

3^e 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 3^e 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 :



**AFPP – 3^e CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN DES ESPACES VERTS, JARDINS,
GAZONS, FORÊTS, ZONES AQUATIQUES ET AUTRES ZONES NON AGRICOLES
TOULOUSE – 15, 16 ET 17 OCTOBRE 2013**

**PRENDRE EN COMPTE LES ARBRES ORNEMENTAUX POUR MIEUX COMPRENDRE
LA PERMEABILITE DES PAYSAGES A LA DISPERSION DES RAVAGEURS.**

LE CAS DES ARBRES HORS FORET ET DE LA CHENILLE PROCESSIONNAIRE DU PIN

J.-P. ROSSI ⁽¹⁾, J. GARCIA ⁽²⁾ ET J. ROUSSELET ⁽²⁾

⁽¹⁾ INRA, UMR CBGP (INRA/IRD/Cirad/Montpellier SupAgro), Campus International de Baillarguet, CS 30016, F-34988 Montferrier-sur-Lez Cedex, France rossi@supagro.inra.fr

⁽²⁾ INRA Centre d'Orléans, UR633, Unité de Recherche de Zoologie Forestière (URZF), Orléans, France jerome.rousselet@orleans.inra.fr

RÉSUMÉ

Certaines essences forestières sont fortement utilisées en plantation ornementale et sont donc largement présentes en dehors des forêts. Nos travaux ont pour objectif de mieux comprendre la distribution spatiale des arbres hors forêt et leur impact sur la dispersion des organismes ravageurs. Nos résultats démontrent que les arbres hors forêt constituent un facteur de connectivité important et jouent donc un rôle crucial dans la dispersion des ravageurs. Nous présentons le cas de la chenille processionnaire du pin qui soulève d'importants problèmes phytosanitaires et de santé publique.

Mots-clés : Paysage, dispersion, connectivité, arbres ornementaux, arbres hors forêts, ravageurs.

ABSTRACT

Some forest tree species are commonly used for ornamental purposes and are therefore very frequent in non-forest ecosystems. We present the results of a modeling survey focused on the Tree Outside Forest (TOF) spatial distribution at the landscape scale. We deal with the tree species that host the pine processionary moth (PPM), a major pest for pine species. Our results show the TOF constitute a major component of landscapes connectivity with regards to PPM dispersal.

Key words: landscape, forest pest, tree outside forest, dispersal.

INTRODUCTION

L'agro-écologie a pour objectifs 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. Comprendre la dynamique locale des bioagresseurs et des antagonistes implique de considérer les flux existant à une plus large échelle spatiale, eux-mêmes contraints par l'hétérogénéité des paysages. Tout comme les systèmes de grandes cultures, les forêts (naturelles ou de plantation) sont soumises à des pertes économiques importantes du fait de bioagresseurs. Pour comprendre la dynamique des bioagresseurs forestiers, il est nécessaire de dépasser le cadre strict des forêts et intégrer les autres compartiments du paysage qui jouent un rôle potentiellement important dans la dynamique et la dispersion de ces espèces.

Les milieux urbains et les plantes ornementales constituent le point d'entrée majeur des espèces invasives (Smith *et al.*, 2007) et les corridors tels que les trames écologiques peuvent favoriser l'expansion des organismes envahissants, autochtones ou exotiques (Säumel et Kowarik, 2010). Certaines essences forestières sont fortement utilisées en plantation ornementale et peuvent donc être largement présentes en dehors des forêts. Leur rôle dans la circulation de bioagresseurs forestiers est mal documenté et une meilleure connaissance de la distribution et du rôle de ce type d'Arbres Hors Forêt (AHF) dans la propagation d'épidémies ou de ravageurs majeurs des forêts doit permettre d'éclairer et de raisonner les choix d'essence pour la gestion du territoire.

Les AHF sont difficiles à quantifier et on connaît mal leur distribution dans les paysages et ses déterminants. Nous présentons les résultats préliminaires de recherches portant sur la compréhension et la modélisation des relations existant entre la structure des paysages et la distribution spatiale des AHF. Nos travaux portent sur les essences hôtes de la chenille processionnaire du pin (PP) *Thaumetopoea pityocampa* Schiff qui est le principal ravageur des conifères en Europe de l'ouest et des régions méditerranéennes.

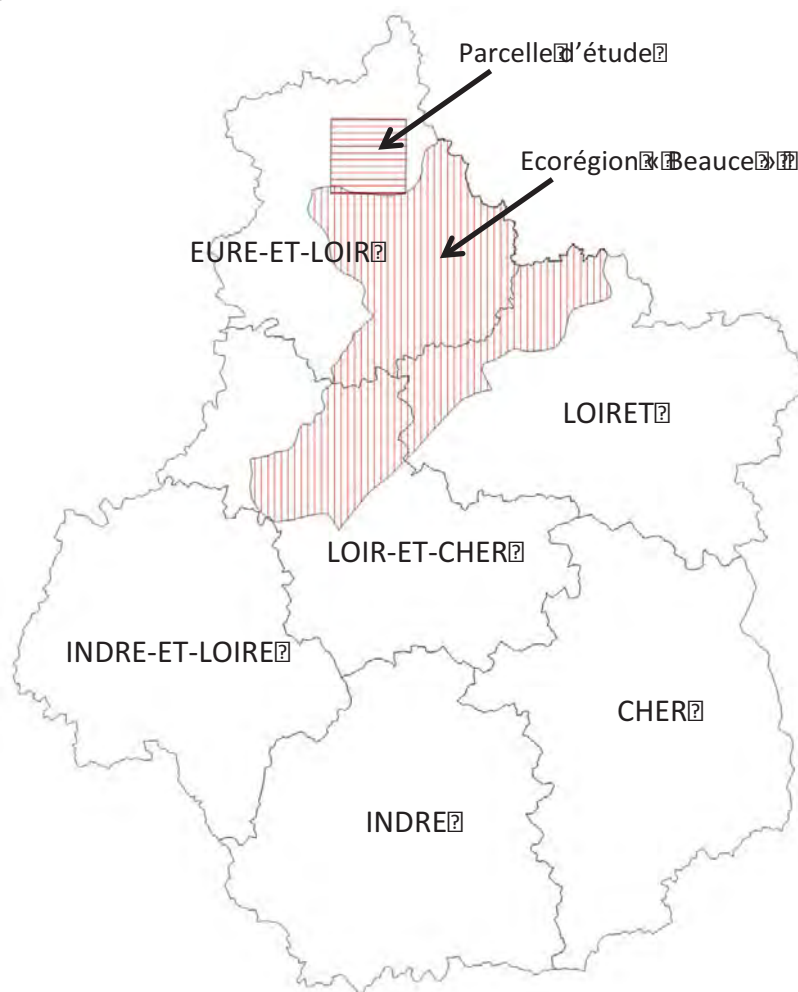
Le travail présenté ici comporte une phase initiale de modélisation de la distribution spatiale des AHF. L'identification d'éléments du paysage associés aux AHF nous a permis d'estimer leur distribution à large échelle et d'apprécier leur impact en termes de fragmentation du milieu. Nos résultats permettent de compléter les informations synthétisées et diffusées par l'IGN (Institut National de l'Information Géographique et Forestière) pour offrir une vision nouvelle de la perméabilité des paysages agricoles à un insecte forestier en expansion sous l'effet du changement climatique.

MATERIEL ET MÉTHODE

ESPECE MODELE

La processionnaire du pin (PP) (*Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff., Lepidoptera, Notodontidae) est un insecte forestier en expansion progressive du sud vers le nord de la France sous l'effet du changement climatique. La PP colonise les milieux urbains à partir du compartiment forestier et soulève des problèmes phytosanitaires et de santé publique car les larves de ce papillon sont urticantes. Les chenilles consomment les aiguilles de différentes espèces de conifères (pins, cèdres, douglas) et notamment d'espèces largement répandues telles que *Pinus nigra*, utilisées comme essence forestière ou comme arbre ornemental en milieu urbain et rural.

Figure 1 : Sites d'étude. L'échantillonnage exhaustif des arbres hôtes de la processionnaire du pin a été réalisé dans une parcelle d'étude de 22×22 km située au nord de l'écorégion « Beauce » définie par la région Centre.



SITE D'ETUDE

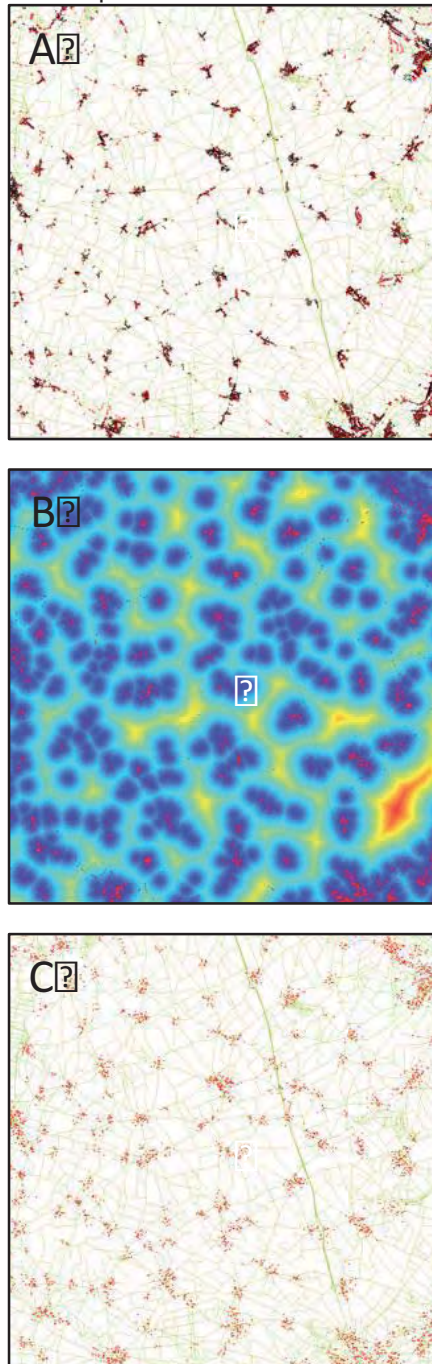
Parcelle d'échantillonnage

La première étape du travail a consisté en un échantillonnage exhaustif des arbres hôtes de la PP à l'échelle individuelle ou à l'échelle de petits groupes d'arbres (sites arborés). L'échantillonnage a été réalisé dans une zone d'étude de $22 \times 22 \text{ km} = 484 \text{ km}^2$ située dans le sud de l'écopaysage « Drouais-Thymerais » défini par la région Centre (Figure 1). Il s'agit d'une zone d'open-field semblable à l'écopaysage « Beauce » représenté également sur la Figure 1. La zone d'échantillonnage de $22 \times 22 \text{ km}$ a été discrétisée sous la forme de 121 cellules carrées de $2 \times 2 \text{ km}$ au sein desquelles tous les arbres hôtes ont été géoréférencés.

Données disponibles à l'échelle de la Beauce

Nous utilisons dans la suite du texte le terme « Beauce » pour décrire l'écopaysage du même nom défini par la région Centre. Les surfaces forestières supérieures à 2,25 ha (pixels de 150 m de côté) 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>). Comme dans le cas des AHF, nous avons restreint notre analyse aux essences hôtes de la chenille processionnaire. Ces données constituent ce que nous nommerons par la suite « données IFN ».

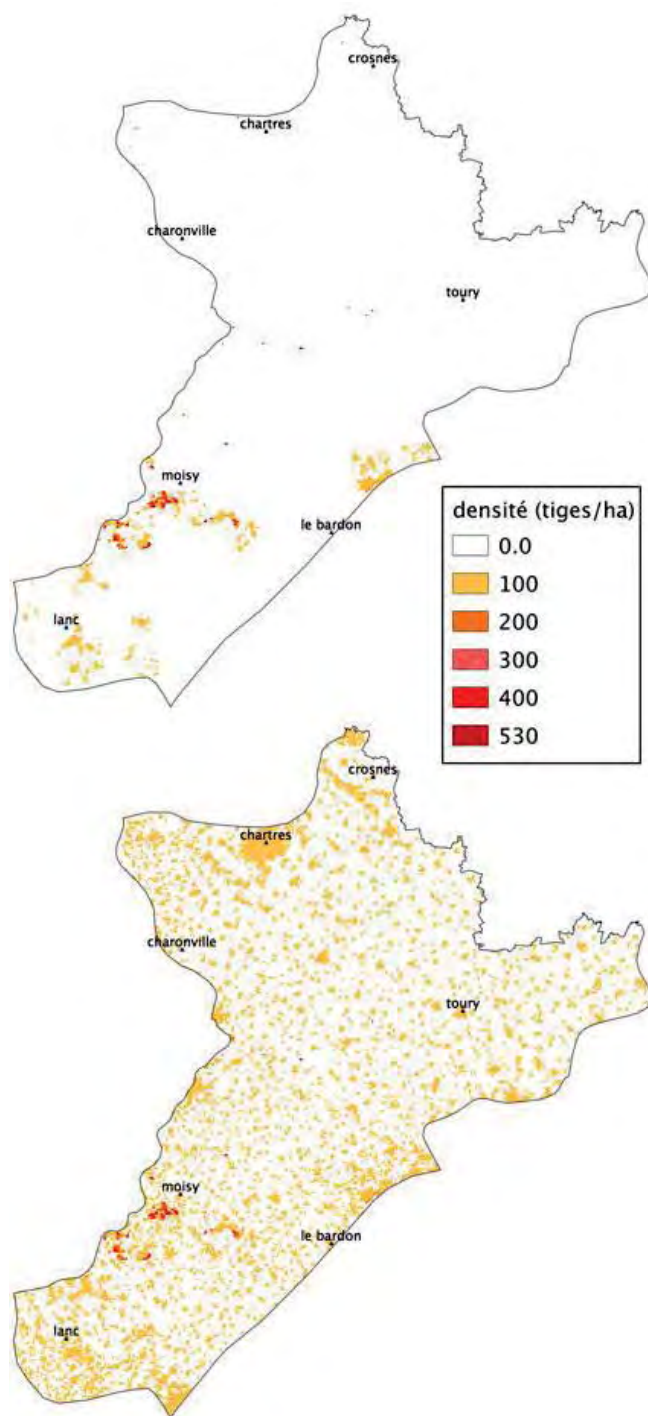
Figure 2 : Principe du modèle développé et premiers résultats. A) données brutes collectées dans la zone d'échantillonnage de 22 x 22 km. Les croix rouges représentent tous les AHF présents dans la parcelle. Les lignes vertes représentent le réseau routier B) Représentation d'une covariable « distance au plus proches élément bâti » C) AHF simulés à partir du modèle.



MODELISATION DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES AHF

Nous avons ajusté un modèle de Poisson inhomogène (Diggle, 2003) sur le semis de points constitué par les AHF enregistrés sur le terrain (Figure 2A). La covariable utilisée est la distance au plus proche élément bâti quel que soit le type de construction (bâtiments agricoles, industriels, résidentiels etc.). Les données cartographiques nous ont été fournies par l'IGN. La covariable est représentée en Figure 2B. Le modèle ainsi constitué est utilisé pour simuler des distributions d'AHF alternatives et équiprobables (Diggle, 2003). Un exemple est fourni en Figure 2C. Nous avons utilisé le modèle pour simuler une distribution d'AHF à l'échelle de l'ensemble de la Beauce en nous basant sur les données IGN décrivant la distribution du bâti dans cette région.

Figure 3: Distribution des arbres hôtes de la processionnaire du pin dans l'écorégion « Beauce » définie par la région Centre. En haut : carte de la densité d'arbres établie par l'IFN. En bas : carte représentant la somme des densités IFN et des densités d'AHF.

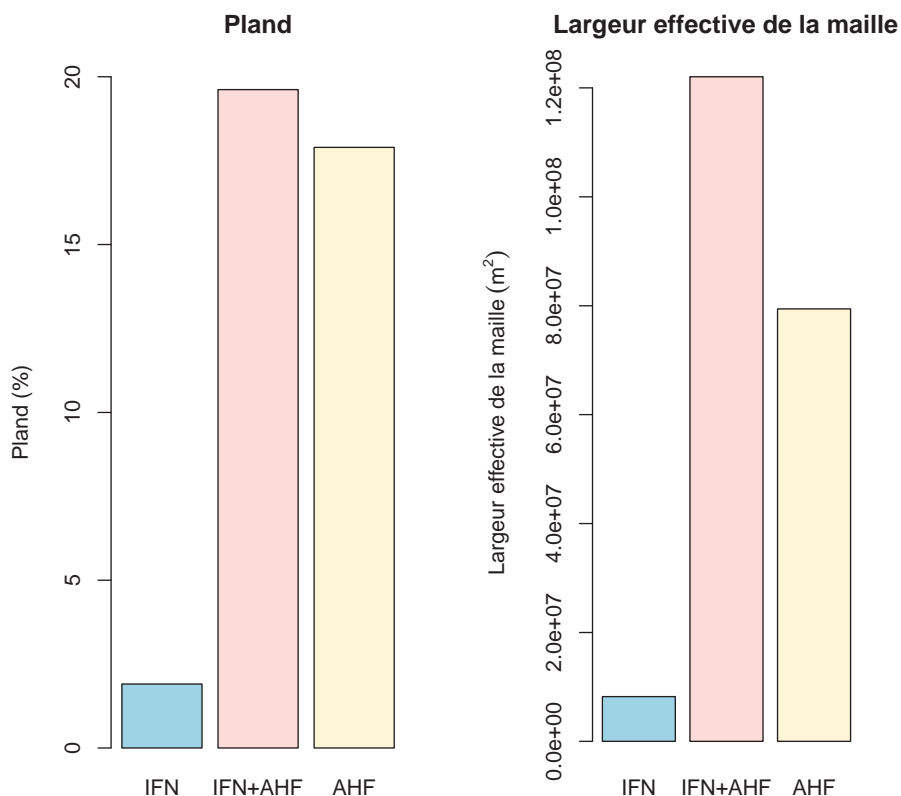


CARACTERISATION DU PAYSAGE

La distribution des AHF produite par le modèle précédent est par la suite utilisée comme un complément des données de recensement des essences forestières de l'IFN. La comparaison des distributions IFN et IFN+AHF doit permettre d'appréhender l'importance des AHF en terme de structure du paysage. Pour atteindre cet objectif, nous avons produit une carte de distribution des essences hôtes de la PP sur la région d'étude (Beauce) sur la base des données IFN. Cette carte a ensuite été complétée avec les données simulées (IFN+AHF).

Nous avons caractérisé ces paysages à l'aide de deux métriques paysagères 1) la proportion d'espace occupé par des pixels comportant des arbres hôtes de la PP (Pland : pour « percentage of landscape » Turner *et al.*, 2001) et 2) la largeur effective de la maille qui est une métrique décrivant la fragmentation des paysages (Jaeger, 2000). Cet indice est proportionnel à la probabilité que deux points choisis au hasard dans l'aire d'étude ne soient pas séparés par une barrière (ici une zone dépourvue d'arbres hôtes de la PP). Plus l'indice est élevé, plus forte est la connectivité et plus faible la fragmentation.

Figure 4: Effet de la prise en compte des arbres hors forêt (AHF) sur la structure du paysage de l'écorégion « Beauce » pour les essences hôtes de la processionnaire du pin. A gauche : évolution de l'indice pland (percentage of landscape). A droite : Changements dans la connectivité de l'habitat favorable à l'insecte.



RESULTATS

DISTRIBUTION SPATIALE DES AHF

La figure 2A montre la distribution des AHF observés dans la parcelle de référence. La covariable utilisée pour ajuster le modèle de Poisson inhomogène (distance au plus proche élément bâti) est présentée à la Figure 2B. Le modèle a ensuite servi à simuler la distribution des AHF dans la parcelle de référence (Figure 2C) ainsi qu'à l'échelle de l'ensemble de la Beauce. Nous avons ensuite converti le semis de points en raster de définition comparable aux cartes produites par l'IFN. La Figure 3A montre la carte de densité des essences hôtes de la PP produite par l'IFN. La Figure 3B correspond à la somme des densités répertoriées par l'IFN et nos estimations de densité des AHF (IFN+AHF).

IMPACT DES AHF SUR LA STRUCTURE DU PAYSAGE

Les cartes présentées en Figure 3 illustrent l'impact des AHF sur la distribution spatiale des habitats favorables à la processionnaire du pin. La carte de l'IFN suggère qu'une surface importante de la Beauce est défavorable à la PP car les sites présentant des arbres hôtes sont peu nombreux et sont concentrés dans le sud du territoire. Ceci se traduit par une valeur faible de l'indice pland ainsi qu'une valeur faible de la largeur effective de la maille ce qui traduit une forte fragmentation.

L'ajout des données reflétant la distribution des AHF change radicalement l'aspect de la carte (Figure 3). Les AHF se trouvent en densité souvent assez faible mais sont distribués de façon homogène à travers le territoire. Ces sites favorables à la PP sont essentiellement situés aux abords des villages et dans les zones habitées car la majorité des AHF sont ici des essences ornementales. L'indice pland (Figure 4) est élevé pour la somme IFN+AHF ainsi que pour les AHF. Ceci traduit l'accroissement du nombre de sites favorables quand on prend en compte la composante AHF. Au-delà de la composition des paysages, les AHF ont également un impact sur la fragmentation comme l'indique la largeur effective de la maille (Figure 4). Cet indice augmente considérablement lorsque l'on considère les AHF traduisant ainsi la diminution de la fragmentation de l'habitat pour la PP.

DISCUSSION-CONCLUSION

Les résultats de cette étude indiquent clairement que les AHF constituent un élément clef des paysages du point de vue de la dynamique des ravageurs forestiers. Il existe une forte relation statistique entre la distribution de ces arbres et la proximité des plus proches éléments bâtis ce qui s'explique aisément si l'on considère que la majorité des AHF observés dans notre étude sont des essences forestières souvent utilisées comme espèces ornementales.

Si l'on considère les résultats obtenus à l'échelle de la Beauce, on constate que cette région qui est fortement agricole n'en constitue pas pour autant un barrage à l'expansion de la PP. En effet, les habitats favorables à l'insecte sont nombreux (Figure 3) et correspondent pour la plupart aux AHF. Si la densité reste généralement faible, la distribution spatiale est régulière et suit celle des villages et hameaux de la région. L'habitat de la PP apparaît donc moins fragmenté qu'on ne le penserait en se basant sur l'inventaire réalisé selon le protocole IFN. Dans leur ensemble, nos résultats plaident pour une meilleure prise en considération des AHF qui créent de la connectivité pour des espèces forestières au sein de grandes zones agricoles.

Le lien avec les questions phytosanitaires en zone non agricole est clair : les essences ornementales sont des vecteurs potentiels de bioagresseurs et nous montrons que leur distribution dans les paysages est susceptible de promouvoir leur dispersion. Au-delà de leur valeur en terme de biodiversité par exemple, les trames vertes urbaines (Clergeau et Blanc, 2013) sont elles-mêmes des corridors favorisant potentiellement la circulation de ravageurs. Il apparaît clairement que la prise en compte par les pouvoirs publics de ces problèmes doit également contribuer à la levée des freins psychologiques à leur mise en place, car, malgré les services rendus, les nuisances associées à l'arbre dans les villes et les villages restent un sujet sensible pour les collectivités qui en ont la charge. Un total d'environ 58 millions de conifères et d'arbres et arbustes fruitiers ou non a été vendu en France en 2010 (FranceAgriMer, 2011).

Parmi ces arbres, nombreux sont ceux qui sont utilisés comme essences ornementales notamment en milieu urbain. Les résultats présentés ici concernent des paysages ruraux mais des questions similaires se posent en milieu urbain pour lesquels très peu de données sont disponibles aujourd'hui (Rousselet et al., 2013 : 3^{ème} conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres zones non agricoles, Toulouse). Il faudra mieux comprendre la dynamique des AHF en milieu urbain pour pouvoir appréhender complètement le rôle de ces arbres dans la dispersion des espèces de ravageurs et les flux villes-campagnes.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du soutien financier de la région Centre (projet ADRIEN) et du méta-programme INRA SMaCH - Sustainable Management of Crop Health / Gestion Durable de la Santé des Cultures (projet SESAME). 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 financièrement soutenu cette étude. Nous remercions Francis Goussard, Bruno Vincent, Olivier Denux, Christelle Robinet et Alain Roques (INRA, Orléans) ainsi que Bernard Boutte (Département de la santé des forêts, Montfavet) pour ses commentaires sur le manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

Clergeau P., Blanc, N. 2013. *Trames vertes urbaines*. Edition Le moniteur. Paris, 339 p.
Diggle P.J., 2003. *Statistical analysis of spatial point patterns*. Oxford University Press. Oxford, 159 p.

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

Jaeger J.A.G. 2000 - Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15, 115-130.

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

Smith R.M., Baker R.H.A., Malumphy C.P., Hockland S., Hammon R.P., Ostojá-Starzewski J.C., 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.

Turner M.G., Gardner R.H., O'Neill R.V. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. Springer-Verlag. New York, 401 p.