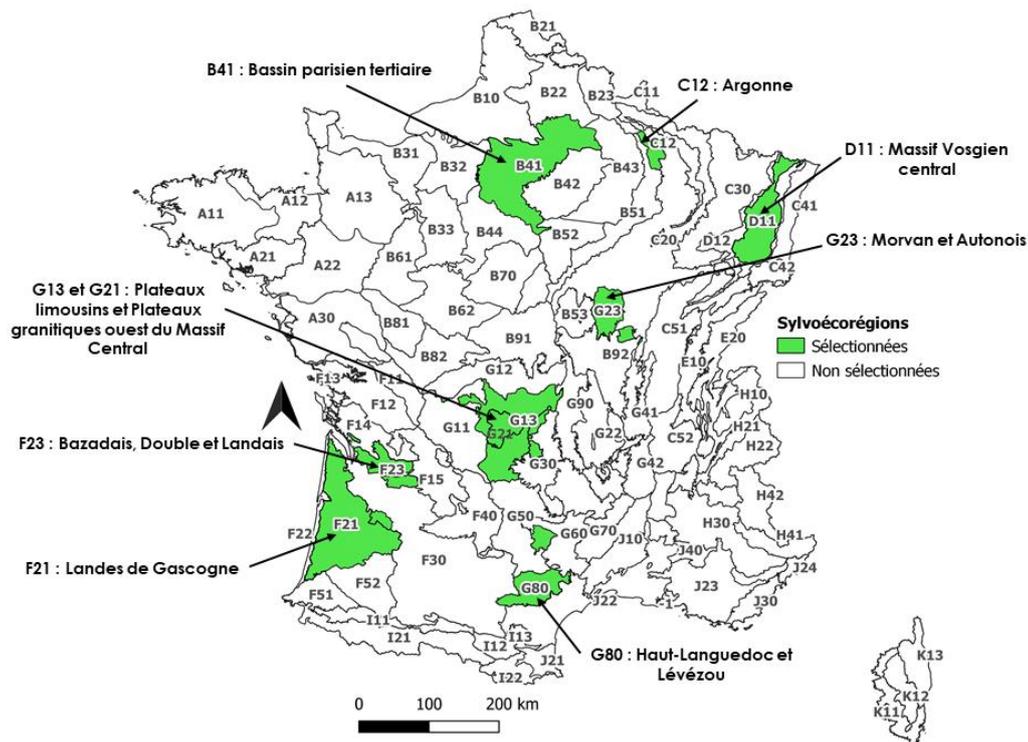
3. Choix des régions d'études

Afin de maximiser la probabilité de captures d'hylobes, nous avons déterminé les sylvoécotopes (SER) présentant des niveaux élevés de dégâts d'hylobes par le passé et/ou des surfaces forestières importantes à reboiser en résineux suite à de récentes coupes rases, et donc un risque élevé d'attaque d'hylobe en 2022, via une analyse multicritère. Une description détaillée de la méthode est disponible dans le document « [Méthodologie du choix des sylvoécotopes pour l'étude des impacts de l'hylobe](#) ». En nous basant sur les SER sélectionnées dans le cadre du [suivi des chantiers documentés](#), certaines expérimentations ont été conduites dans différentes SER afin de couvrir des contextes forestiers hétérogènes. D'autres ont été conduites dans le Sud-Ouest pour des raisons de disponibilité en personnel pour installer et relever les pièges (Carte 1).

⁶ Lalík et al., « Simple Is Best ».

⁷ Nordlander, « Trap Catch Data Are Poor Predictors of Damage Caused by Pine Weevil (*Hylobius Abietis*) to Conifer Seedlings ».

⁸ Heber et al., « Evaluation of Trap Type and Attractant Composition for Potential Mass Trapping of *Hylobius Abietis* ».



Carte 1. Carte des sylvoécorégions dans lesquelles les dispositifs expérimentaux ont été installés

4. Méthode

La mise au point d'une méthode de piégeage standardisée a été réalisée en deux temps :

1. Optimiser le matériel de piégeage
2. Estimer l'efficacité de la méthode

4.1 Optimisation du matériel de piégeage

4.1.1 Combinaison piège attractif

Dans un premier temps il a fallu déterminer quel type de piège et quels attractifs sont les plus efficaces pour capturer des hylobes. Après étude de la littérature, nous avons décidé de tester deux types de pièges :

- Le Pitfall ou piège à fosse, simple à prendre en main (Image 3). Le modèle que nous avons utilisé est commercialisé pour lutter contre le charançon du palmier/bananier et coûte environ 15 euros pièce. Il se compose de deux parties similaires, une noire et une jaune qui s'emboîtent en laissant une ouverture d'environ un centimètre entre elles. L'une des parties doit être enterrée dans le sol de sorte à ce que l'ouverture centrale du piège soit alignée avec le niveau du sol afin que les insectes se déplaçant au sol tombent dans le piège en marchant. Un piège pitfall coûte approximativement 13,25 euros.
- Le Palmatrap (Image 4) commercialisé par Koppert®, utilisé dans le piégeage pour la détection du charançon rouge du palmier, *Rhynchophorus ferrugineus*. Il coûte autour de 23 euros pièce. Il s'agit d'un piège créé spécifiquement pour capturer des charançons, qui se compose d'une partie supérieure pyramidale ouverte au sommet et rugueuse sur laquelle les insectes grimpent, et d'une base qui les réceptionne. Nous avons voulu tester ce piège car il est plus rapide à mettre en place que le pitfall puisqu'il suffit de le poser au sol et qu'il est plus spécifique ce qui permettrait de limiter les captures non désirées.



Image 3. Piège Pitfall installé et équipé de deux attractifs



Image 4. Piège Palmatrap

Aucune phéromone de l'hylobe n'ayant jamais été isolée nous avons testé trois attractifs : (Image 5)

- l' α -pinène en mélange racémique, un terpène souvent utilisé dans les études sur le piégeage de l'hylobe. Nous avons utilisé des diffuseurs de 50 mL commercialisés par Econex® dont l'efficacité est garantie pendant deux mois. Un diffuseur coûte approximativement 18 euros.

- l' α -pinène lévogyre, isomère de la molécule, s'étant révélée efficace dans de précédents travaux⁸ (Heber, 2024). Les diffuseurs sont du même type que ceux de l' α -pinène en mélange racémique, et ont été produits spécialement pour le projet.

- L'éthanol, souvent utilisé en combinaison des terpènes. Nous avons utilisé des diffuseurs de 125 mL commercialisés par Econex® dont l'efficacité est garantie pendant deux mois. Un diffuseur coûte approximativement 8,40 euros.



Image 5. En bas à gauche diffuseur d' α -pinène / à droite diffuseur d'éthanol

L'étude a été conduite sur 7 sites de coupe rase de résineux récente ou de plantation résineuse post coupe rase résineuse d'environ 1 ha répartis en France et gérés par l'ONF, AFB, CFBL et FGF Eurl. Des carrés latins de 36 pièges ont été mis en place de sorte à ce que toutes les combinaisons piège - attractif possibles soient testées (6 combinaisons d'attractifs x 2 types de pièges = 12 modalités, répétés 3 fois par site). Sur chaque parcelle 18 pièges Pitfall et 18 Palmatrap ont ainsi été installés avec : (Figure 2)

- α -pinène en mélange racémique (A)
- α -pinène lévogyre (L)
- Ethanol (E)
- α -pinène + éthanol (AE)
- α -pinène lévogyre + éthanol (LE)
- Témoin sans attractif ()

Cela représente donc 3 répétitions de chaque combinaison piège-attractif par site, et 21 répétitions sur l'ensemble du réseau expérimental.

Une solution de 0,3 L d'un mélange composé à 50% d'eau et à 50% de monopropylène glycol a été placée au fond des pièges, afin de tuer les insectes capturés et d'en permettre une bonne conservation. Les pièges ont été relevés toutes les deux semaines pendant un mois et demi (3 relevés) et leur contenu a été envoyé à l'INRAE de Cestas (Pierroton) pour le comptage d'hylobes capturés afin de déterminer la combinaison piège-attractif qui permet la capture du plus grand nombre d'hylobes.

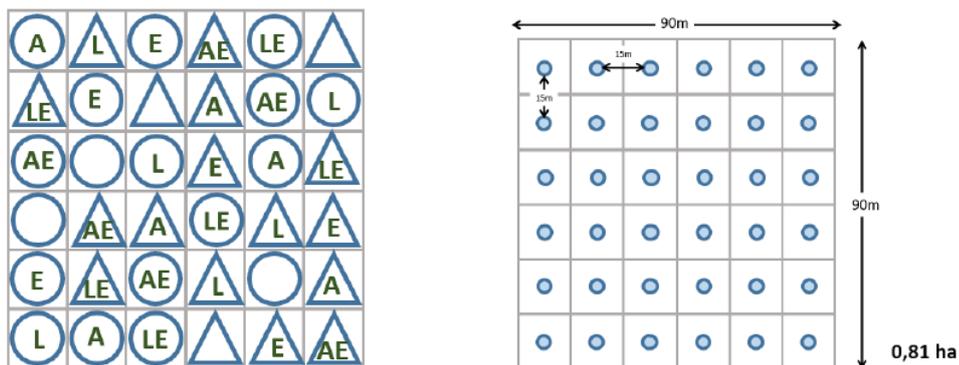


Figure 2. A gauche un exemple de répartition aléatoire des différentes combinaisons pièges-attractifs testées (les ronds symbolisent les Pitfall et les triangles les Palmatrap / A droite schéma de dimensionnement des sites dispositifs expérimentaux (les ronds bleus symbolisent les pièges)

4.1.2 Rayon d'action des pièges

Dans le but de déterminer les caractéristiques de notre couple piège-attractifs et d'adapter au mieux les futurs dispositifs de piégeage à hylobe, il a fallu déterminer son rayon d'action. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur la méthode des paires de pièges⁹ (Jactel et al., 2018). L'idée est d'utiliser des paires de pièges au sein desquelles les pièges sont placés à différentes distances. Si les rayons d'action des pièges d'une paire se chevauchent, le nombre de captures de chacun de ces pièges sera plus faible que si les rayons d'action ne se chevauchent pas. Le nombre de captures maximales sera alors atteint lorsque les pièges sont placés au double de la distance de leur rayon d'action. (Figure 3)

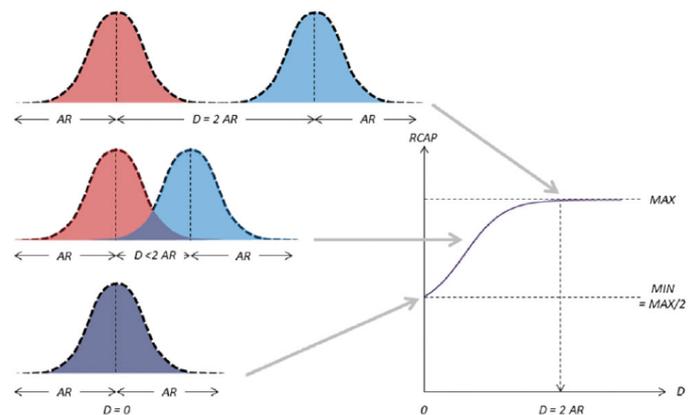


Figure 3. Relation théorique entre le pourcentage relative d'insectes captures et la distance entre les pièges d'une paire

Cette expérimentation a été mise en place sur 4 parcelles de coupe rase de résineux récente ou de plantations résineuses post coupe rase résineuse en Corrèze (G13 et G21 sur la Carte 1), gérées par Unisylva. 5 de paires de pièges ont été installés par site afin de suivre 4 répétitions des distances suivantes : (Figure 4)

- 5 m
- 10 m
- 20 m
- 30 m
- 40 m

Les pièges ont été suivis pendant deux mois et demi (5 relevés) et le contenu des pièges a été étudié à l'INRAE de Cestas.

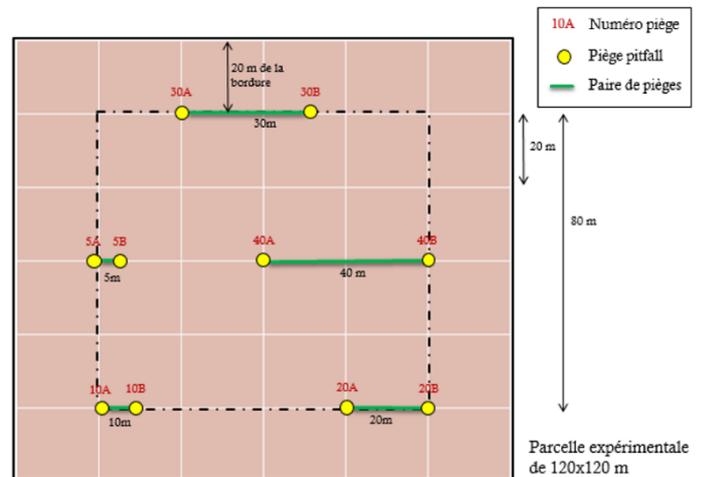


Figure 4. Schéma expérimental d'un dispositif de paires de pièges

4.1.3 Persistance de l'attraction

La dernière caractéristique de nos pièges à hylobe que nous souhaitons déterminer est leur persistance d'attraction, c'est-à-dire la durée pendant lequel ils attirent et capturent efficacement les hylobes. Le but de cette expérience était de tester l'attractivité des diffuseurs d'a-pinène et d'éthanol ouverts en conditions standard depuis plus ou moins longtemps. Pour ce faire, 6 diffuseurs d'a-pinène et d'éthanol ont été ouverts 4 mois, 2 mois (période d'efficacité présenté par le fournisseur), 1 mois, 2 semaines et 1 semaine avant d'équiper des pièges pitfall sur le site expérimental avec deux répétitions. Les diffuseurs ouverts en amont de l'installation des pièges ont été pesés puis placés dans une sorbonne à 19°C pour absorber la diffusion (Figure 5).

Sur ce site de coupe de pin maritime fournis par Alliance Forêts Bois (SER F21), deux fois 15 pitfall contenant ces diffuseurs ont été aléatoirement mis en place à une distance de 20 mètres entre pièges. Chaque ensemble de 15 pièges comportait ainsi 3 répétitions de chaque âge de diffuseurs. Enfin le nombre de captures d'hylobes de chaque piège a été compté.

⁹ Jactel et al., « A Novel, Easy Method for Estimating Pheromone Trap Attraction Range ».

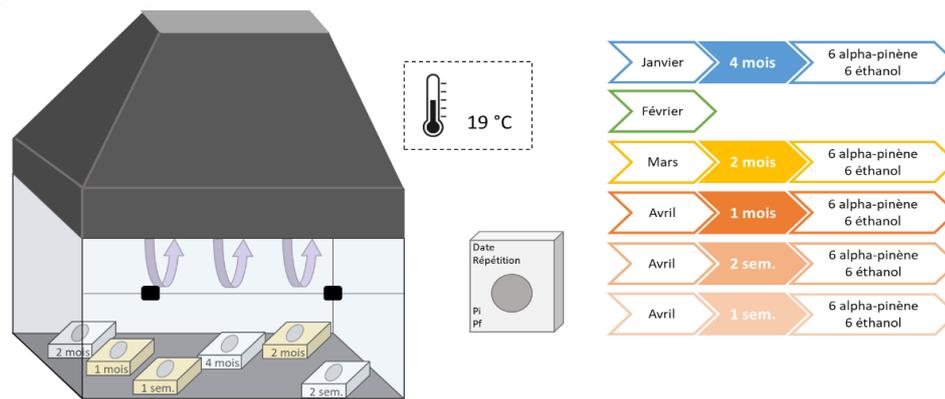


Figure 5. A gauche schéma de la sorbonne dans laquelle les diffuseurs ouverts ont été placés / A droite rétrospective des modalités expérimentales

4.2 Efficacité du piégeage

Une fois le matériel de piégeage optimisé, l'étape suivante a été d'estimer l'efficacité de la méthode. Pour ce faire nous avons voulu tester 1) la présence d'une corrélation entre les captures effectuées par les pièges et les dégâts observés sur le terrain, et 2) estimer la proportion de la population présente que les pièges réussissent à intercepter.

4.2.1 Nombre relatif de captures

Afin d'estimer la proportion de la population présente que nos pièges à hylobe sont en mesure de capturer, nous avons mis en place une expérimentation basée sur la méthode de « capture marquage lâché recapture »¹⁰ (Grimm, 2014). Elle consiste à capturer les insectes à vue ou grâce à des pièges, de les marquer à l'aide d'un marqueur de couleur (Image 6), et de les lâcher au centre d'un dispositif de piégeage. Connaissant le nombre d'insectes marqués lâchés dans le dispositif, il est alors possible de déduire la proportion de notre population initiale recapturée et d'avoir une estimation de l'efficacité des pièges.



Image 6. Hylobe marqué sur ses élytres

Les hylobes de notre étude ont été capturés par piégeage une première fois ce qui nous a permis de nous assurer qu'ils sont bien réceptifs aux attractifs. En effet les tests préalables à cette manip nous ont permis de constater que les hylobes ne semblent pas réceptifs toute l'année aux attractifs que nous leur présentons, notamment en avril.

Ils ont ensuite été placés dans des boîtes d'élevage équipés de rameaux frais de résineux, dans une chambre climatique réglée en 12h jour et 12h nuit à 16°C. Ils ont ensuite été marqués et lâchés en 4 groupes de 21, 26 et 30 et 21 individus, entre le 14 juin et le 31 juillet.

Le schéma expérimental est présenté sur la Figure 6. Le losange rouge au centre est le point de lâché des insectes. Il est entouré de deux cercles concentriques de pièges disposés de sorte à ce que leurs rayons d'actions se touchent et ne laissent théoriquement pas d'échappatoire aux hylobes. Le premier cercle est composé de 4 pièges disposés à 12 m du point de lâché. Le second cercle est composé de 12 pièges situés à 34 m du point de lâché. Cette manip a été réalisée sur une parcelle d'1 ha à proximité du centre INRAE de Cestas.

¹⁰ Grimm, Gruber, et Henle, « Reliability of Different Mark-Recapture Methods for Population Size Estimation Tested against Reference Population Sizes Constructed from Field Data ».

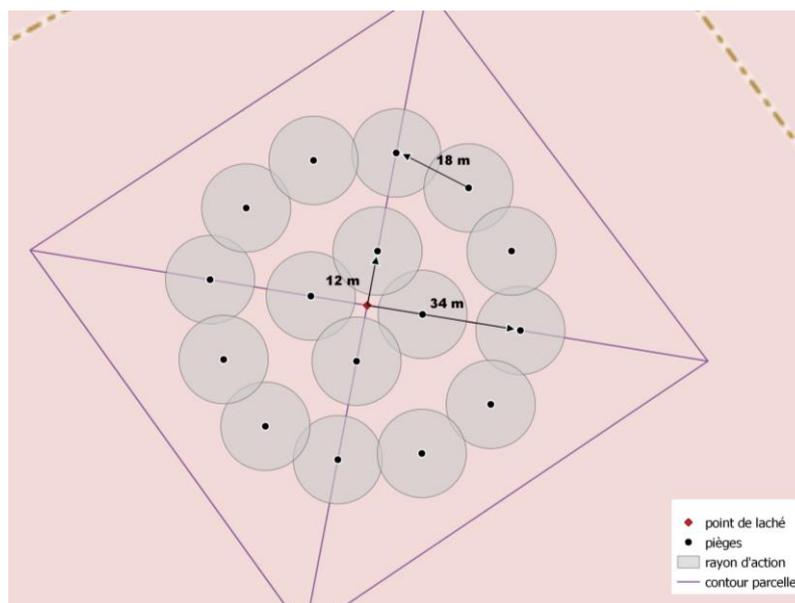


Figure 6. Schéma expérimental du dispositif de marquage-lâché-recapture

4.2.2 Corrélation captures dégâts

Nous avons profité de l'installation et du suivi réguliers des dégâts sur six grandes parcelles expérimentales de 7 ha pour y installer nos pièges à hylobes et observer de premières tendances quant à un possible lien entre les captures des pièges et les dégâts constatés sur les plants. Les parcelles en question ont été installées dans le cadre du projet [Protehyl](#) qui vise à tester des méthodes de lutte contre l'hylobe en Meuse (C12), dans l'Oise (B41), dans le Morvan (G23), en Corrèze (G21), dans le Tarn (G80) et dans les Ardennes belges. Ces sites sont des plantations de douglas post coupes rases résineuses récentes, sur lesquelles 9 modalités expérimentales de Protehyl d'une surface de 0.25 ha chacune ont été répliquées dans 3 blocs. Les plants ont été suivis pendant 2 ans (2022-2023) via deux décomptes par an des morsures d'hylobe sur un échantillon de 2700 puis 1620 plants par site. La méthodologie de l'estimation des dégâts d'hylobes basée sur le nombre de morsures peut être retrouvé dans la partie 4.2 du rapport sur [le suivi des chantiers documentés](#).

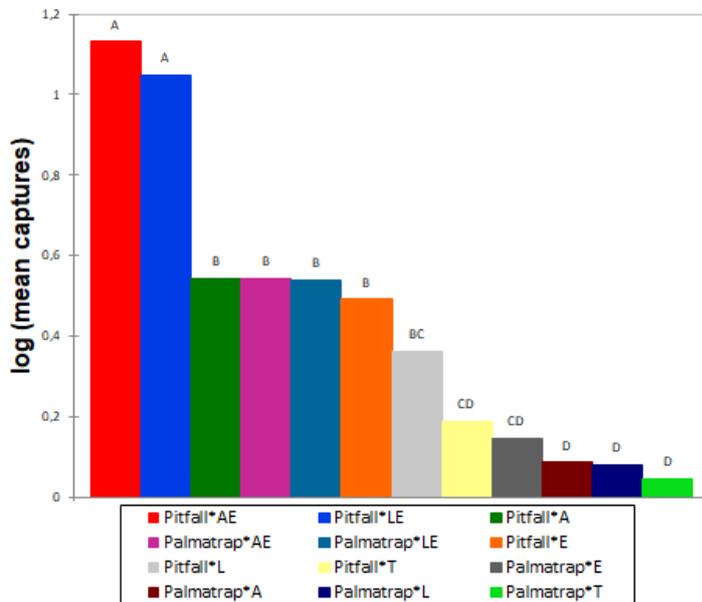
En 2022 nous avons installé 9 pièges pitfall équipés de diffuseurs d'a-pinène et d'éthanol, dans un bloc de chacun des sites expérimentaux excepté dans le Tarn, ce site ayant subi des attaques d'hylobes extrêmement forte avant que l'ensemble de modalités aient le temps d'être mises en place. Les pièges ont été relevés toutes les deux semaines pendant 1 mois et demi (3 relevés), entre la mise en place des modalités Protehyl et la notation de juin 2022 d'estimation des dégâts des hylobes. Le contenu des pièges de l'ensemble des sites a été compté à l'INRAE de Cestas et le nombre moyen d'hylobes capturés a été mis en relation avec l'indice d'intensité d'attaque d'hylobes calculé sur site.

A la suite de cette première année de suivi, une procédure de rééchantillonnage a été conduite afin d'optimiser le nombre de pièges nécessaire par site pour permettre une corrélation capture-dégâts acceptable tout en réduisant la charge de travail pour les techniciens et gestionnaires locaux. En conséquence, en 2023 nous avons installés 3 pièges (1 par bloc) sur les 4 sites Protehyl toujours en état (Meuse, Oise, Morvan et Belgique). Ces 3 pièges par site ont été suivi sur la même période que les pièges de 2022 et nous avons reconduit la même analyse qu'en 2022.

5. Résultats

5.1 Optimisation du matériel de piégeage

5.1.1 Combinaison piège attractif



Graphique 1. Logarithme des captures d'hylobes moyennes en fonction des combinaisons pièges-attractifs

Le Graphique 1 représente le logarithme des moyennes des captures d'hylobes de chaque combinaison piège-attractifs testée. Les différences entre modalités ont été analysées statistiquement (test Anova). Des lettres différentes (A, B, C, D) dans la figure indiquent que les modalités sont statistiquement différentes ($p < 0.05$). Deux combinaisons sortent clairement du lot en termes d'hylobes capturés :

- Pitfall & α -pinène racémique + éthanol (barre rouge)
- Pitfall + α -pinène lévogyre + éthanol (barre bleue)

Le nombre de captures n'étant pas significativement différent

entre le mélange racémique et l'isomère lévogyre et cet isomère n'étant pas commercialisé, la combinaison que nous avons retenue dans la suite du projet est le piège **Pitfall & α -pinène racémique + éthanol** par soucis de simplicité.

Une étude récente menée en Allemagne montre des résultats analogues, avec une meilleure efficacité des pièges à fosse équipés d'un mélange α -pinène + éthanol⁸ (Heber et al. 2024)

Il faut noter que nos pièges à hylobes ne sont pas sélectifs et que nous avons enregistré des captures autres que l'hylobe dans les pièges Pitfall, présenté sur l'Image 7.

Fréquents



Parfois



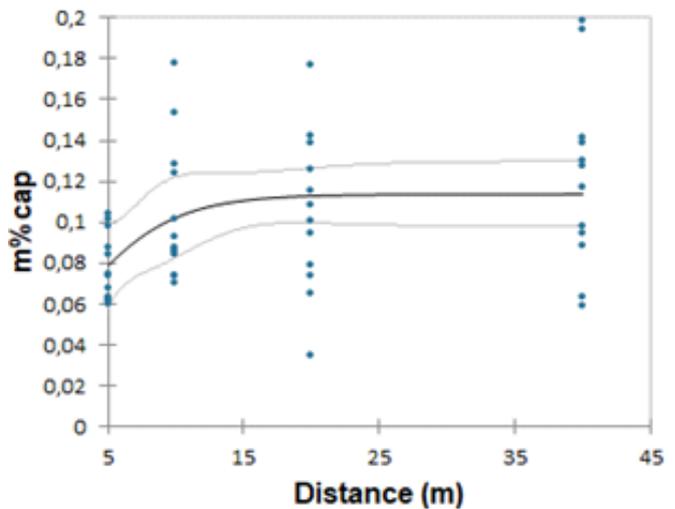
Rarement



Image 7. Résumé des captures accidentelles réalisées dans les pièges Pitfall, classé par fréquence de capture

5.1.2 Rayon d'action des pièges

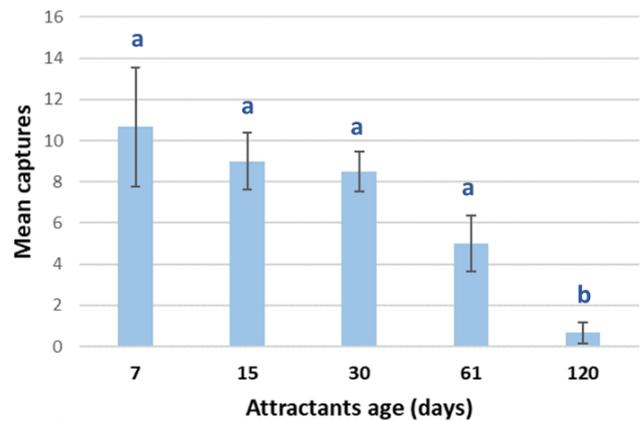
Après le comptage des hylobes capturés dans les différentes paires de pièges des 4 dispositifs, la proportion relative de captures par site et par date a été mis en lien avec les distances entre ces paires de pièges. Le Graphique 2 présente cela sous forme d'un graphique sur lequel une courbe de régression a été tracée, ainsi que les marges d'erreur à 95%. On peut calculer que 99% des captures ont été faites lorsque les pièges d'une paire ont été placés à 20 m l'un de l'autre. D'après le modèle présenté dans la partie 4.1.2, cela signifie que **le rayon d'action des pièges à hylobes peut être estimé à environ 10 m**. Ce rayon d'action peut paraître assez petit mais il faut prendre en compte le fait que les hylobes se déplacent au sol en marchant lors de leur période de recherche de nourriture, donc entourés par une multitude d'autres odeurs pouvant stimuler leurs récepteurs.



Graphique 2. Pourcentage de captures d'hylobes en fonction des distances entre les paires de pièges

5.1.3 Persistance de l'attraction

Le Graphique 3 présente la moyenne des captures dans les pièges en fonction de l'âge des attractifs, c'est à dire de la période depuis laquelle ils ont été ouverts. Les différences entre les moyennes de capture ont été analysées statistiquement (test Anova) et classés dans des groupes (a et b) en fonction de leur proximité statistique. Il ressort de cette analyse que pour les attractifs âgés de 2 mois ou moins, nous n'observons pas de différence significative entre captures. En revanche il y a bien une différence pour les attractifs âgés de plus de 2 mois. Nous en avons donc conclu que **les attractifs fournis par Econex® ont une efficacité de deux mois**.



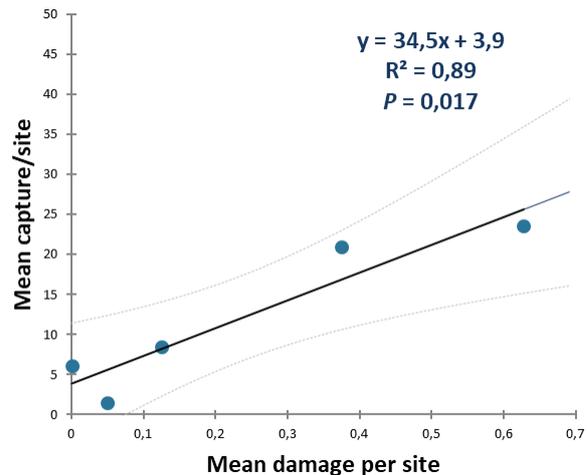
Graphique 3. Moyenne de captures d'hylobes en fonction de l'âge des attractifs

5.2 Efficacité du piégeage

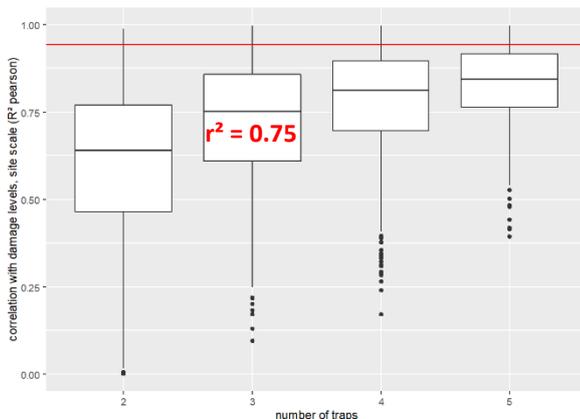
5.2.1 Corrélation captures dégâts

Le Graphique 4 représente les moyennes de captures des 9 pièges par site pour les 5 sites Protehyl en fonction de la moyenne de l'indice d'intensité d'attaque mesuré en été 2022. On observe une corrélation élevée ($R^2=0.89$).

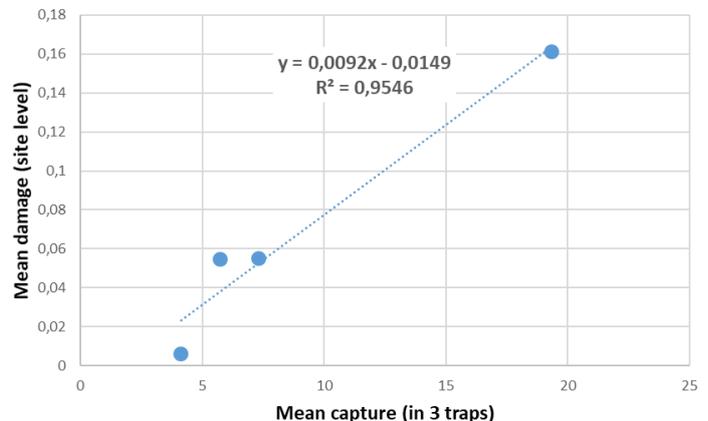
Le Graphique 5 présente les résultats de la procédure de rééchantillonnage qui a été conduite afin d'optimiser le nombre de pièges nécessaire par site pour permettre une corrélation capture-dégâts acceptable tout en réduisant la charge de travail pour les techniciens et gestionnaires locaux. On remarque qu'avec 3 pièges par site, on obtient un coefficient de corrélation acceptable ($R^2=0.75$). Le Graphique 6 avec les résultats de 2023 est similaire au Graphique 5, à la seule différence que les axes sont inversés. On constate qu'avec 3 pièges par site sur les 4 sites suivis, on obtient un excellent coefficient de corrélation ($R^2=0.95$) entre la moyenne des captures de pièges et l'intensité d'attaque observée. Cependant cette corrélation est surtout basée sur un point. Le nombre de sites Protehyl et de pièges suivis en 2023 n'est pas assez conséquent pour que nous puissions tirer des conclusions définitives sur cette corrélation capture-dégâts de 2023. Il est néanmoins intéressant d'observer ces premières tendances qui méritent d'être confirmées.



Graphique 4. Moyenne de captures d'hylobes en fonction de l'indice d'intensité d'attaque mesurée à l'été 2022, avec 9 pièges par site



Graphique 5. Corrélation entre les intensités d'attaques et le nombre de pièges par site



Graphique 6. Moyenne de captures d'hylobes en fonction de l'indice d'intensité d'attaque mesurée à l'été 2023, avec 3 pièges par site

5.2.2 Proportion d'insectes piégés

A l'issue des 4 lâchers d'hylobes marqués, réalisés en juin et juillet 2023, en moyenne **35 % des individus lâchés ont été recapturés**, dont 75 % dans les pièges centraux et 25 % dans les pièges extérieurs. Ces résultats indiquent que 25% (75% x 35 %) des hylobes entrant dans le rayon d'attraction d'un piège sont *in fine* capturés. Le reste de la population circulante non capturée correspond soit à des insectes qui se sont envolés, enterrés ou ne répondent pas à l'attraction. Cette proportion est plutôt élevée en comparaison avec des pièges à phéromones utilisés pour capturer d'autres insectes forestiers, où les résultats sont plutôt de l'ordre de 5% (par ex. *Monochamus galloprovincialis* ¹¹; Robinet et al. 2019). C'est sans doute en raison de la forte concentration des pièges à hylobes (tous les 20m) et du mode de déplacement (en marchant)

¹¹ Robinet, « Modeling the Distances Traveled by Flying Insects Based on the Combination of Flight Mill and Mark-Release-Recapture Experiments ».

de ces insectes. Cette proportion est cependant trop faible pour envisager d'utiliser ces pièges attractifs comme méthode de lutte fondée sur le piégeage de masse (sans évoquer le coût de cette approche).

6. Conclusion

Le volet « monitoring des populations d'hylobes grâce à des pièges attractifs » du projet Luthyl a abouti à une méthode de piégeage de l'hylobe standardisée dont on connaît les principales caractéristiques : pièges **Piffall** équipés de diffuseurs d'**a-pinène en mélange racémique** et **éthanol** comme attractifs, devant être **renouvelés tous les deux mois** pour garantir leur efficacité. Ces pièges ont un **rayon d'action de 10 m** et **capturent environ 25% des hylobes passant dans cette zone**.

Cette méthode de piégeage est opérationnelle pour un suivi de terrain et peu **coûteuse** (moins de 40 euros par piège), à condition qu'il soit possible de relever le contenu des pièges toutes les deux à trois semaines. En revanche, elle ne serait pas efficace pour du piégeage de masse puisque cette technique de lutte nécessiterait une trop grande densité de pièges, de 25 pièges par hectare.

7. Perspectives

La méthode de piégeage mise au point peut ainsi être **utilisée à des fins** de surveillance de l'insecte, pour déterminer plus précisément ses périodes de recherche de nourriture et donc les périodes à risques pour les plantations. Ils ont d'ailleurs servi à une expérimentation de grande ampleur, dans 17 SER pour nous aider à mieux comprendre la phénologie de l'hylobe.

Références

DFS. « 2022 est la plus mauvaise année au niveau de la reprise des plantations forestières depuis 2007 », s. d.

Doležal, Petr, Lenka Kleinová, et Markéta Davidková. « Adult Feeding Preference and Fecundity in the Large Pine Weevil, *Hylobius Abietis* (Coleoptera: Curculionidae) », 2021.

Eidmann H.H. « Integrated management of the pine weevil (*Hylobius abietis* L.) population in Sweden ». *Current topics in forest entomology. Forest Service General Technical Report WO-8* (1979): 103-9.

Grimm, Annegret, Bernd Gruber, et Klaus Henle. « Reliability of Different Mark-Recapture Methods for Population Size Estimation Tested against Reference Population Sizes Constructed from Field Data ». Édité par Brock Fenton. *PLoS ONE* 9, n° 6 (4 juin 2014): e98840. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098840>.

Heber, Tobias, Christiane E. Helbig, Sören Osmers, Maike Larquette, et Michael G. Müller. « Evaluation of Trap Type and Attractant Composition for Potential Mass Trapping of *Hylobius Abietis* ». *Agricultural and Forest Entomology* 26, n° 1 (février 2024): 1-17. <https://doi.org/10.1111/afe.12593>.

Jactel, Herve, Luis Bonifacio, Inge Van Halder, Fabrice Vétillard, Christelle Robinet, et Guillaume David. « A Novel, Easy Method for Estimating Pheromone Trap Attraction Range: Application to the Pine Sawyer Beetle *Monochamus Galloprovincialis* ». *Agricultural and Forest Entomology* 21, n° 1 (février 2019): 8-14. <https://doi.org/10.1111/afe.12298>.

Lalík, Michal, Jaroslav Holuša, Juraj Galko, Karolína Resnerová, Andrej Kunca, Christo Nikolov, Silvia Mudrončková, et Peter Surový. « Simple Is Best. Pine Twigs Are Better Than Artificial Lures

for Trapping of Pine Weevils in Pitfall Traps ». *Forests* 10, n° 8 (29 juillet 2019): 642.
<https://doi.org/10.3390/f10080642>.

Nordenhem, H. « Age, Sexual Development, and Seasonal Occurrence of the Pine Weevil *Hylobius Abietis* (L.) ». *Journal of Applied Entomology* 108, n° 1-5 (12 janvier 1989): 260-70.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1989.tb00456.x>.

Nordlander, Göran. « Trap Catch Data Are Poor Predictors of Damage Caused by Pine Weevil (*Hylobius Abietis*) to Conifer Seedlings ». *Forest Ecology and Management*, 2023.

Robinet, Christelle. « Modeling the Distances Traveled by Flying Insects Based on the Combination of Flight Mill and Mark-Release-Recapture Experiments ». *Ecological Modelling*, 2019.

Wainhouse, David, Sara Brough, et Brian Greenacre. « Managing the Pine Weevil on Lowland Pine ». *Forestry Commission*, juin 2007.