

Estimation de paramètres de diffusion de populations d'insectes ravageurs dans un paysage hétérogène, à partir de données génétiques

Emily Walker ¹, Etienne Klein ¹, Lionel Roques ¹, Pierre Franck ²,
Samuel Soubeyrand ¹

INRA - Institut National de la Recherche Agronomique, Avignon, France
1 : Biostatistics and Spatial Processes (BioSP) Unit
2 : Plantes et Systèmes de cultures Horticoles (PSH) Unit



ModStatSAP - 11 décembre 2014

Modèles mécanistico-statistiques

Soient :

- un modèle (exemple : réaction diffusion) $u_\theta = \mathcal{M}(\theta)$ avec un jeu de paramètres θ ;
- des données \mathcal{O} .

Problème : comment estimer θ , quand u_θ et \mathcal{O} ne sont pas commensurables (ex. u_θ =densité de pop., \mathcal{O} = données de type présence/absence) ? Comment prendre en compte l'incertitude sur \mathcal{O} ?

Une solution : écrire un modèle pour le processus d'observation. Les observations sont des variables aléatoires dépendant de u_θ .

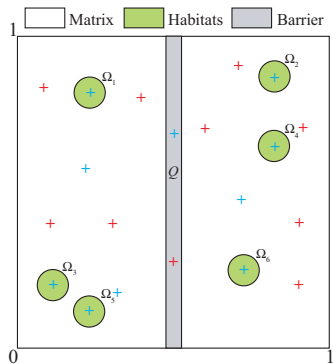
Intérêt : permet de calculer la vraisemblance du jeu de paramètre θ : proba d'observer \mathcal{O} sachant u_θ .

Modèle mécanistico-statistique (Roques et al., in prep)

Cas des données génétiques

Observations \mathcal{O} : 2000 génotypes.

Paramètre à estimer : coefficient de diffusion $D(x)$ de $u_t = \Delta(D(x)u) - u/\nu$, trois zones de diffusion \neq .



Modèle mécanistico-statistique

Cas des données génétiques

Données :

- fréquences alléliques dans I populations sources à $t = 0$;
- observations \mathcal{O} : génotypes \mathcal{G} d'individus capturés à des temps > 0 .

Vraisemblance de θ (exple avec 1 individu k) :

$$\mathbb{P}(\mathcal{O}|\theta) = \sum_{\text{pops sources } i \in I} \mathbb{P}(\mathcal{G}|k \text{ vient de } i)\mathbb{P}(k \text{ vient de } i).$$

$\mathbb{P}(\mathcal{G}|k \text{ vient de } i)$ se déduit des fréquences alléliques dans les pops. sources.

$\mathbb{P}(k \text{ vient de } i)$ se déduit du modèle \mathcal{M} .

Calcul de θ : maximum de vraisemblance, bayésien, ...

Dynamique d'une sous-population vs la population totale

▶ Back

Test du modèle sur données simulées

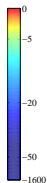
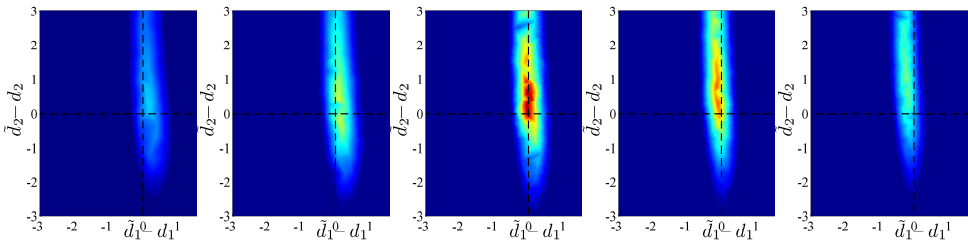
Données :

- fréquences alléliques des l populations sources (Dirichlet) : 10 loci à 10 allèles, selon 3 niveaux de différenciation génétique ($F_{st} = 0.01, 0.5, 0.1$)
- observations O : génotypes G d'individus

Autres tests selon :

- nombre de pièges
- nombre d'individus génotypés
- nombre d'habitats
- nombre de loci et d'allèles

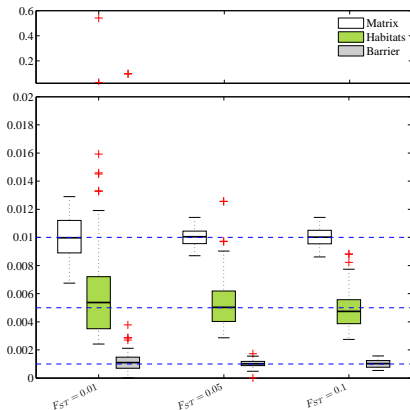
Résultats : vraisemblance



Modèle mécanistico-statistique

Cas des données génétiques

Qualité de l'estimation suivant le niveau de différenciation génétique entre les sous-pops (F_{ST}) :



Contrôle biologique d'un insecte ravageur des cultures à l'échelle du paysage

PEERLESS : **P**redictive **E**cological **E**ngineering for **L**andscape
Ecosystem **S**ervices and **S**ustainability

→ projet ANR

Contrôle biologique d'un insecte ravageur des cultures à l'échelle du paysage

PEERLESS : **P**redictive **E**cological **E**ngineering for **L**andscape **E**cosystem **S**ervices and **S**ustainability

→ projet ANR

Viabilité d'une gestion écologique renforcée de la santé des plantes dans les paysages agricoles

Favoriser le contrôle biologique des ravageurs en exploitant les connaissances d'écologie du paysage



PSH Avignon, AgroEcologie Dijon, IGEPP Rennes Angers, Agronomie, Grignon, Economie, Grignon, BioSP

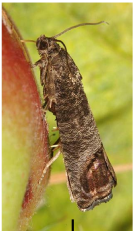
Identifier les mécanismes écologiques associés à l'hétérogénéité spatio-temporelle de **densité de populations** de ravageurs et d'auxiliaires en tenant compte de la répartition des **habitats** semi-naturels et des **pratiques** agronomiques dans le **paysage**



Données : un insecte ravageur des cultures, le carpocapse

Carpocapse du pommier : *Cydia Pomonella*

Larves → dégâts sur pommes et poires.

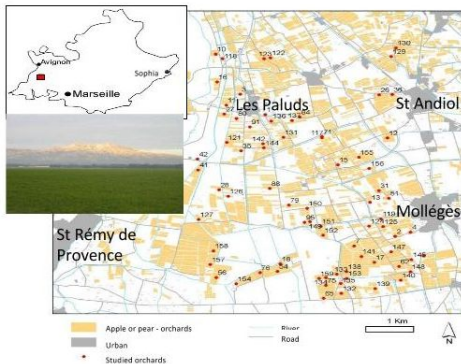
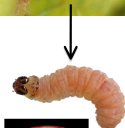


Données : un insecte ravageur des cultures, le carpocapse

Carpocapse du pommier : *Cydia Pomonella*

Larves → dégâts sur pommes et poires.

Zone d'étude : 100km²

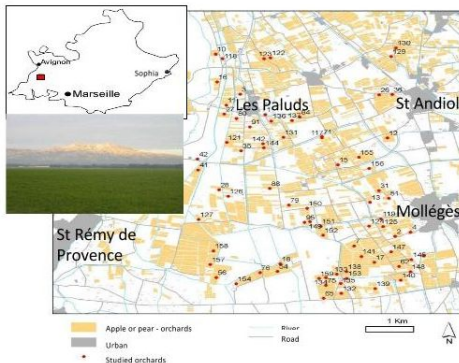


Données : un insecte ravageur des cultures, le carpocapse

Carpocapse du pommier : *Cydia Pomonella*

Larves → dégâts sur pommes et poires.

Zone d'étude : 100km²



Estimer la dispersion de ce ravageur à travers la zone d'étude

Données : un insecte ravageur des cultures, le carpocapse

Echantillonnage

1000 individus

51 vergers

Données génétiques

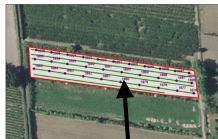
20 loci

Entre 4 et 51 allèles par locus

Génotypes :

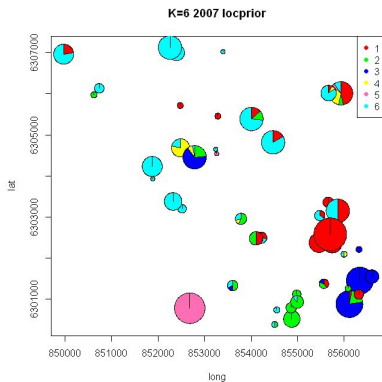
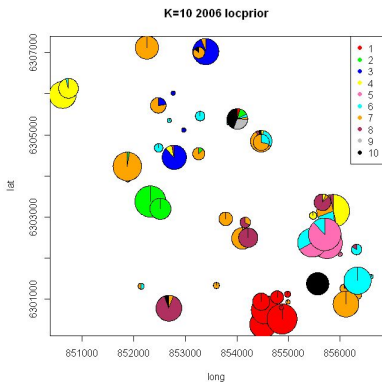
$$Geno_{i,k} = (m_{i,k,l,1}, m_{i,k,l,2})_{l=1,\dots,L}$$

pour l'individu i , la pop source
 k , locus l , l'allèle m



ind	Parcelle	Cp3.180	Cp3.169	Cp2.129	Cp1.60	Cp1.62	Cp5.24	Cp4.5	Cp6.46	...
4	3	203 203	196 200	164 164	197 201	232 248	210 214	191 191	226	
8	144	203 205	194 194	164 182	201 203	236 238	210 210	191 193	230	
11	144	203 203	194 194	158 164	197 197	230 232	210 214	191 193	226	...
15	144	203 209	194 214	164 178	199 199	230 232	210 210	191 191	226	
16	144	203 203	194 222	164 178	195 195	230 236	210 210	191 193	234	...
17	144	203 203	198 226	164 190	195 195	228 232	210 210	191 191	226	
18	144	203 209	194 214	164 178	197 199	230 232	210 210	191 191	222	
19	144	203 203	194 214	158 164	195 201	236 236	210 214	191 191	226	...
20	144	203 209	194 194	164 166	196 197	230 232	210 214	191 191	226	
25	71	203 203	194 194	164 178	195 195	234 236	210 210	191 191	226	...
26	71	203 209	194 214	158 180	195 201	228 236	210 214	191 193	226	
27	71	203 203	194 238	164 164	195 201	232 234	210 214	193 195	226	
28	71	203 203	164 164	164 164	195 195	232 236	210 216	191 191	222	...

Analyse de la structure génétique : *Structure* (Pritchard et al., 1999)



Conclusion

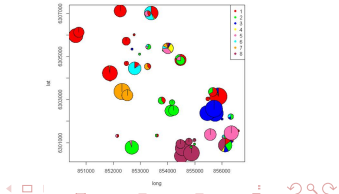
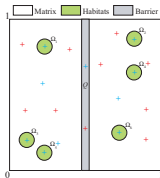
Approche mécanistico-statistique : prise en compte des données

- très bons résultats sur données simulées ;
- méthode souple, facilement adaptable à l'utilisation de données réelles ;

Application à des données génétiques :

- proche d'un marquage-recapture, mais sans marquage et avec incertitude sur la marque ;
- évite de devoir mesurer des abondances, souvent imprécises ;
- bons résultats, même avec des F_{ST} pas trop grands.

Perspective : application aux données réelles (avec $F_{ST}=0.05$)



Merci de votre attention

