



Projet **TYPOGRAPHE**

Modélisation à base d'agents pour la gestion des scolytes
à l'échelle des paysages forestiers

Marielle BRUNETTE (BETA), Stéphane KREBS (BETA), Hervé JACTEL (BIOGECO), Claire MONTAGNE-HUCK (BETA)

Problématique générale (Economie de la santé des forêts)

Il s'agit **d'évaluer** des **stratégies** – **individuelles** et/ou **collectives** – de **lutte** contre les **bioagresseurs** (présentement, à l'échelle des paysages forestiers, mais avec une dimension générique : santé des plantes, santé animale, voire santé humaine).

Ces **bioagresseurs** se **diffusent dans le temps et l'espace** et ont des **conséquences néfastes** au plan **sanitaire | économique**
[Quel est le coût économique des dommages induits par la présence des bioagresseurs ?]

Afin d'atténuer ces pertes, les **agents économiques** peuvent implémenter des **mesures de lutte** contre le bioagresseur
[La mise en œuvre de ces mesures est-elle rentable ?]

Ils peuvent avoir à **arbitrer** entre **plusieurs alternatives** en matière de **lutte contre les bioagresseurs**
[Comment hiérarchiser ces stratégies de lutte ?]

Lorsque les **décisions** des agents économiques (hétérogènes) agissent de manière totalement **décentralisée**, les efforts consentis peuvent s'avérer insuffisants du **point de vue collectif/social**
[Faut-il laisser-faire ? Inciter ? réglementer ? = convient-il – et par quels moyens – d'intervenir ?]

Il devient dès lors nécessaire de prendre en compte les **rétroactions complexes** entre des **processus biologiques, techniques et économiques**, en considérant **différentes échelles d'analyse** (spatiales, temporelles, décisionnelles)
[Question de la limite des approches, strictement disciplinaires]

Dans une perspective d'aide à la décision – et plus largement à la réflexion – la **modélisation à base d'agents** constitue un outil puissant pour appréhender ces problématiques

Difficulté supplémentaire = contexte assez largement évolutif (système dynamique/interconnecté, impacts CC)

→ Proposition d'un **cadre (générique) d'analyse** (avec pour objet d'application la lutte contre les scolytes)

Application à la lutte contre les scolytes

Point de départ = article d'**Hervé Jactel et Lorenzo Martini (2019)**, Libre évolution des forêts et maîtrise du risque sanitaire associé aux scolytes des conifères, *Revue Forestière Française*, vol 72(2-3), pp. 383-390

Focalisation de l'article autour de la question du choix entre diverses stratégies en matière de lutte contre les scolytes :

- absence de gestion (libre évolution ; laissez-faire)
- gestion préventive (éclaircies)
- gestion curative (surveillance et coupes sanitaires)

Questionnements, à la lecture de l'article (dans le désordre) :

- Hiérarchisation des stratégies de lutte (profitabilité des stratégies ? hiérarchisation multicritère ?)
- Contexte spécifique dans lesquels les études de terrain ont été conduites (composition des peuplements | mélange d'espèces ?)
- Problèmes de gestion collective (divergences en matière de gestion entre gestionnaires forestiers, besoins de coordination)
- Problème de la surveillance et de la détection précoce des arbres scolytés (effort de surveillance ; seuil d'intervention)
- Conception de stratégies de lutte, éventuellement innovantes (non encore expérimentées sur le terrain)
- **Risques multiples | imbriqués : risques biotiques (diffusion), abiotiques (sécheresse), anthropiques (sylviculture, lutte)**

→ **Développement – à titre exploratoire – d'un modèle à base d'agents**

Modélisation à base d'agents

1| Modélisation

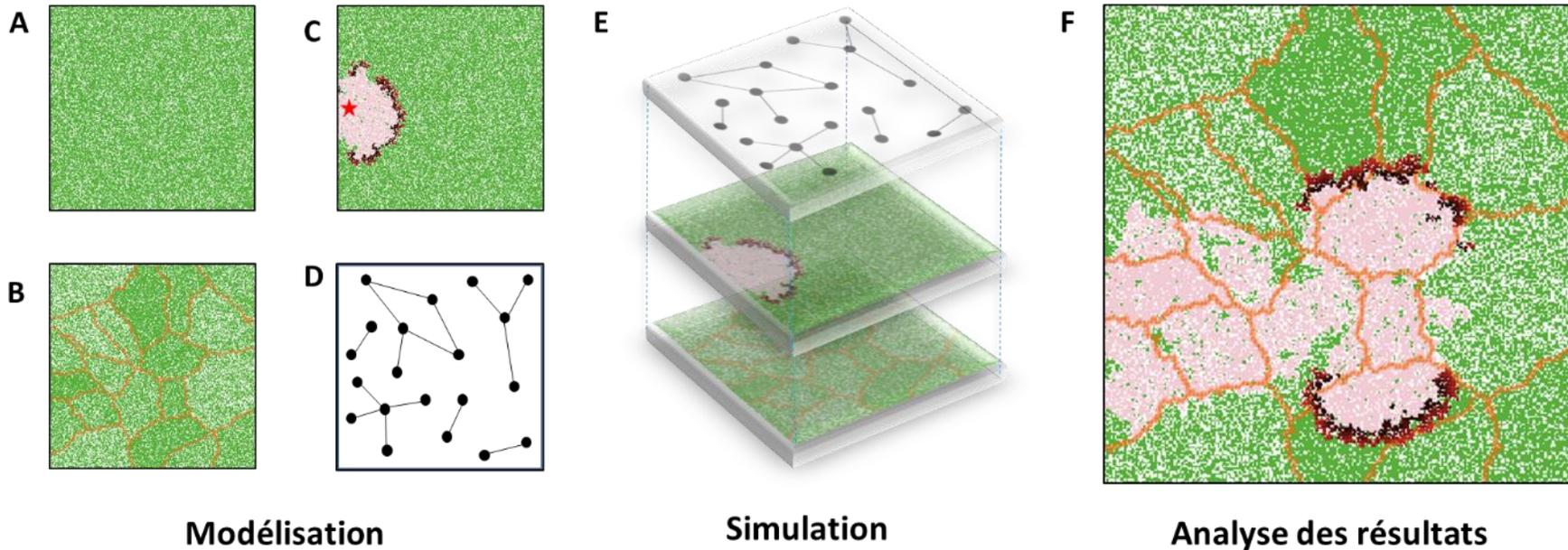
- Définition – préalable – de la granularité du modèle (A)
- Construction d'un paysage théorique (y.c. scenarii changement climatique) (B)
- Modélisation du processus de diffusion du bioagresseur (y.c. scenarii changement climatique) (C)
- Modélisation du comportement des propriétaires forestiers (D)

2| Simulation du modèle

(E)

3| Analyse et interprétation des résultats

(F)



Attendus du projet

Modification des pratiques scientifiques

- Modèles à base d'agents propices au dialogue **interdisciplinaire** (décloisonnement disciplinaire, émergence de nouvelles questions de recherche, éventuellement portées par les SHS)
- Plus-value **(inter-)disciplinaire** :
 - dimension intégrative : propice à l'intégration de travaux théoriques ou empiriques
 - fertilisation croisée entre approches disciplinaires
 - groupe-projet initial avec vocation à s'ouvrir !

Interactions avec les acteurs de terrain (dimension participative)

- Démarche participative de modélisation, associant les acteurs de terrain (DSF, ONF, CNPF, ...) :
 - définition de la question de recherche (e.g. scénarii à tester)
 - co-construction du modèle
 - interprétation | dissémination des résultats
- Changement de point de vue (expertise scientifique) :
 - outil d'aide à la décision (normatif) vs. outil d'aide à la réflexion (positif)
 - éventail des possibles, plutôt que de simples résultats chiffrés
- Défi de la communication (convaincre, visualisation graphique de processus spatio-temporels)
- Modélisation « de crise » (aide à la décision dans un contexte d'incertitude scientifique)

Merci de votre attention !

Annexes

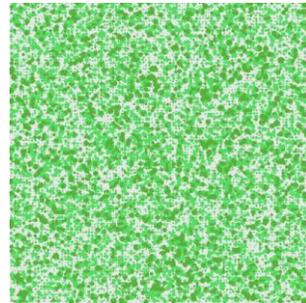
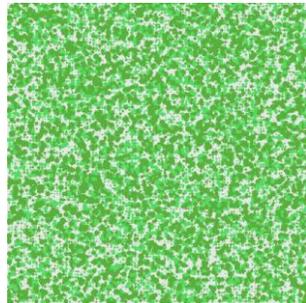
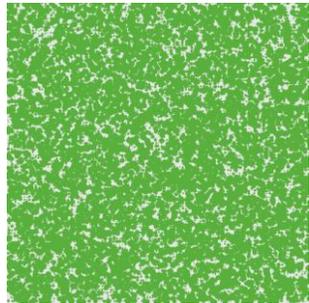
Granularité du modèle et construction du paysages forestier

Granularité du modèle (étape préalable)

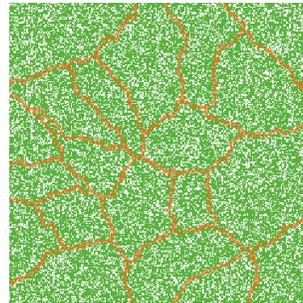
- Détermination des échelles pertinentes d'analyse, tant du point de vue **spatial** (échelle géographique à considérer) que du point de vue **temporel** (pas de temps et horizon de simulation)
- **Granularité** liée aux caractéristiques du bioagresseur d'intérêt, aux données et connaissances disponibles, aux stratégies de lutte existantes

Paysage forestier (théorique)

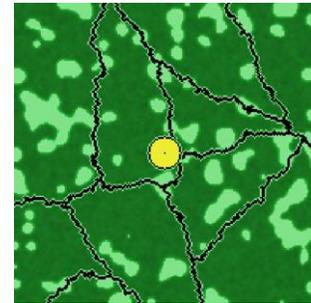
- Paysage composé de parcelles, potentiellement hétérogènes, gérées par des propriétaires forestiers, qui sont eux-même hétérogènes (ex. gestionnaire public vs. privé). Différents degrés de réalisme possibles (→ SIG)
- Caractéristiques « physiques » du paysage, mais paysage évoluant aussi au cours du temps, de façon naturelle (croissance des arbres, régénération naturelle, mortalité, ...), en lien avec les bioagresseurs, ou sous influence des activités humaines (gestion forestière, stratégies de lutte mises en œuvre, ...) et les conditions climatiques



Peuplements (+/-) purs ou mélangés



Mosaïque paysagère

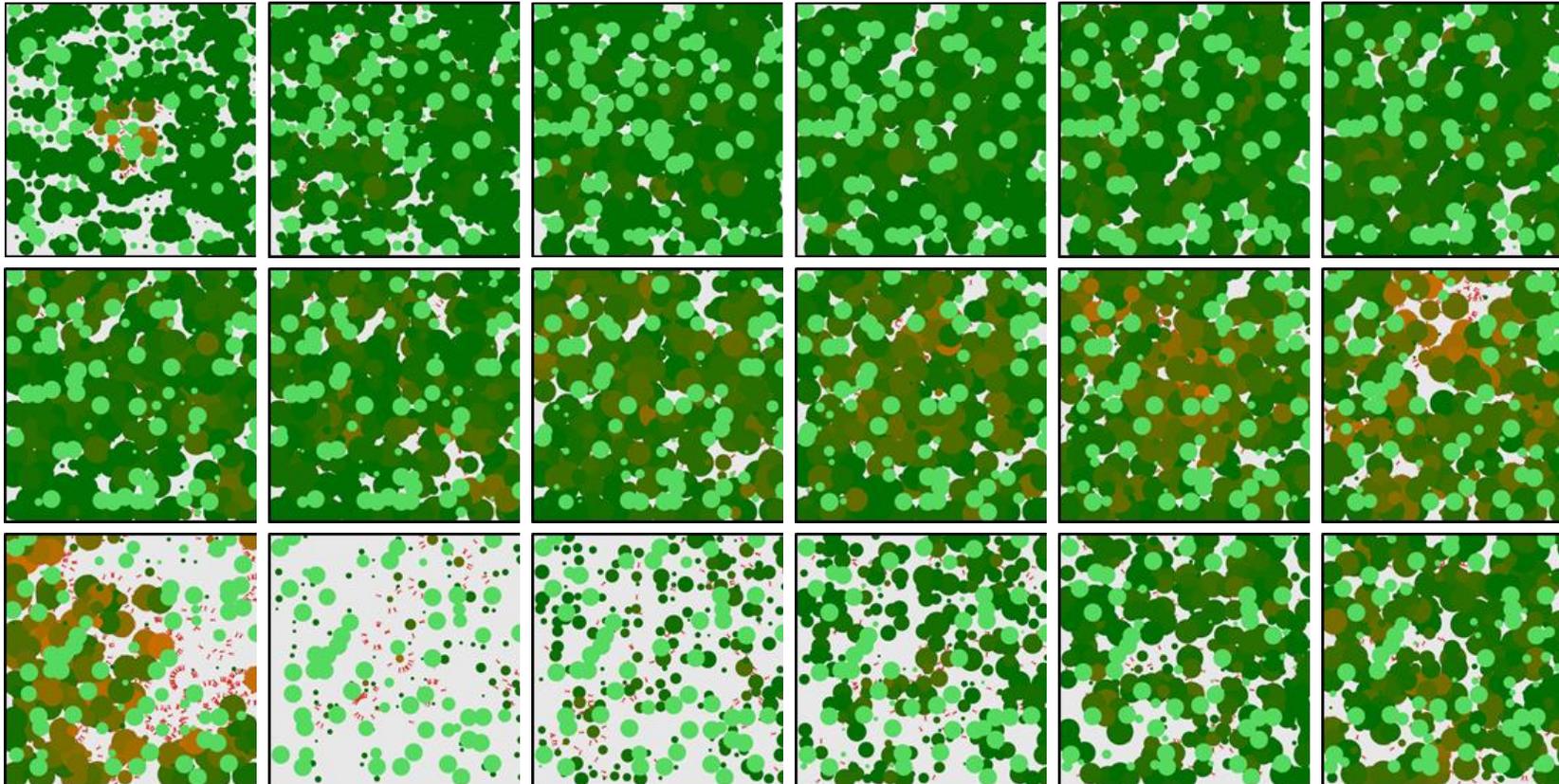


Paysage (+/-) anthropisé

Modélisation du processus de diffusion

Diffusion du bioagresseur à l'échelle du paysage

- Dynamique de population de l'insecte (naissance, mouvement, reproduction, mortalité)
- Processus de diffusion impacté par les conditions climatiques et les caractéristiques du paysage, qui sont elles-mêmes impactées par le processus de diffusion et les stratégies de lutte mises en œuvre



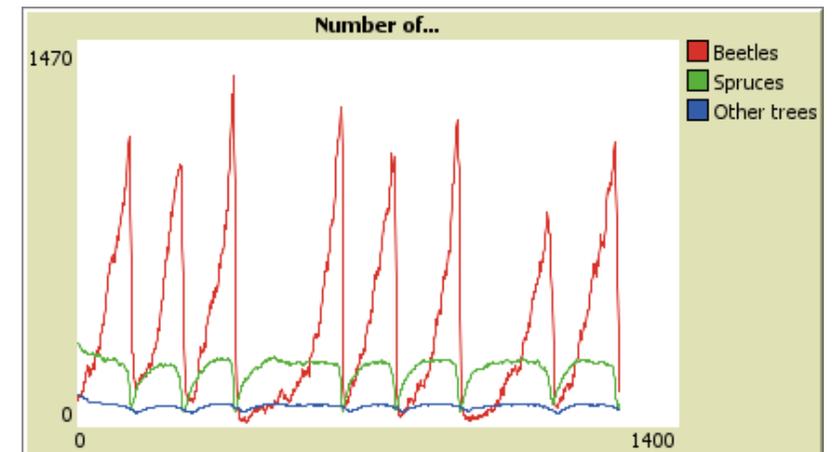
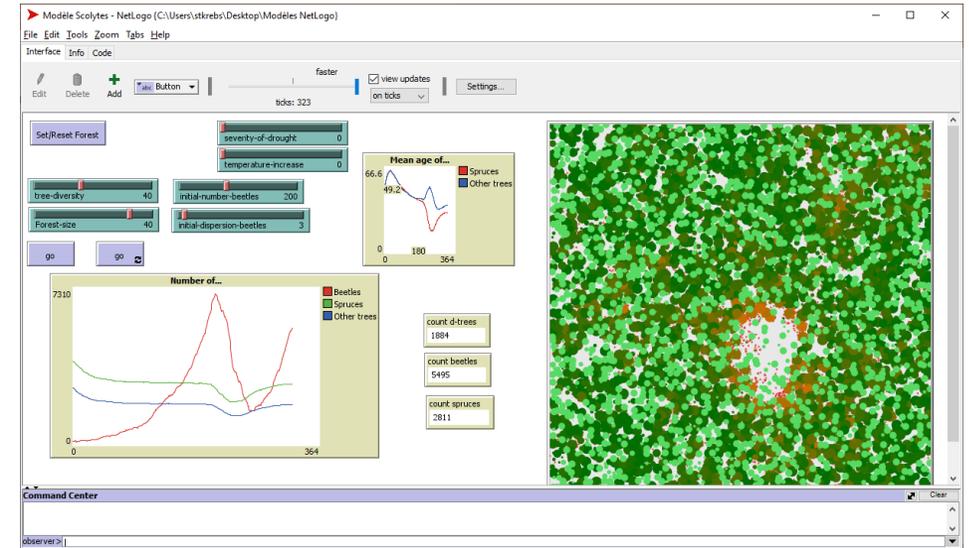
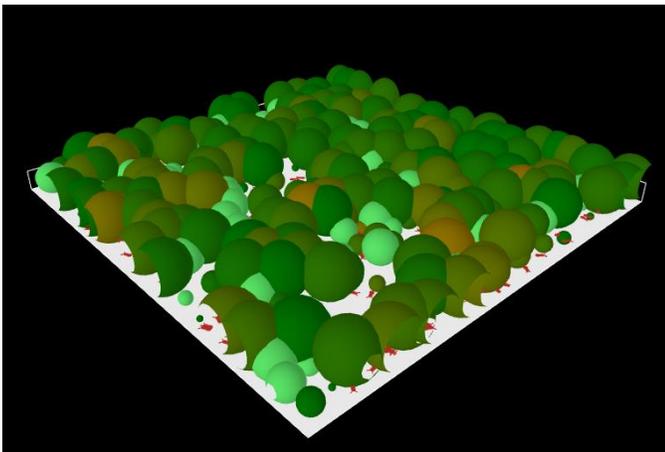
Comportements des propriétaires forestiers

- Les propriétaires forestiers prennent individuellement leurs décisions (de gestion forestière comme de lutte contre le bioagresseur) à l'aune des caractéristiques de leurs parcelles (notamment sur le plan sanitaire), décisions qui modifient en retour les caractéristiques du paysage.
- Grande souplesse permise par les modèles à base d'agents en matière de formalisation des comportements individuels
 - Implémentation systématique (e.g. réglementation)
 - Optimisation des décisions (y.c. intertemporelle, multicritère)
 - Règles de décisions moins sophistiquées (heuristiques)
- Prise en compte des interactions entre agents et de leur hétérogénéité (relations de voisinage, réseaux).

Simulation du modèle

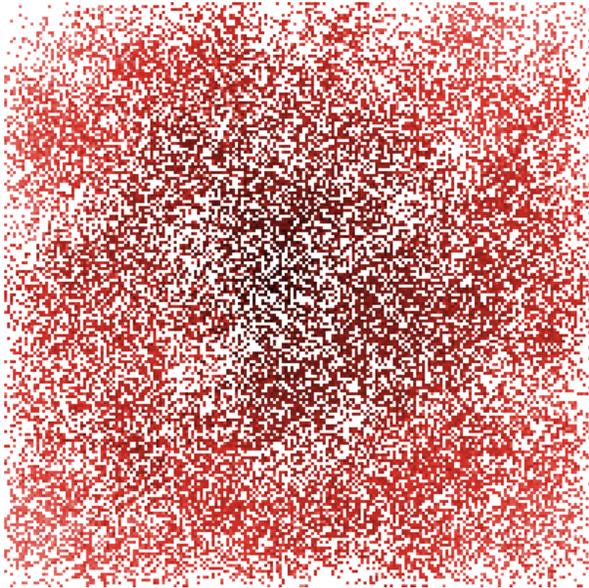
Exercices de simulation (exemples) :

- en faisant varier les caractéristiques du paysage (e.g. homogène vs. hétérogène)
- en faisant varier les points d'introduction du bioagresseur
- en considérant différents contextes sanitaires (introduction du bioagresseur, diffusion en cours, endémicité, etc.)
- en envisageant différents scénarios climatiques
- ...

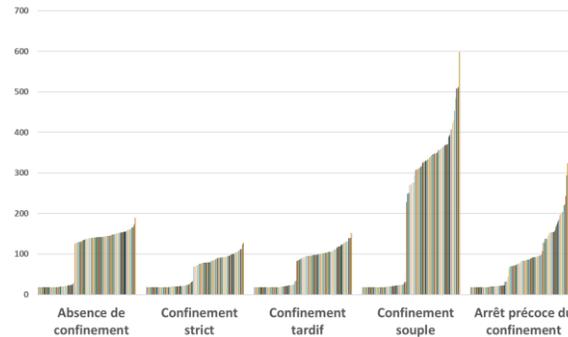


Analyse des résultats (illustration)

- Caractériser l'émergence de patterns
- Hiérarchisation des dispositifs de coordination : évaluation mono-critère (sanitaire, économique, environnemental) ou multi-critères
- Variabilité des résultats/analyse de sensibilité



Durée de l'épidémie



Nombre d'individus infectés

