3e Conférence sur l'entretien des Zones Non Agricoles
15, 16 et 17 octobre 2013 – ENSAT Toulouse

3rd Conference on maintenance of amenities area
October, 15, 16 and 17, 2013 – ENSAT Toulouse (France)

La 3e Conférence sur l'entretien des Zones Non Agricoles de l'AFPP a été organisée avec le concours de :

Et avec le soutien du fonds Pascal du ministère de la Culture et de la Communication – Ce fonds de soutien à l'interprétation doit permettre aux chercheurs de communiquer en langue française le résultat de leurs travaux :

INVENTAIRE DES ARBRES-HOTES DE LA PROCESSIONNAIRE DU PIN A L'INTERFACE VILLE-FORET-CHAMPS

J. ROUSSELET [1], V. IMBAULT [1], J. GARCIA [1], T. LAMANT [2], C. ROBINET [1], A. ROQUES [1], A. DOWKIW [3] et J.-P. ROSSI [4]

[1] INRA, UR633 Zoologie Forestière, 2163 avenue de la pomme de pin, Ardon, CS 40001, 45075 Orléans cedex 2, France, Jerome.Rousselet@orleans.inra.fr
[2] CGAF, USC ONF-INRA, même adresse Thierry.Lamant@orleans.inra.fr
[3] INRA, UR588 Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières, même adresse, Arnaud.Dowkiw@orleans.inra.fr
[4] INRA, UMR CBGP (INRA/IRD/Cirad/Montpellier SupAgro), Campus International de Baillarguet, CS 30016, F-34988 Montferrier-sur-Lez Cedex, France, Jean-Pierre.Rossi@supagro.inra.fr

RÉSUMÉ

Un inventaire des arbres-hôtes de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) a été réalisé dans une zone urbaine située entre forêts et open-fields afin d'évaluer le rôle des arbres hors forêts (AHF) dans la circulation de cet insecte à impact économique et sanitaire. Nos résultats montrent que les pins, cèdres et douglas en ville ne représentent numériquement qu'une fraction minime des arbres présents dans la région. Mais, avec une densité de plus d'un arbre et demi à l'hectare, ils sont en quantité suffisante pour générer une bonne connectivité du milieu urbain, d'autant que les arbres les plus attaqués sont les plus plantés. La plus grande proportion de ces arbres se rencontre dans les jardins de particuliers. Des politiques communales visant à gérer les populations de processionnaire du pin en faisant évoluer les pratiques ornementales devront donc nécessairement prendre en considération la composante privée du patrimoine arboré.

Mots-clés : *Thaumetopoea pityocampa*, arbre hors forêt, arbre en ville, trames vertes, interface ville-campagne.

ABSTRACT

AN INVENTORY OF HOST TREE SPECIES OF THE PINE PROCESSIONARY MOTH AT THE INTERFACE BETWEEN URBAN, FOREST AND ARABLE AREAS

An inventory of host tree species of the pine processionnary moth was carried out in an urban area embedded within both forest and arable areas in order to assess the impact of trees outside forest (TOF) upon landscape connectivity for this forest insect. In comparison with the neighbouring forests, the number of pines, cedars and douglas firs found in the study site was low but tree density was high enough to generate a high level of connectivity of the potential host tree species of the moth. Moreover, the most attacked trees are the most planted ones. The highest proportion of trees in this inventory was found in private gardens. Public policies aiming to manage this pest species by modifying ornamental planting practices need to take in account the private part of the urban tree patrimony.

Keywords: Pine Processionary Moth, tree outside forest, urban tree, green corridor, rural-urban fringe.

INTRODUCTION

Selon la nomenclature de la FAO (1998), la dénomination « Arbres Hors Forêts » (AHF) recouvre des formations arborées diverses allant de l'arbre isolé jusqu'à la surface boisée de moins de 0,5 ha. Les ressources en AHF sont souvent indépendantes des forêts et forment une composante à part entière des paysages non-forestiers, même si les fonctions économiques et écologiques des AHF et des forêts se recoupent pour partie (Coulon et Bélouard, 2000 ; Kleinn, 2000 ; IFN, 2000, Soini, 2005). Dans les zones agricoles, les effets bénéfiques des haies brise-vent et des AHF sur l'amélioration des cultures (rendements, protection, précocité, …), sur la fertilité des sols, le maintien de la diversité biologique de l'avifaune ou d'insectes utiles à l'agriculture ont ainsi commencé à être pris en considération (Coulon et Bélouard, 2000). Toutefois, en France, cette prise en considération des AHF arrive après une période où ils ont été fortement affectés par le développement de la mécanisation dans l'agriculture, la conversion des pâtures en grandes cultures, et le développement de l'urbanisation (Coulon et Bélouard, 2000 ; Pointereau, 2002).

La destruction et la fragmentation des habitats qui résultent des activités humaines sont considérées comme des causes majeures de l'érosion de la biodiversité. (Bergès *et al.*, 2010). Même si ce sujet est resté longtemps controversé, plusieurs travaux ont mis en évidence un effet positif des connectivités sur la dispersion des espèces et sur la viabilité des populations grâce au maintien des échanges entre elles (*e.g.* Beier et Noss, 1998 ; Bennett, 2003 ; Bergès *et al.*, 2010 ; Gilbert-Norton *et al.*, 2010). Le sommet mondial sur le développement durable (2002) et la conférence mondiale sur la biodiversité (Nagoya 2010) ont ainsi appelé à des actions de conservation sur les réseaux écologiques et les corridors pour réduire le déclin de la biodiversité. La politique nationale de la Trame Verte et Bleue (TVB), issue du Grenelle de l'Environnement, vise à répondre à ses préoccupations en réduisant les conséquences des activités humaines sur le fonctionnement des écosystèmes. Les AHF en tant que ressource pour des espèces variées constituent une composante de ces trames à prendre en compte.

Dans ce contexte, l'arbre en ville a vu lui aussi les services écosystémiques qu'il rend de mieux en mieux pris en compte et évalués. Présent sous forme d'arbre isolé, d'alignement, de bosquets, voire de véritables « forêts urbaines », il constitue un élément majeur des espaces verts et participe à l'amélioration de la qualité de l'air, à la dépollution, à la réduction du bruit, joue un rôle de brise-vent, apporte de l'ombrage, et contribue à l'esthétisme paysager et au maintien de la biodiversité (Bourgery et Maillet, 1993). De plus en plus de communes mettent ainsi en place des chartes de l'arbre en ville et des barèmes d'évaluation de sa valeur d'aménité, voire entreprennent un inventaire du patrimoine arboré du domaine communal.

Toutefois, malgré les services rendus, les nuisances potentiellement associées à l'arbre en ville restent un sujet sensible pour les collectivités qui en ont la charge (hébergement d'espèces considérées nuisibles, feuilles bouchant les gouttières, risques de chute de branches, salissures, dégradation des véhicules stationnés, conflits de voisinage, …). Par ailleurs, les milieux urbains et le commerce international des plantes ornementales constituent des points d'entrée majeurs des espèces invasives (*e.g.* Smith *et al.*, 2007 ; Pysek *et al.*, 2010) et le rôle des TVB comme corridors potentiels d'expansion d'espèces à impact économique, sanitaire ou écologique (*e.g.* Saumel et Kowarik, 2010) nécessite d'être mieux étudié (Clergeau et Blanc, 2013). La prise en compte par les pouvoirs publics des problèmes associés à ces trames doit aussi contribuer à la levée des freins à leur mise en place.

Une même essence végétale constitue un hôte ou une ressource pour des espèces très variées du point écologique ou agronomique. Pour une espèce donnée, le rôle de corridor que peut jouer ou non le réseau d'hôtes sous forme d'AHF dépend de ses traits d'histoire de vie et est *a priori* indépendant de son statut écologique ou agronomique. A titre d'exemple, Delplanque (1998) recense de l'ordre de 500 espèces d'insectes sur peupliers, essences qui comptent parmi les plus emblématiques des arbres d'alignement. Ces insectes vont de l'espèce patrimoniale au ravageur en passant par la biodiversité ordinaire, et sont susceptibles d'utiliser les peupliers hors ripisylves naturelles pour circuler.

Alors que les AHF à caractère autochtone et patrimonial, en particulier champêtres, ont régressé (Coulon et Bélouard, 2000), les arbres et les arbustes ornementaux, natifs ou

exotiques, se sont développés. En 2010, parmi les 475,2 millions de végétaux d'extérieurs achetés par les français, on trouve 52,8 millions d'arbres et d'arbustes, dont 15,1 millions d'arbustes à petits fruits, 4,2 millions d'arbres fruitiers et 33,5 millions d'arbres et d'arbustes d'ornement (FranceAgriMer, 2011). Ces arbres et arbustes peuvent être plantés au milieu de différents types d'habitats en fonction du lieu de résidence des acheteurs, et de par leur caractère pérenne ils y constitueront une fraction de la végétation locale pendant plusieurs années. Leur place dans les continuités écologiques est difficile à évaluer. Mais de ce point de vue, le commerce des plantes ornementales risque non seulement de contribuer, à l'échelle internationale, à l'introduction de nouvelles espèces invasives (*e.g.* Smith *et al.*, 2007) mais aussi à leur propagation à l'échelle régionale.

Un des enjeux de l'agro-écologie est de comprendre comment l'organisation spatiale des systèmes de culture à l'échelle des territoires et paysages affecte la dynamique des bioagresseurs et des espèces auxiliaires afin de développer de nouvelles méthodes de gestion. Parmi les arbres d'ornement, on trouve des essences tout aussi bien utilisées en forêt que sous forme d'arbres ornementaux ou de petites plantations de production en dehors des forêts. Alors que les arbres champêtres dans une région d'*open-fields* comme la Beauce sont considérés résiduels (Guillerme, 2010), Rossi *et al.* (2013) ont montré que les plantations ornementales dans les jardins de particuliers, les espaces verts publics ou privés et le long des infrastructures routières « irriguent » les milieux non forestiers en arbres pouvant permettre la circulation des espèces associées. Villes, villages et hameaux constituent ainsi un maillage relativement dense qui relient différents territoires ruraux entre eux et les connectent aux territoires urbains. Pour comprendre la dynamique de ravageurs forestiers, il apparaît nécessaire de dépasser le cadre strict des forêts et d'intégrer les autres compartiments du paysage au sein desquels les espèces forestières se maintiennent et parviennent à disperser. Mais les AHF, tout comme les flux d'organismes associés, sont très difficiles à quantifier et leur rôle dans la circulation d'épidémies ou de ravageurs des forêts est mal documenté.

Nous présentons ici les résultats préliminaires d'un inventaire de la processionnaire du pin et de ses arbres-hôtes potentiels (pins, cèdres, douglas) dans la moitié nord de l'agglomération orléanaise, située à l'interface Loire – Beauce – forêt d'Orléans. La processionnaire du pin est un insecte qui présente l'avantage d'être facilement repérable dans les arbres grâce aux nids que ses chenilles y tissent pendant l'hiver. En matière de dégâts phytosanitaires, il s'agit du premier défoliateur forestier français (Nageleisen *et al.*, 2010). C'est en outre un insecte dont les chenilles urticantes posent d'importants problèmes sanitaires (Rivière, 2011), en particulier en milieu urbain et péri-urbain où la mise en œuvre des méthodes de lutte existantes (Martin *et al.*, 2012) pose des problèmes de financement aux communes (Brinquin *et al.*, 2013). Une meilleure connaissance de la distribution de ses arbres-hôtes doit permettre d'éclairer ses possibilités de circulation entre milieux forestiers et non-forestiers, afin de raisonner les choix d'essence pour la gestion des risques associés.

Les objectifs de cet inventaire étaient (1) de quantifier la présence des hôtes préférés de *T. pityocampa* en milieu urbain, à la fois sur le domaine public et privé (2) de déterminer la contribution des différents acteurs du milieu urbain dans la genèse du patrimoine arboré et des connectivités écologiques favorables à cet insecte, en particulier à l'interface ville-campagne.

MATERIEL ET MÉTHODE

ESPECES ETUDIEES : LA PROCESSIONNAIRE DU PIN ET SES ARBRES-HOTES

La processionnaire du pin est un insecte lépidoptère dont les chenilles se nourrissent d'aiguilles de pins (*Pinus spp.*), de cèdres (*Cedrus spp.*), voire de douglas (*Pseudotsuga menziesii*). L'ensemble de ces essences a donc été pris en compte dans cet inventaire. Son essence préférée est le pin noir (*Pinus nigra*), suivi en France du pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et du pin maritime (*Pinus pinaster*), mais de nombreuses essences natives ou exotiques sont susceptibles d'être attaquées à des degrés divers (Démolin, 1969 ; Huchon et Démolin, 1970 ; Montoya, 1981). En un lieu donné, la gamme d'essences-hôtes attaquées dépend de l'année et du niveau de population. Plus celui-ci est bas, plus les attaques sont

restreintes aux essences préférées. Les chenilles sont grégaires et tissent dans les arbres des nids visibles à plusieurs mètres (voire dizaine de mètres). En région Centre, ces nids sont facilement observables d'octobre à avril lorsque l'activité de tissage est importante. Ils continuent à être encore observables après que les chenilles les aient quitté au printemps jusqu'en mai-juin.

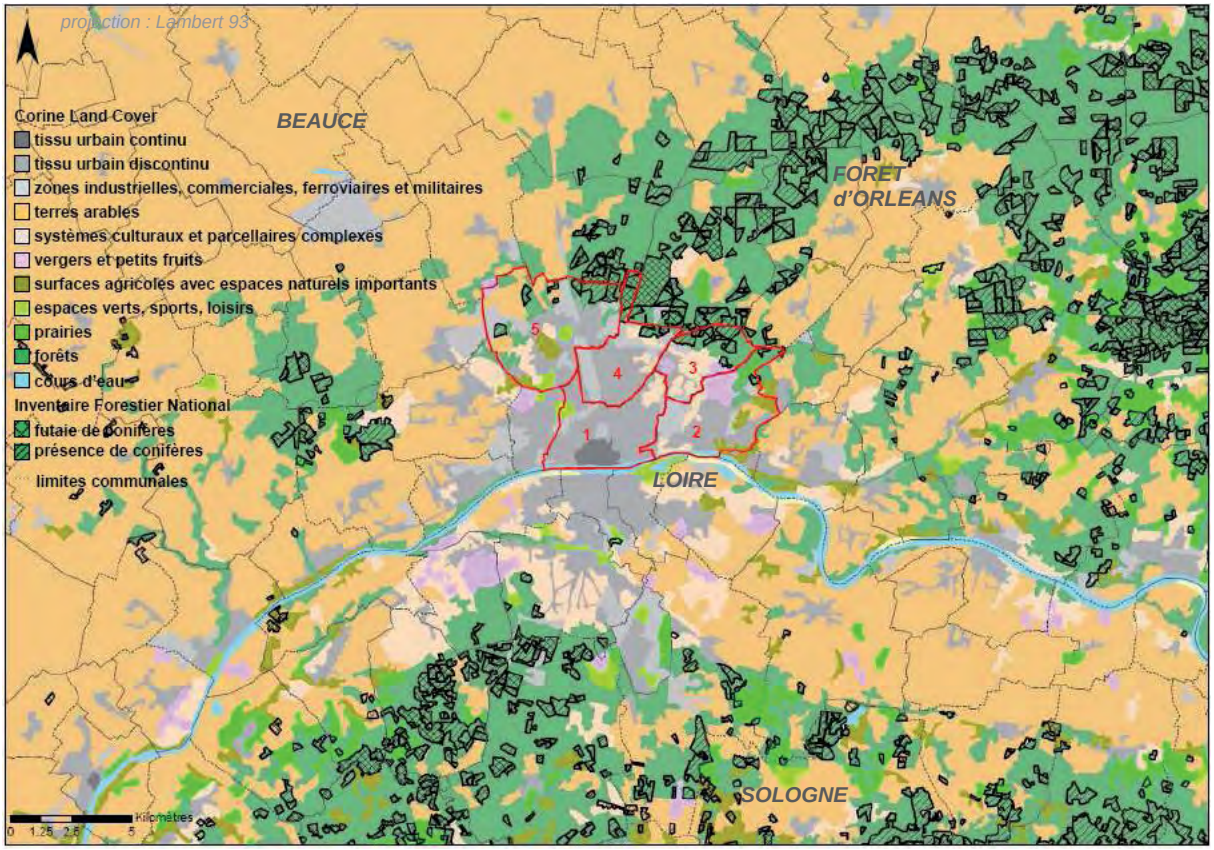
ZONE D'ETUDE : LE NORD DE L'AGGLOMERATION ORLEANAISE

La zone d'étude est localisée dans le nord de l'agglomération orléanaise (département du Loiret, région Centre, France) et correspond à une zone fortement urbanisée située entre Sologne et Loire au sud, forêt d'Orléans au nord-est et Beauce au nord-ouest (figure 1). La Beauce correspond à un écopaysage régional dominé par de vastes *open-fields* où Rossi et Rousselet (2013) ont construit un modèle de distribution des arbres-hôtes de la processionnaire du pin hors-forêt. La Sologne et la forêt d'Orléans correspondent à deux écopaysages régionaux forestiers dont les surfaces forestières supérieures à 2,25 ha ont été inventoriées par l'Inventaire Forestier National (IFN, aujourd'hui regroupé dans l'institut national de l'information géographique et forestière) dans le cadre de la version 1 de son inventaire (http//:inventaire-forestier.ign.fr). La superficie totale de la zone d'inventaire est de l'ordre de 6500 ha. Elle correspond aux territoires des communes de Saint-Jean-de-Braye, Semoy, Fleury-les-Aubrais et Saran, ainsi qu'à la partie du territoire de la commune d'Orléans située au nord de la Loire. Le centre ville d'Orléans correspond à un tissu urbain continu (figure 1) et à un habitat dense. La périphérie de l'agglomération est surtout composée de maisons individuelles avec jardin et de zones industrielles et commerciales. Le niveau de population de processionnaire du pin dans l'agglomération était en forte baisse par rapport à l'hiver 2011-2012. Par ailleurs, à ce jour, aucune information sur les sites où de la lutte a été entreprise n'a été intégrée dans notre jeu de données.

METHODE D'INVENTAIRE

L'inventaire des pins, cèdres, douglas et de la processionnaire du pin a été réalisé entre le 1er novembre 2012 et le 21 juin 2013. L'ensemble des voies et du domaine publics de la zone d'étude a été parcouru à pied ou en vélo. Les arbres ont été géoréférencés à l'aide d'un GPS disposant d'un Système d'Information Géographique embarqué (logiciel ArpentGIS mobile), soit en enregistrant les coordonnées géographiques au pied de l'arbre lorsqu'il était sur le domaine public, soit en le positionnant sur des photos aériennes de l'IGN à partir d'une observation à distance depuis le domaine public. Dans le cas de grandes propriétés privées ne garantissant pas une observation exhaustive depuis la voie publique, l'autorisation d'accès a été demandé au propriétaire du terrain. Les surfaces boisées déjà inventoriées par l'IFN, et les bosquets de plus de 50 arbres adjacents n'ont pas été pris en considération lors de cette première phase d'inventaire. L'ensemble des territoires non inventoriés a été cartographié. Le formulaire de saisie embarqué sur le GPS et permettant d'associer des attributs à chaque objet ponctuel géoréférencé a été préparé à l'aide du logiciel ArpentGIS Expert. La liste des attributs était la suivante : genre, espèce, hauteur des arbres (0-2 m / 2-6 m / 6-12 m / plus de 12 m), type de terrain (zone industrielle et commerciale / établissement scolaire ou périscolaire / habitat individuel / habitat collectif / espace vert / voirie / indéterminé et autre), possibilité de recensement des nids (dénombrement total / partiel / impossible), nombre de nids (comptage exhaustif de 0 à 20, puis "21 et +" au-delà).

Figure 1 : Usage des sols dans l'environnement de l'agglomération orléanaise et localisation géographique de la zone d'inventaire de la processionnaire du pin et de ses arbres-hôtes potentiels : en rouge, limites des cinq communes inventoriées (1. Orléans, 2. Saint-Jean-de-Braye, 3. Semoy, 4. Fleury-les-Aubrais, 5. Saran)



RESULTATS

NOMBRE D'ARBRES ET PROPORTION DE CHAQUE ESSENCE

La figure 2 montre la distribution des arbres inventoriés dans les cinq communes du nord de l'agglomération orléanaise étudiées, ainsi que les zones qui n'ont pas encore pu être inventoriées à ce jour. Sur l'ensemble des communes de Saint-Jean-de-Braye, de Fleury-les-Aubrais, de Saran, de Semoy et d'Orléans un total de 9302 arbres a été géoréférencé. La densité d'arbres sous forme d'arbre isolé, d'alignement ou de petit bosquet est d'environ 1,6 par hectare (160 par km^2). La densité d'arbres apparaît plus faible dans le centre ville d'Orléans au cœur de l'agglomération (tissu urbain continu et dense ; figure 2).

La figue 3A montre la proportion de chaque essence dans cet inventaire. Le genre *Pinus* représente 58% des arbres potentiellement hôtes de la processionnaire, le genre *Cedrus* 25%, et le genre *Pseudotsuga* 17%. Les deux essences les plus plantées sont le pin noir (26%) et le pin sylvestre (21%).

NIVEAU D'ATTAQUE PAR LA PROCESSIONNAIRE DES DIFFERENTES ESSENCES

La figure 3B montre la proportion d'arbres de chaque essence sur lesquels au moins un nid a pu être observé. Le genre *Pinus* est le plus attaqué (16%), suivi du genre *Cedrus* (2%) puis du genre *Pseudotsuga* (1‰). Parmi les *Pinus*, les trois essences les plus attaquées sont le pin noir (26%), le pin maritime (23%) et le pin sylvestre (8%). Toutefois, il faut noter que l'effectif

de pin maritime dans notre inventaire est très faible comparé aux deux autres essences (figure 3A).

DISTRIBUTION DES ARBRES EN FONCTION DU TYPE DE PROPRIETE

La figure 4 présente la répartition des arbres inventoriés entre les six catégories de terrain définies. Trois quarts des arbres ont pu être assignés au cours de l'inventaire à l'une de ces six catégories, et un quart reste à attribuer par recoupement avec d'autres couches d'information géographique. Les maisons individuelles et les jardins de particulier hébergent la plus forte fraction des arbres inventoriés (47% du total / 61% des arbres pour lesquels la catégorie de terrain a pu être déterminée), suivi des zones industrielles et commerciales et des grandes entreprises (11% / 15%) et de la voirie (8%/ 11%).

Figure 2 : Distribution des arbres-hôtes de la processionnaire du pin dans le nord de l'agglomération orléanaise (1. Orléans, 2. Saint-Jean-de-Braye, 3. Semoy, 4. Fleury-les-Aubrais, 5. Saran) : en rouge, limites des communes inventoriées ; en bleu, limites des territoires non encore inventoriés à l'intérieur de ces communes ; chaque cercle de couleur représente un pin, chaque triangle un cèdre et chaque carré un douglas. Les zones hachurées correspondent à des parcelles recensées par l'Inventaire Forestier National où des conifères sont présents.

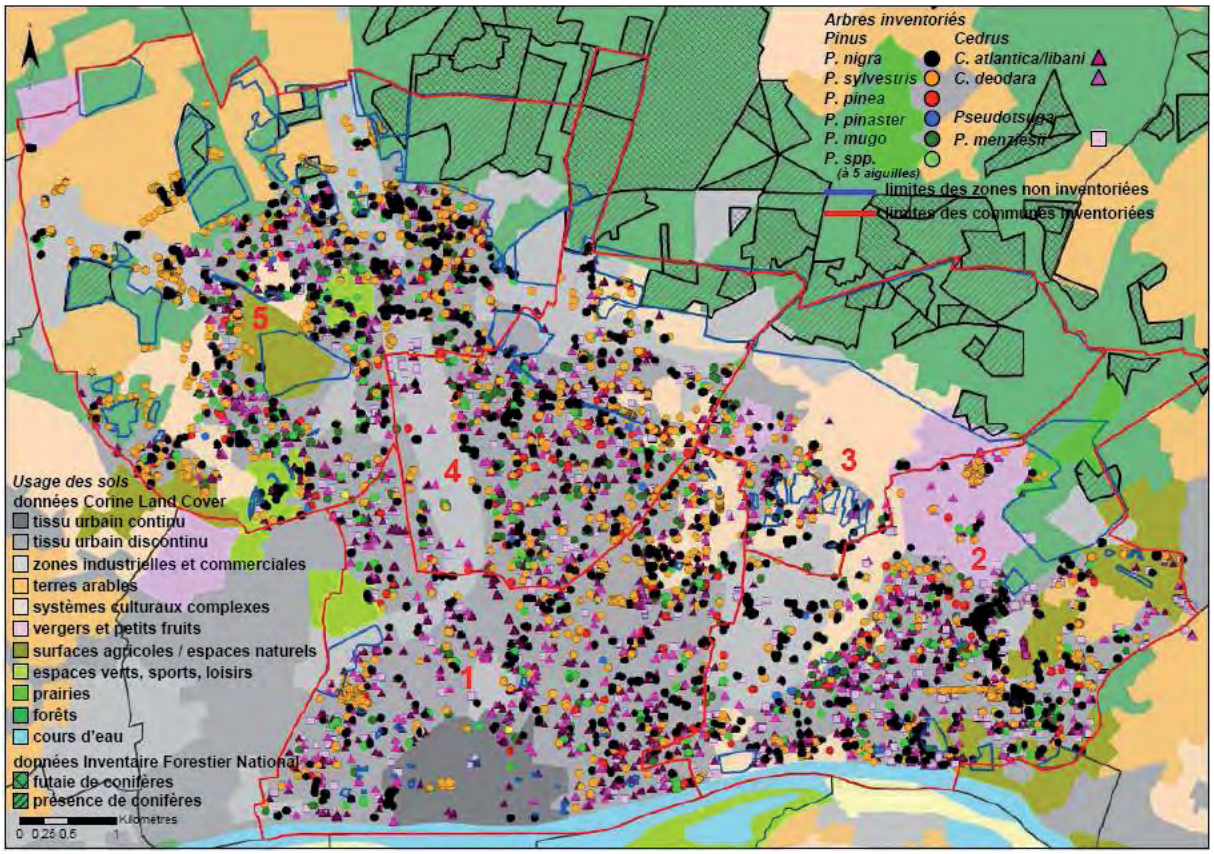


Figure 3 : (A) Proportion des différentes essences parmi les 9302 arbres-hôtes de la processionnaire du pin inventoriés dans les communes de Saint-Jean-de-Braye, Fleury-les-Aubrais, Saran, Semoy et Orléans (B) proportion d'arbres de chaque essence dans lesquels au moins un nid a été observé (en hachuré : observations impossibles ; en gris : aucun nid observé sur des arbres visibles partiellement ou en totalité ; en couleur, observation d'au moins un nid sur des arbres visibles partiellement ou en totalité).

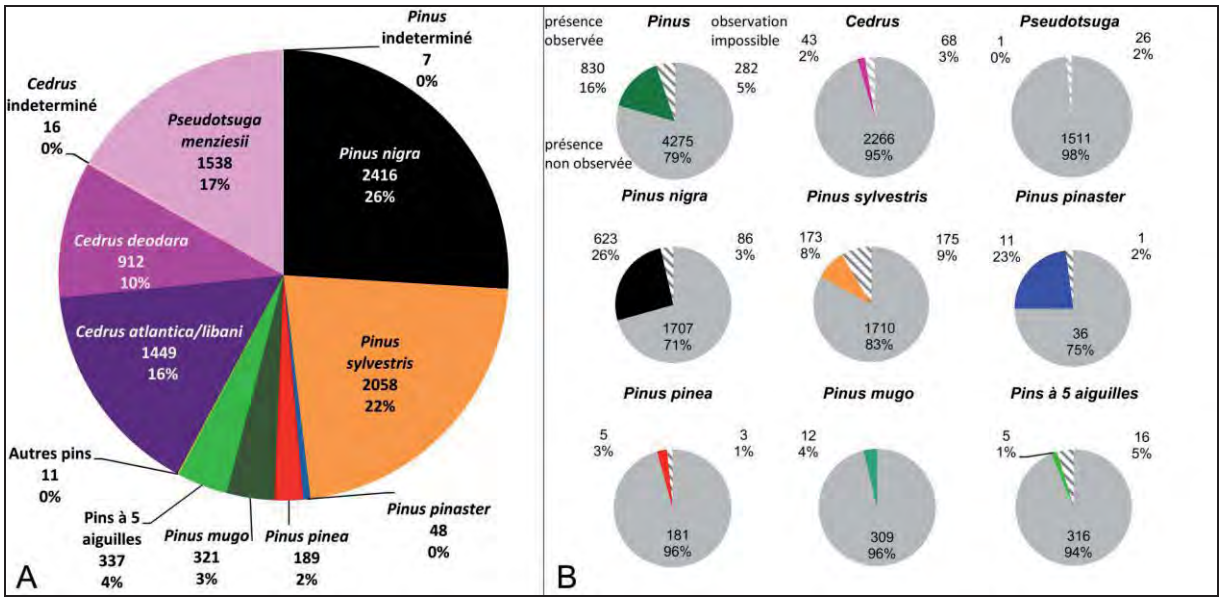
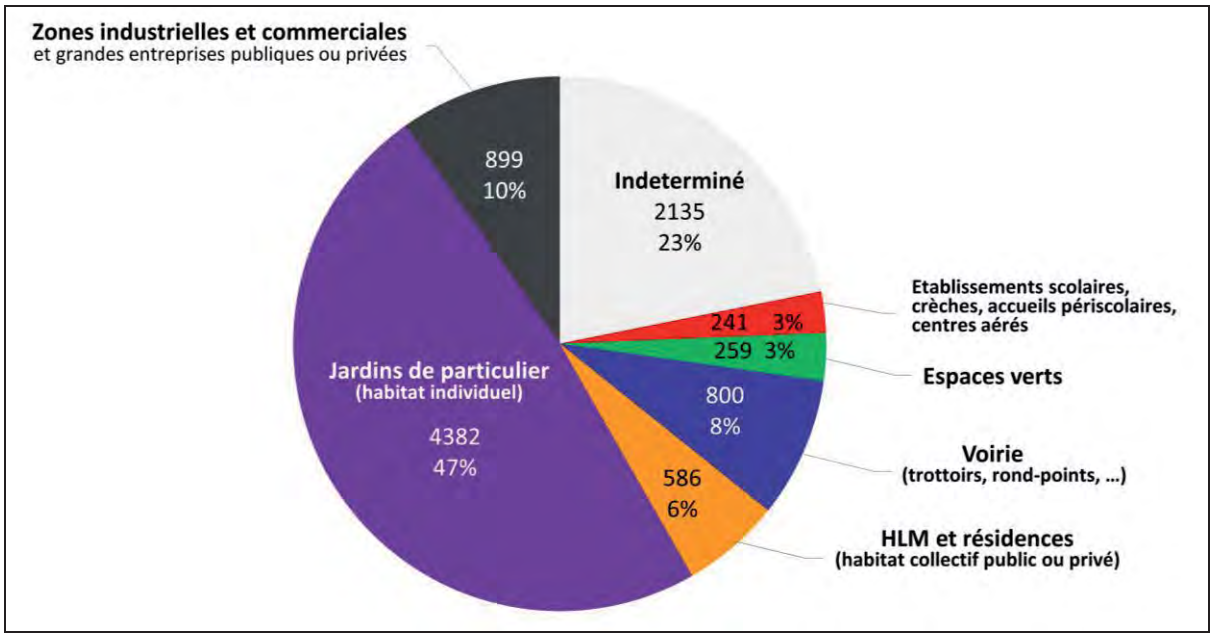


Figure 4 : Répartition en fonction du type de terrain et de propriété des 9302 arbres-hôtes potentiels de la processionnaire du pin recensés dans les communes de Saint-Jean-de-Braye, de Fleury-les-Aubrais, de Saran, de Semoy et d'Orléans (dépouillement préliminaire des données d'inventaire)



DISCUSSION-CONCLUSION

Au cours de cette étude en milieu urbain, nous avons inventorié plus de 9000 arbres se présentant sous forme d'arbres isolés, d'alignement ou de petits bosquets sur une superficie de moins de 6000 ha. Quantitativement, ces arbres représentent une fraction négligeable des arbres présents dans ou à proximité de l'agglomération orléanaise sous forme de futaies de pins sylvestres ou de plantations denses de pins noirs (la figure 1 montre les surfaces forestières où des conifères, pour l'essentiel des pins, ont été inventoriés par l'IFN). Par contre, avec plus de 1,5 arbre par ha, la connectivité ainsi créée en matière de ressource pour la processionnaire du pin est relativement élevée en regard des capacités et du comportement de vol de cette espèce (Démolin, 1969 : Huchon et Démolin, 1970 ; Robinet *et al.*, 2012). Même si on ne considère que la densité en essences- hôtes préférées (environ deux fois plus faible), la connectivité reste suffisante pour assurer une bonne circulation de l'insecte à l'intérieur de la ville, mais aussi avec les milieux ruraux environnants (Rossi *et al.*, 2013, *3ème conférence sur l'entretien des ZNA*, Toulouse). La capacité biotique que ces arbres représentent peut paraître faible au regard des surfaces de conifères dans les forêts voisines, mais il faut considérer l'existence d'un fort effet lisière chez cette espèce héliophile (Démolin, 1969 ; Huchon et Démolin, 1970 ; Samalens et Rossi, 2011). L'intérieur d'une plantation dense est en fait peu favorable à cet insecte, alors que les arbres en lisière, tout comme les arbres isolés, sont propices à son développement.

Cet inventaire montre que parmi les trois essences les plus attaquées (pin noir, pin maritime et pin sylvestre), deux font partie des plus plantées, et représentent à elles seules près de la moitié des hôtes potentiels. Il est à noter que ce classement par ordre d'attaque en milieu urbain est cohérent avec celui établi en situation forestière (Démolin, 1969, Huchon et Démolin, 1970 ; Montoya, 1981). En France, certaines essences, comme le pin pignon, le cèdre de l'Atlas, les pins à cinq aiguilles ou le douglas, ne semblent pouvoir être attaquées qu'à haut niveau de population. Il apparaît donc possible de jouer sur le niveau de nuisance en raisonnant le choix des essences et en faisant évoluer les pratiques ornementales actuelles. Toutefois, avant d'envisager des recommandations d'usage de telle ou telle essence par rapport à telle ou telle autre, il est nécessaire de vérifier l'influence du contexte paysager sur le niveau d'attaque de chacune d'entre elles, et notamment de la présence d'autres essences hôtes à proximité. Il s'agit de vérifier en particulier si une essence peu attaquée ne le deviendrait pas une fois l'essence préférée moins présente. Ce jeu de données ouvre des possibilités de répondre à ces questions et des analyses de statistiques spatiales seront menées dans ce sens. La lutte sylvicole étant l'un des axes de lutte envisageable (Martin *et al.*, 2012), il pourrait également être intéressant de recouper cet inventaire avec celui, exhaustif en matière d'essences, réalisé par la ville d'Orléans sur son domaine afin de voir si des essences non hôtes influence le niveau d'attaque des essences hôtes à proximité.

Face aux risques sanitaires liés à la processionnaire du pin, certaines communes ont non seulement accru leur effort de lutte, mais aussi fait évoluer leurs pratiques ornementales en réduisant par exemple l'utilisation du pin noir dans leurs nouvelles plantations, voire parfois en l'éliminant de zones jugées à risque. Toutefois, notre étude montre qu'au moins la moitié des arbres hôtes de la processionnaire est rencontrée chez des particuliers, et que la grande majorité du patrimoine arboré, probablement en particulier à la périphérie de l'agglomération, est privée. Cette composante privée est donc à prendre en compte dans toute politique publique qui viserait à gérer les populations de processionnaire du pin en faisant évoluer les pratiques ornementales. Les pratiques ornementales des néoruraux à l'interface ville-campagne pourraient même s'avérer cruciales en matière de continuités écologiques pour cette espèce. C'est pourquoi cette étude sera complétée par une analyse plus précise du type de propriété associé à chaque arbre inventorié et s'ouvrira à des collaborations avec des collègues en sciences humaines et sociales. Il s'agira de préciser la contribution de chaque acteur construisant le patrimoine arboré régional et les continuités écologiques qui en résultent, et d'identifier leurs déterminants en matière de choix d'essences.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du soutien financier de la Région Centre (projet ADRIEN 2012-2014) et du méta-programme INRA SMaCH - Sustainable Management of Crop Health / Gestion Durable de la Santé des Cultures (projet SESAME 2013-2015). Les auteurs remercient vivement les partenaires non académiques impliqués dans ces projets, la FREDON-Centre, Plante et Cité, la communauté d'agglomération d'Orléans (l'AgglO), les villes de Fleury-les-Aubrais, Saint-Jean-de-Braye et Saran (et en particulier Sophie Piéron, Faraz Montreuil, Maryse Mériau, Caroline Gutleben, Angeline Mercier, Bernard Chevallier, Gérard Marcolin, Jean-Pierre Orange et Philippe Rota), ainsi que les membres du comité de pilotage, la ville d'Orléans, le CRPF d'Ile-de-France et du Centre, Arbocentre (et en particulier Bernard Fleury, Xavier Pesmes et Eric de la Rochère). Néanmoins, le contenu de cette publication n'engage que la responsabilité de ses auteurs et ne reflète pas nécessairement les opinions et la politique des organismes ayant participé ou financièrement soutenu cette étude. Les auteurs remercient également Sébastien Lehmann, Catherine Pasquier, Thomas Servouse, Marie Berteloot, Brigitte Musch, Marc Villar, Florie Miard, Stéphanie Bankhead-Dronnet, Jean-Claude Martin pour leur aide et les échanges d'information en matière de géoréférencement et de stratégies d'inventaire des arbres et de la processionnaire. Nous remercions chaleureusement les habitants des communes concernées qui nous ont accueilli le plus souvent avec gentillesse et intérêt, ainsi que toutes les personnes, organismes et entreprises qui nous ont autorisé à accéder à leur terrain lorsque les observations n'étaient pas possibles depuis la voie publique. Nous remercions enfin tous ceux qui ont participé à la communication auprès des habitants des zones inventoriées, et en particulier les services municipaux des villes sus-citées, Olivier Bertel (INRA) et Centre-Sciences.

BIBLIOGRAPHIE

Bellefontaine R., Petit S., Pain-Orcet M., Deleporte Ph., Bertault J.G., 2002 - *Trees outside forests. Towards better awareness*.FAO Conservation Guide n° 35, Rome, 2002, 234 p.

Beier P., Noss, R.F., 1998 - Do habitat corridors provide connectivity ? *Conservation Biology*, 12 (6), 1241-1252.

Bennett A.F., 2003. Linkages in the lanscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland, Switzerland & Cambridge, UK, IUCN, 254 p.

Bergès L., Roche P., Avon C., 2010 - Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame Verte et Bleue. *Sciences, Eaux et Territoires*, numéro 3, 34-39.

Bourgery C., Mailliet L., 1993. *L'arboriculture urbaine*. Institut pour le Développement Forestier, Paris, 318 p.

Brinquin A.-S., Martin J.-C., Gutleben C., Laïlle P., 2013. Processionnaire du pin, les pratiques des communes, *Phytoma*, 665, p 18-22.

Clergeau P., Blanc N., 2013 Trames vertes urbaines – de la recherche scientifique au projet urbain. Editions du Moniteur, Paris, 340 pp.

Coulon F., Bélouard T., 2000. *Evaluation des arbres hors forêt en France. Contribution au rapport sur l'évaluation des ressources forestières 2000.* Solagro-Toulouse, IFN-Lattes (France) et Service de la conservation, de la recherche et de l'enseignement forestiers, FAO, Rome. 40 p.

Delplanque A., 1998. *Les insectes associés aux peupliers*. Eds, Memor, Bruxelles, Belgique.

Démolin G., 1969 - Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique. *Annales des Sciences Forestières*, 1, 81–102.

FAO, 1998. *FRA 2000 – Terms and definitions. Forest Resources Assessment programme Working Paper No 1*. Rome.

FranceAgriMer, 2011. *Végétaux d'extérieur : Achat des français en 2010*. 52 p., www.franceagrimer.fr

Guillerme S., 2010 - Les paysages d'arbres hors forêt. Multivalorisation dans le cadre d'un développement local durable en Europe du sud. Rapport final CNRS-GEODE sur les PAHF, programme Paysages et développement durable, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire.

Gilbert-Norton L., Wilson R., Stevens J.R., Beard K.H. 2010 - A meta-analytic review of corridor effectiveness. Conservation Biology, 24, 660-668.

Huchon H., Démolin, G., 1970 - La bioécologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle — dispersion actuelle. *Revue Forestière Française*, N° spécial 'La lutte biologique en forêt, 220–234.

Inventaire Forestier National (IFN), 2000 - Les arbres hors forêts en France - une ressource inféodée à l'agriculture. A case study in contribution to the FAO Forest Resource Assessment Programme. FAO, Rome.

Kleinn C., 2000 - On large-area inventory and assessment of trees outside the forest. *Unasylva*, 200 (51): 3-10.

Martin J.-C., Leblond A., Brinquin A.-S., 2012. Processionnaire du pin : revue des méthodes alternatives et fiches techniques. *Phytoma*, 657, 13-21.

Montoya, R., 1981. La procesionaria del pino. *Plagas de Insectos en las Masas Forestales Españolas*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

Nageleisen L.-M., Piou P., Saintonge F.-X., Riou-Nivert P., 2010. *La santé des Forêts : Maladies, insectes, accidents climatiques … ; Diagnostics et prévention*. Département de la Santé des Forêts / Institut pour le Développement Forestier, Paris, 608 p.

Pointereau P., 2002 - Les haies : évolution du linéaire en France depuis quarante ans. *Le Courrier de l'Environnement*, n°46, INRA, Paris, France.

Pysek P., Bacher S., Chytry M., Jarosik V., Wild J., Celesti-Grapow L., Gasso N., Kenis M., Lambdon P.W., Nentwig W., Pergl J., Roques A., Sadlo J., Solarz W., Vila M., Hulme P.E. 2010 - Contrasting patterns in the invasions of european terrestrial and freshwater habitats by alien plants, insects and vertebrates; *Global Ecology and Biogeography*, 19, 317-331.

Robinet C., Imbert C.-E., Rousselet J., Sauvard D., Garcia J., Goussard F., Roques A., 2012 - Human-mediated long-distance jumps of the pine processionary moth in Europe. *Biological invasions*, 14, 1557-1569

Rossi J.-P., Garcia, J., Rousselet J., 2013. Prendre en compte les arbres ornementaux pour mieux comprendre la perméabilité des paysages à la dispersion des ravageurs. Le cas des Arbres Hors Forêt et de la chenille processionnaire du pin. 3ème conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autre zones non agricoles, Toulouse, 15, 16 et 17 octobre 2013.

Samalens J.C., Rossi JP., 2011 - Does landscape composition alter the spatiotemporal distribution of the pine processionary moth in a pine plantation forest? *Population Ecology*, 53: 287-296.

Saumel I., Kowarik I. 2010 - Urban rivers as dispersal corridors for primarily wind-dispersed invasive tree species. *Lanscape and Urban Planning*, 94, 244-249.

Soini E., 2005 - Inventory methods for forests and trees outside forests (TOF) using remote sensing: A literature review. PhD final exam, Department of Geography, University of Helsinki.

Smith R.M., Baker H.A., Malumphy C.P., Hockland S., Hammon R.P., Ostojá-Starzewski, Collins D.W. 2007 - Recent non-native invertebrate plant pest establishments in Great Britain: origins, pathways, and trends. *Agricultural and Forest Entomology*, 9, 307-326.