

Colloque organisé à l'occasion des 20 ans du DSF

20 ans d'expérience – Un défi pour l'avenir

Palais des Congrès de Beaune, 10 et 11 mars 2009

## Seconde session

### Des outils et des méthodes pour observer et pour comprendre

#### Apports de la modélisation : le cas de la processionnaire du pin

Alain Roques

Equipe Zoologie forestière, INRA Orléans



Je remercie Jean-Luc de m'avoir invité à faire cet exposé. Je suis particulièrement content d'être présent car du point de vue de la recherche et plus particulièrement de la recherche en entomologie forestière, la naissance du DSF a sérieusement modifié notre travail. Si nous continuons à faire des relevés, des collectes, des inventaires, la prise en charge de ces activités par le DSF nous a laissé du champ libre pour nous concentrer sur la recherche proprement dite, en insérant les données générées par le DSF à nos travaux, et notamment les travaux concernant la processionnaire du pin.

En effet, la processionnaire du pin est l'insecte qui tient la deuxième place en terme de quantité de fiches DSF réalisées dans l'ensemble des relevés.

Cet insecte ravageur forestier tend aujourd'hui à devenir une nuisance urbaine mais c'est par ailleurs pour nous un excellent modèle pour l'étude du changement climatique.

La deuxième diapositive (Figure 1) présente deux cartes qui correspondent respectivement aux périodes 1969-1980 et 2005-2006.

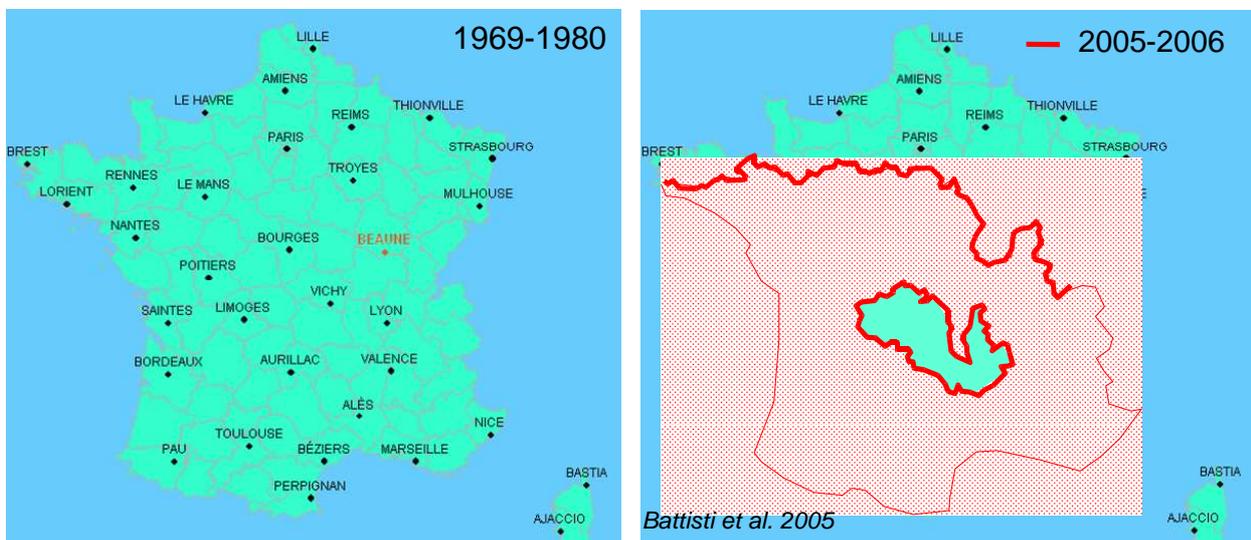


Figure 1. Évolution des populations de processionnaire

Nous pouvons constater que les deux populations qui, dans un premier temps, étaient séparées par le Massif Central, se sont rejointes dans les années 2000. Aujourd'hui, à part la petite tache du Massif Central, la processionnaire du pin est désormais présente sur les  $\frac{3}{4}$  du territoire français. L'enjeu d'aujourd'hui est donc de prédire la progression de l'aire de répartition de la processionnaire dans les 10 prochaines années sachant que cette vitesse de progression est conséquente.

Cependant, comme l'expliquait Christian Barthod, ces processus sont extrêmement complexes, mêlant entre autres l'effet du changement climatique, de la modification des habitats et d'autres conséquences de l'activité humaine. Il est ainsi difficile de pouvoir apprécier une de ces composantes séparément par rapport aux autres.

L'encadré jaune de la diapositive 3 (Figure 2) présente l'ensemble des interactions liées au changement global d'origine climatique.

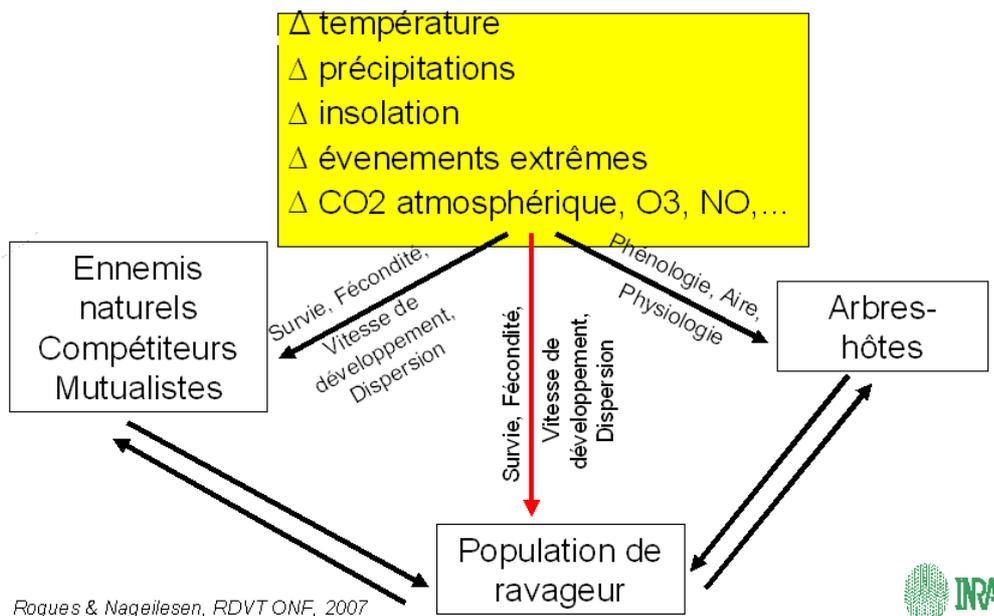


Figure 2. Le changement global a un impact complexe sur les populations d'insectes et sur leur distribution

Nous pouvons constater que ce changement global peut influencer directement sur les performances de la population de ravageurs mais il peut également influencer sur leurs compétiteurs, leurs associés et leurs ennemis naturels mais également sur l'arbre hôte, ce qui rend l'ensemble de la modélisation relativement difficile.

Je vais vous présenter successivement les différentes étapes indispensables pour élaborer un tel modèle.

- Tout d'abord, il faut **bien connaître le cycle biologique**. Celui de la processionnaire est effectivement bien connu (diapositive 4). De manière concrète, ce cycle est soumis à un certain nombre de contraintes (diapositive 5), telles que des contraintes d'ordre climatique, qui avaient déjà été identifiées avant que nous n'entamions des travaux d'ordre plus fondamental. On savait ainsi que certaines températures sont létales : - 16° l'hiver et + 32° l'été. Ces seuils thermiques affectent directement la survie des populations. Un certain nombre d'autres paramètres étaient aussi connus pour réguler le développement des populations, notamment via l'alimentation. Cependant nous nous sommes aperçus que la levée de ces contraintes avec le changement climatique ne pouvait pas, à elle seule, permettre de comprendre l'ampleur de l'expansion de l'aire de répartition de la processionnaire ces dernières années, et en particulier son arrivée dans des zones où en théorie, si l'on se fie à ces contraintes, elle n'aurait pas du progresser. Nous nous sommes en particulier interrogés sur la Beauce et sur les raisons pour lesquelles la processionnaire a pu passer ce territoire.

Outre les facteurs climatiques, le frein à ce passage semblait lié aux champs de céréales : il n'y a pas de pins. En réalité, lorsque l'on regarde à un grain plus fin que les grilles IFN, on s'aperçoit que la distance entre un pin et son plus proche voisin n'est que de 1 km en moyenne en Beauce (diapositive 14, Figure 3), ce qui signifie que dans la plupart des cas (98 %), il y a possibilité pour une femelle qui se trouve sur un pin dans une commune d'aller sur un pin qui se trouve au bord de la route ou d'aller sur le pin qui se trouve dans un jardin ou sur la place du village... On a ainsi noté que les vitesses de progression sont plus rapides dans ces zones que dans des zones forestières où la processionnaire se trouve fixée, comme par exemple dans la forêt d'Orléans ou de Fontainebleau.

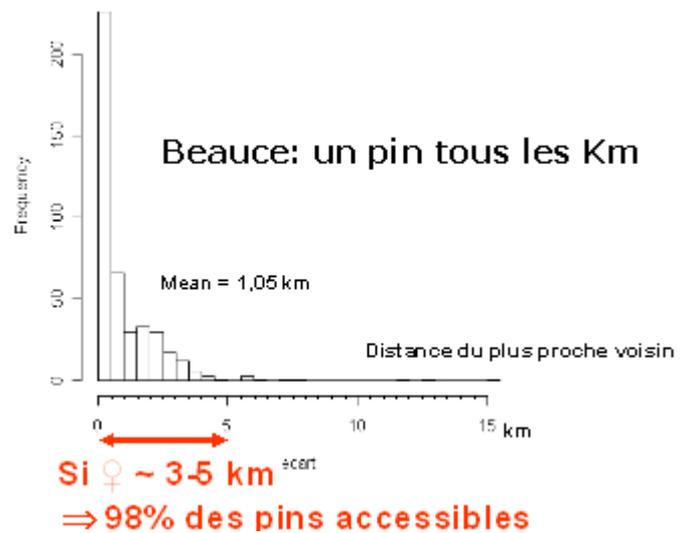
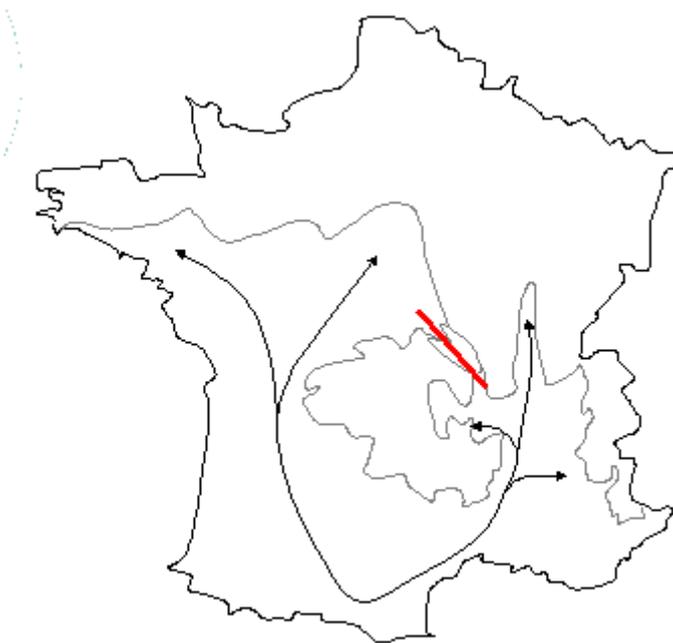


Figure 3. Distance des pins et dispersion de l'insecte

■ Avant de mettre en place concrètement le modèle, il faut **définir le type de modèle le mieux adapté**. Pour cela, nous avons fait appel à la génétique des populations et nous avons ainsi pu démontrer que les populations qui se trouvent aujourd'hui à l'Ouest ou à l'Est du Massif Central proviennent d'une même population méditerranéenne et que cette population s'est développée selon deux couloirs séparés par ce même Massif Central. Récemment, ces populations se sont rejointes au niveau du Morvan et au-dessus du Morvan (petit trait rouge sur la carte de la diapositive 15 (Figure 4). En même temps, nous avons montré qu'il y avait une baisse progressive de la diversité génétique depuis les zones méditerranéennes jusqu'aux zones plus septentrionales. Cela nous a suggéré un modèle de type diffusion plutôt qu'un modèle de type stratifié.



Rousselet et al., submitted

Figure 4. Evolution des populations

relativement isolées).

Nous avons donc finalement défini en 2004 un modèle pour le Bassin Parisien qui intègre tous les éléments que nous avons précédemment cités : scénario climatique, spatial, capacité de dispersion, survie... Nous avons ajusté ce modèle en fonction des signalements passés de la processionnaire dans la région de 1981 à 2004, et en prenant en compte la répartition des pins (diapositive 17 à 42 : animation, Figure 5). Les rétractions observées du front correspondent à des années plus froides que les autres mais globalement, nous constatons l'expansion de la processionnaire vers le Nord. En 2005, nous avons pu comparer le résultat prédit par le modèle avec la réalité (diapositive 43). Présence prédite et réelle de l'insecte sont assez proches. Il y a un bon recouvrement sur la partie Ouest du Bassin Parisien mais en revanche ce recouvrement est moins bon sur la partie Est (vraisemblablement lié à des colonies

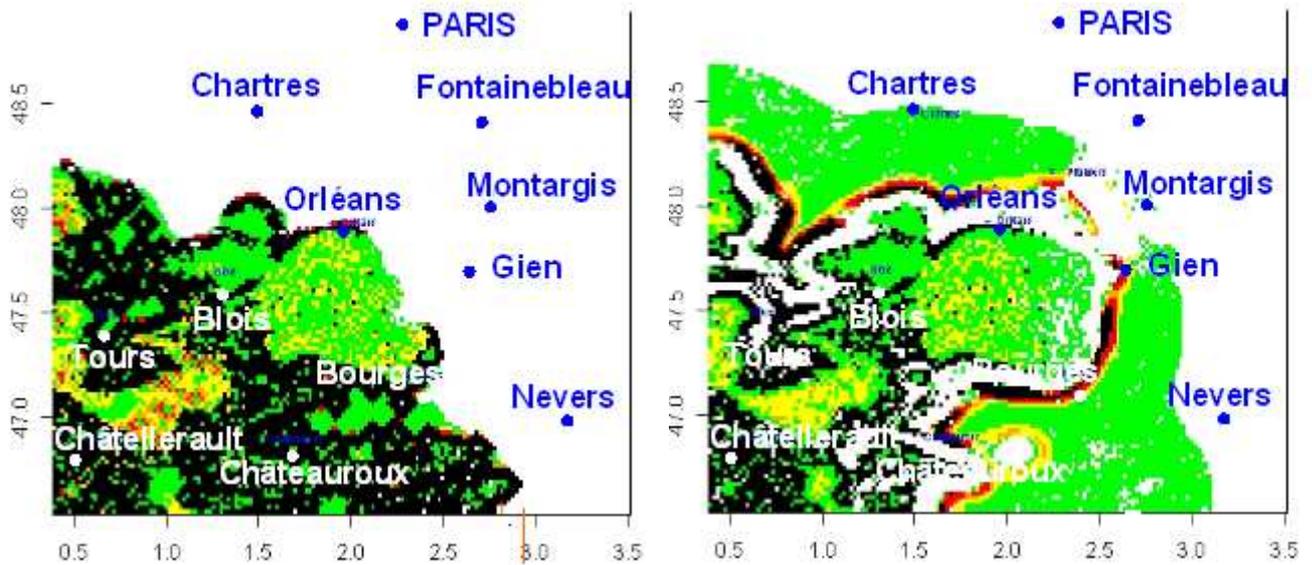


Figure 5. Reconstitution par le modèle

Une fois le modèle établi et validé avec la réalité, nous pouvons l'utiliser pour effectuer des simulations pour le futur. Nous utilisons pour cela les scénarii climatiques issus des travaux du GIEC (diapositive 44, Figure 6).

À partir d'un scénario modéré (le B2) qui correspond à une augmentation moyenne de la température de 2,3° (et qui sera vraisemblablement dépassé), les résultats indiquent une présence probable de la processionnaire dans Paris Intra muros en 2025 (diapositives 45 à 48). Cependant, nous devons tenir compte que cela peut aller beaucoup plus vite en raison de l'activité humaine, et cette dimension doit maintenant être pleinement intégrée à la modélisation.

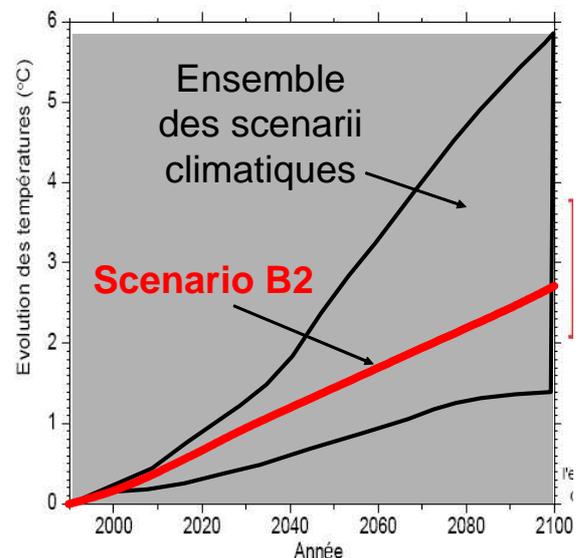


Figure 6. Scénarii du GIEC

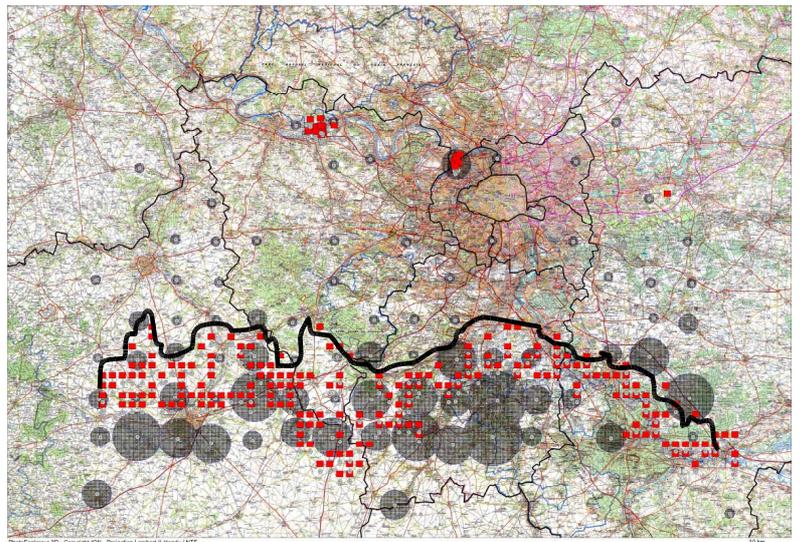
Même si cela nous semble incongru, il apparaît que la processionnaire puisse être véhiculée par l'homme (diapositive 50, Figure 7). Nous venons ainsi de découvrir six colonies très en amont du front, une à Obernai à 180 km de la limite Est du front, et 5 proches de Paris, à Eragny du côté de Pontoise (95), à St Maur les Fossés (plus de 20 nids dans cette ville du 94 juste à l'orée de Paris), à l'Université de Nanterre, à Renault Flins, et à Marne la Vallée (Disneyland). Toutes ces colonies sont, semble-t-il, établies depuis plusieurs années, vu le nombre de nids qui y sont présents. D'où viennent-elles ?



Figure 7. Un problème : introductions accidentelles par l'Homme plus fréquentes que prévues

L'analyse génétique nous a révélé que, pour au moins une de ces colonies (celle de Marne la Vallée), les individus ne venaient pas du front, mais vraisemblablement du Sud-Ouest de la France. L'hypothèse la plus plausible aujourd'hui est que des chrysalides ont été transportées dans les mottes de terre associées à des grands pins en pot, achetés dans le Sud-Ouest et destinés à être plantés autour de Disneyland. Ce phénomène nous amène aujourd'hui à proposer d'autres modèles, plus sophistiqués, non seulement pour la processionnaire elle-même, mais également pour la dispersion de ses poils, les risques allergiques associés et les zones à risques en résultant (diapositive 51). Dès l'instant que l'on introduit simplement dans le modèle actuel un foyer existant déjà au-delà du front, celui de Marne la Vallée, Paris intra muros devient colonisé en 2013 et non plus en 2025 (diapositive 52). Nous entendons désormais intégrer, par exemple, des facteurs aléatoires liés aux routes ou à la présence de pépinières. Ce projet, dénommé URTICLIM, est en développement et tous les éléments nouveaux que vous pourrez nous signaler concernant la présence de la processionnaire seront immédiatement pris en compte.

Au sein d'URTICLIM, nous essayons aussi de combiner génétique et modélisation pour définir les trajectoires de vols des adultes. Nous avons mis en place un système de piégeage sur toute la région parisienne l'an dernier. Celui-ci a permis de capturer plus de 2000 papillons mais surtout nous en avons capturé un peu partout, bien sûr près du front représenté par la ligne noire (diapositive 53, Figure8) mais également 13 papillons au Nord de Paris. Ayant auparavant collecté des chenilles au sud du front et ensuite des adultes au nord du front, notre but est maintenant d'essayer de mettre en relation la composition génétique des papillons avec celle des chenilles et ainsi d'arriver à trouver les trajectoires de vols correspondantes. Cela devrait nous permettre de modéliser avec plus de précision. Un objectif complémentaire de cette expérimentation est de définir un système de piégeage qui permette de dire qu'à partir d'un seuil de  $n$  papillons capturés, on a une probabilité de 95 % d'avoir un nid dans un rayon de  $x$  kilomètres. Cela serait un apport important pour les campagnes du DSF comme pour la définition de méthodes de gestion de la processionnaire au niveau des collectivités locales.



**Figure 8; Grille de piéages 2008 au-delà du front comparée à une grille de collecte de chenilles en- dessous du front**

La dernière diapositive présente nos simulations concernant la progression en altitude. Nous pouvons constater ici que la processionnaire pourrait passer en Autriche à partir de la zone nord Italie si la température augmentait de 4°.

Je vous remercie de votre attention.