

# Hétérogénéité fonctionnelle et biodiversité : quel est le rôle des interfaces ou lisières dans les paysages agricoles ?

Soutenance de thèse

**Rémi DUFLOT**

*20 Décembre 2013*

Devant le jury composé de :

**Sylvain PLANTUREUX**

**Gérard BALENT**

**Philippe JEANNERET**

**Christophe BOUGET**

**Françoise BUREL**

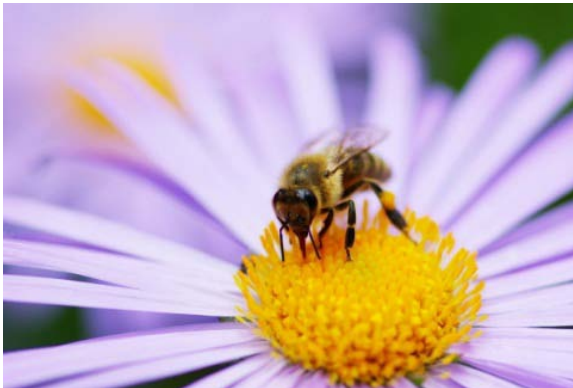
**Stéphanie AVIRON**

**Aude ERNOULT**



## Contexte

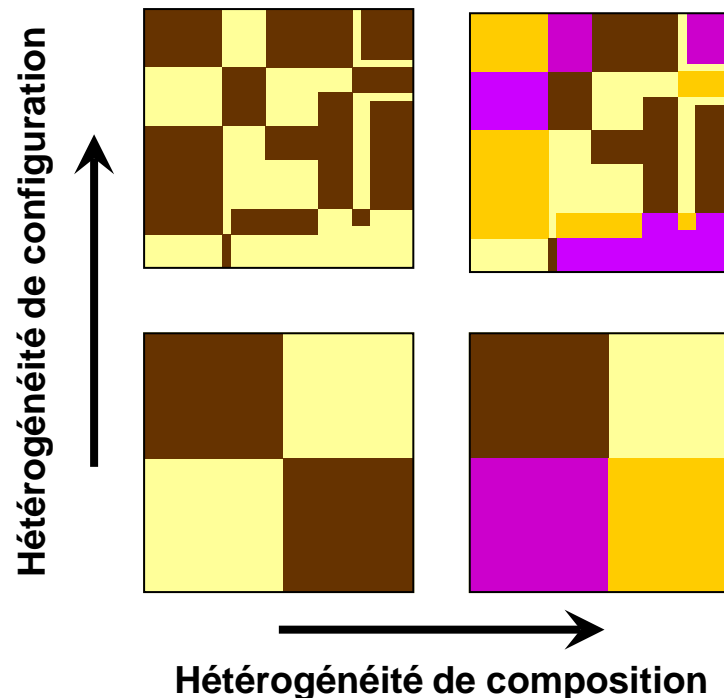
- Pertes de **biodiversité** dans les paysages agricoles
- Son maintien constitue un enjeu important
  - Préservation de la biodiversité **patrimoniale** et **ordinaire**
  - Rôle dans le **fonctionnement** des **agro - écosystèmes** :  
(Fonction de pollinisation, régulation biologique...)



- Comprendre les mécanismes qui déterminent la biodiversité
  - pour mieux la préserver à travers des actions concrètes

## L'hétérogénéité spatiale des paysages

- Facteur important pour la biodiversité dans les **paysages agricoles**
- Hétérogénéité de **composition**
  - diversité des habitats et leur proportion relative
- Hétérogénéité de **configuration**
  - liée à l'organisation spatiale de ces habitats



## L'hétérogénéité spatiale des paysages

### ■ Hétérogénéité spatio-temporelle

- Modification du paysage à long termes (dizaines d'année)
  - changement de stratégie d'exploitation agricole
  - Remembrement
- Hétérogénéité inter - annuelle (quelques années)
  - Rotation culturale
- Hétérogénéité intra – annuelle (d'une année)
  - Variabilité saisonnière des habitats

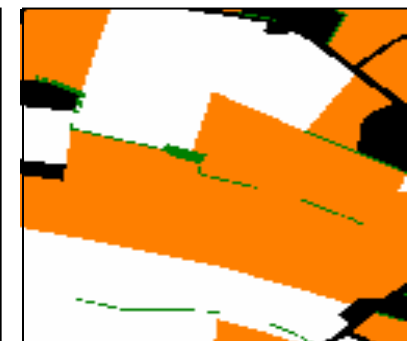
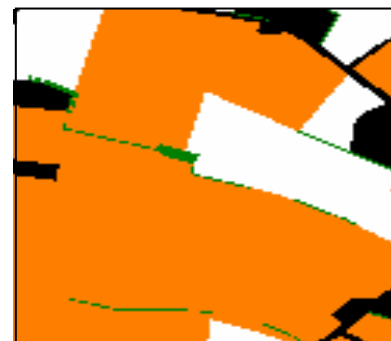
*Mai*

*Août*



*Mai*

*Août*



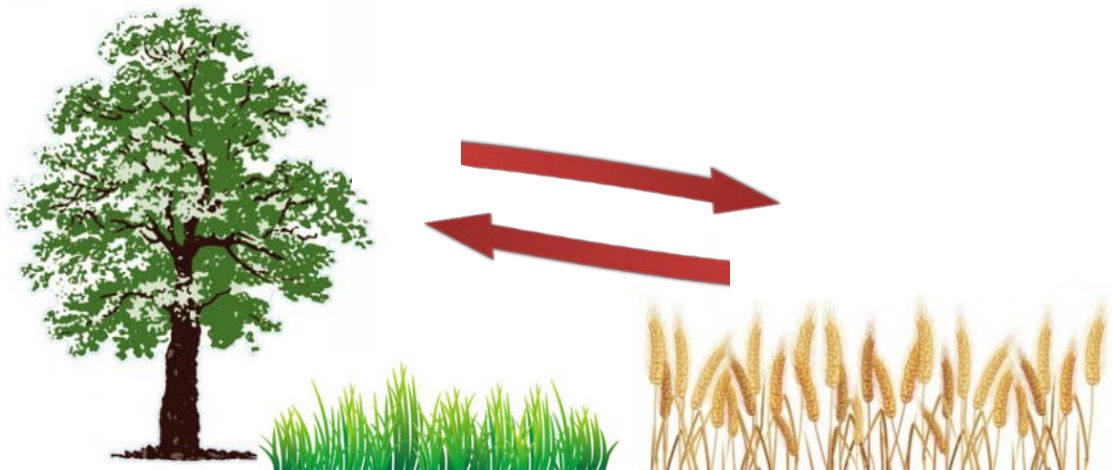
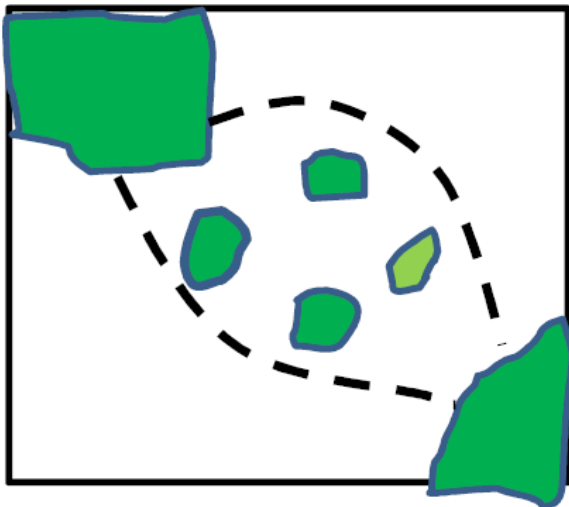
□ sol nu ■ couvert dense

## L'hétérogénéité spatiale des paysages

- **Affecte les processus écologiques**
- Dispersion
  - Processus clé pour le fonctionnement des métapopulations (Hanski et al. 1999)
- Complémentation
  - Utilisation de ressources dans différents habitats (*Dunning et al. 1992*)

Composition → Présence des habitats nécessaires

Configuration → Accès / mouvements entre ces habitats

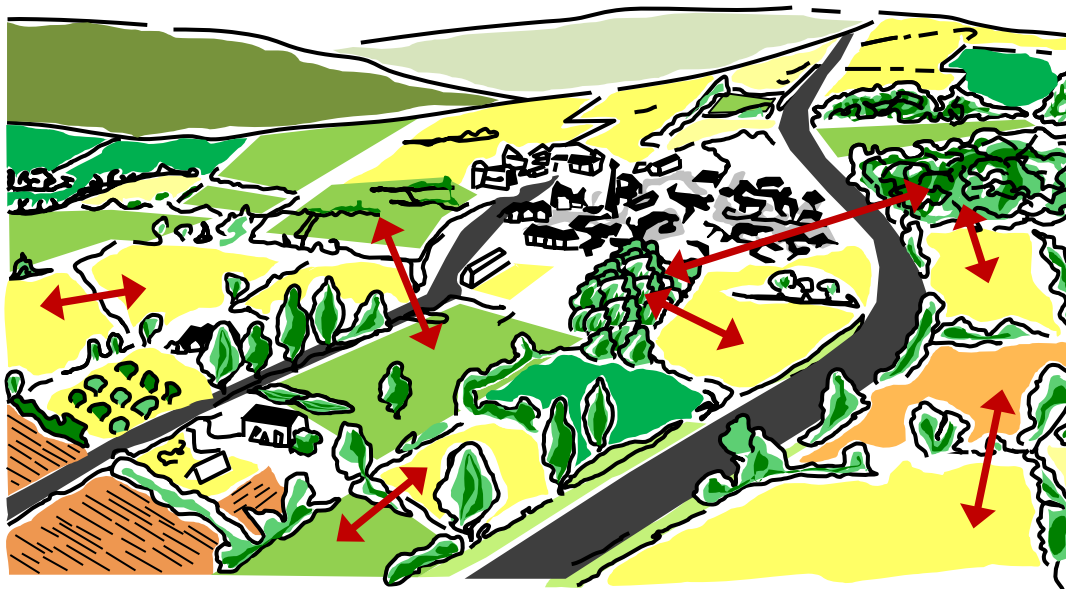


Habitat semi-naturel

Culture

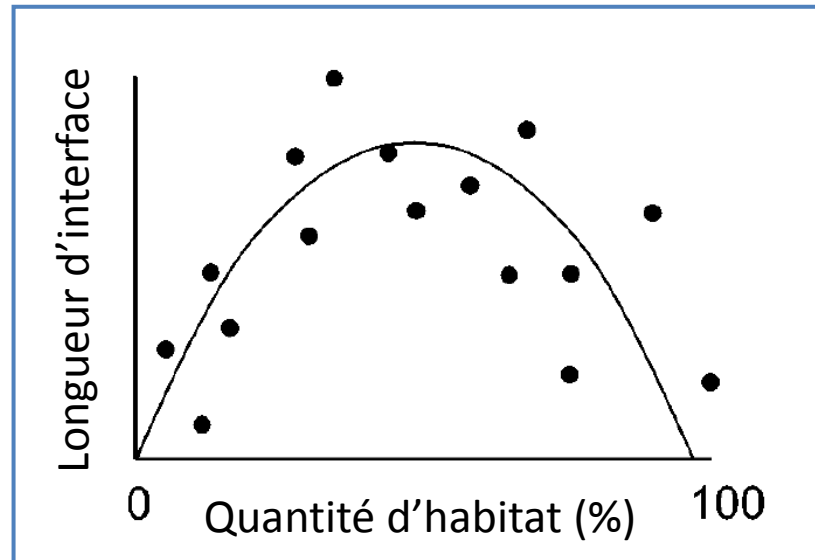
## L'hétérogénéité spatiale des paysages

- **Rôle de filtre écologique**
  - Sélectionner ou exclure certaines espèces (Keddy, 1992)
- Influence de la composition paysagère
  - Différentes communautés associées à différents habitats
- Effet également de la configuration paysagère
  - processus de dispersion & complémentation
  - permettre ou non le maintien de certaines espèces



## Deux composantes ayant des effets confondus

- La composition et la configuration des paysages sont corrélées



*(Fahrig 2003)*

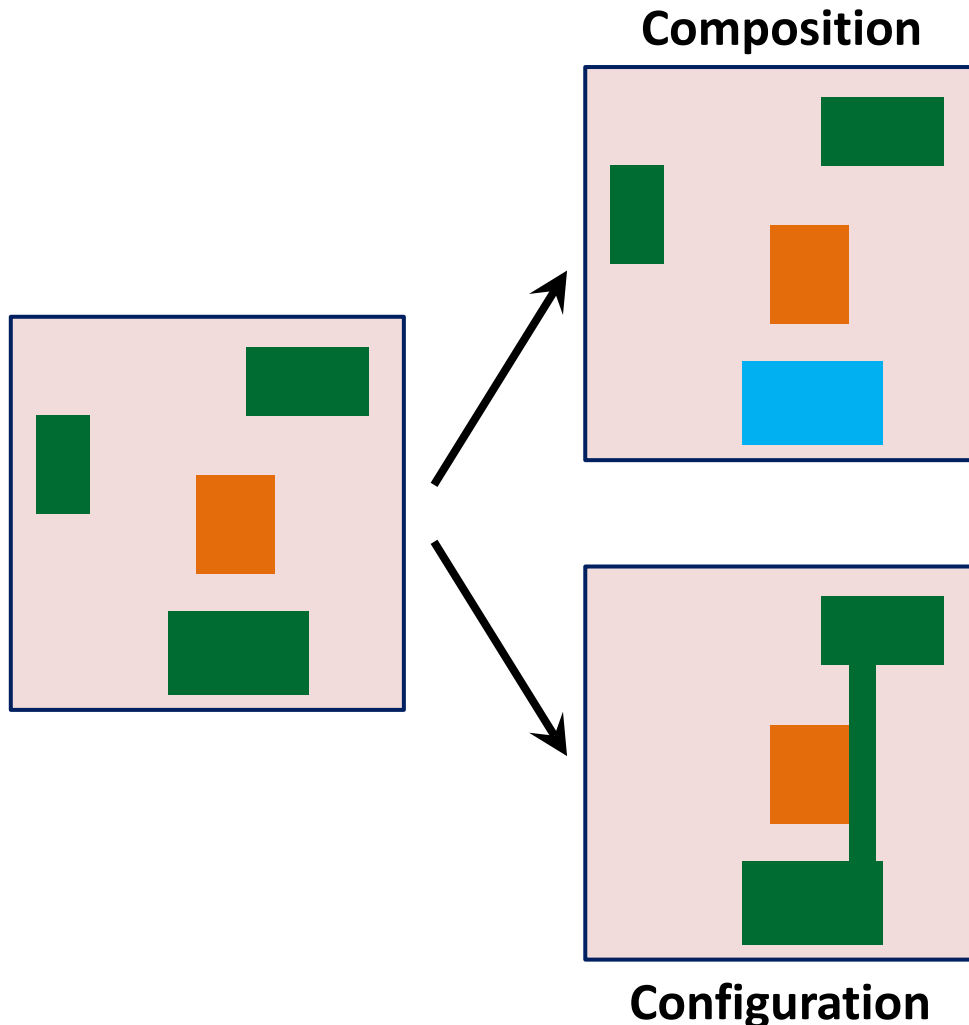
- Hétérogénéité est souvent :
  - évaluée par la proportion des habitats
  - sans tenir compte de l'organisation spatiale
  - ou en utilisant une mesure corrélée avec la composition

Séparer les effets de la composition et de la configuration

- évaluer leurs effets indépendants sur la biodiversité

## Deux composantes ayant des effets confondus

- Définir des aménagements paysagers favorables pour la biodiversité  
(Boitani et al. 2007; Smith et al. 2009)



- Politique Agricole Commune
  - Introduction de BE
  - Maintien des haies
  - Diversification des cultures
- Trame Verte et Bleue
  - Corridors écologiques

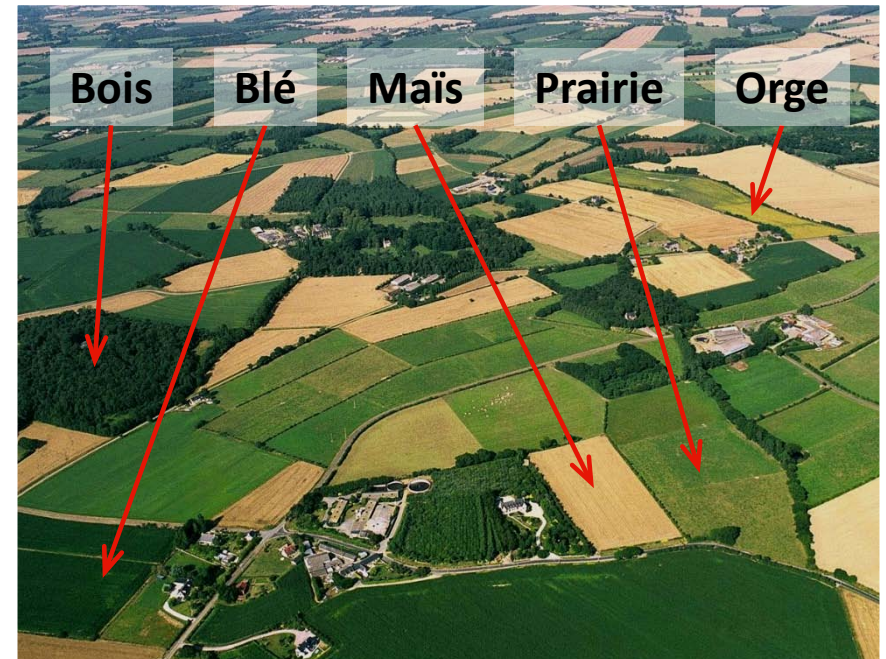
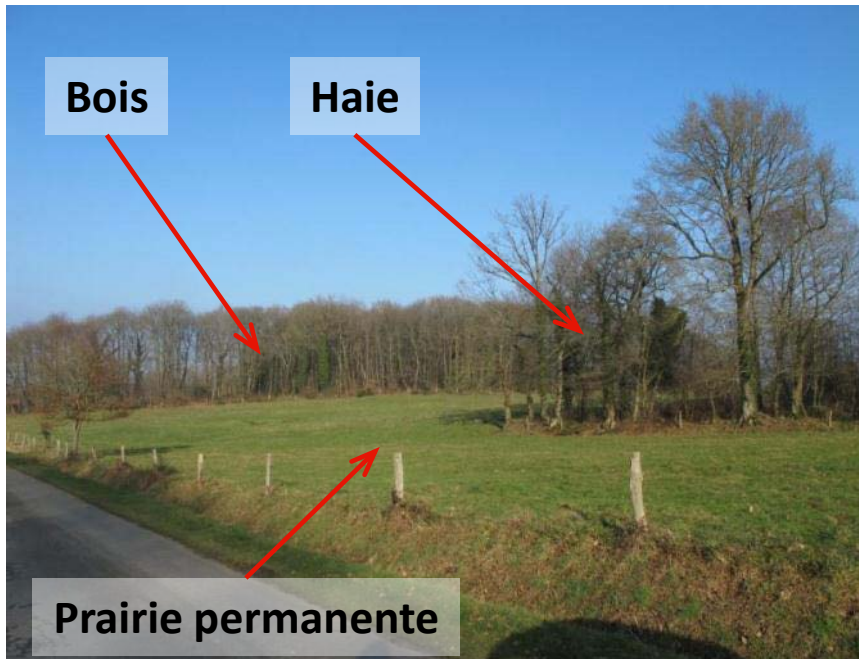
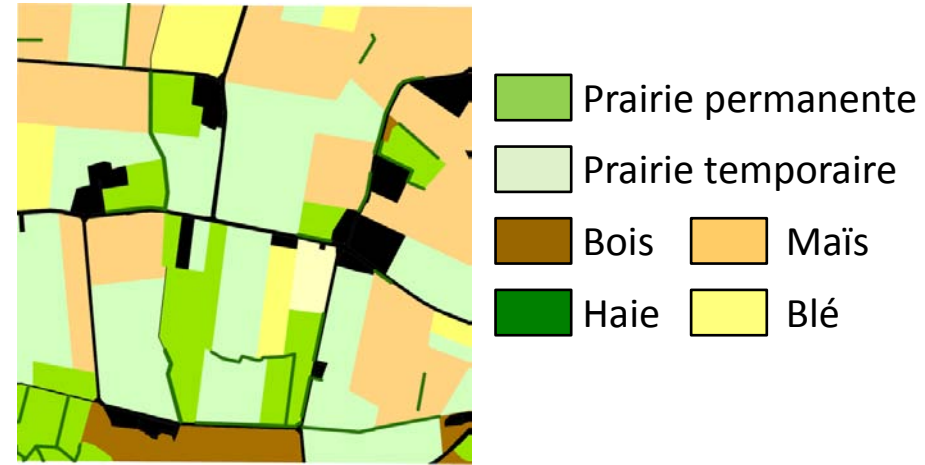


# Représentation paysagère

## habitat / matrice

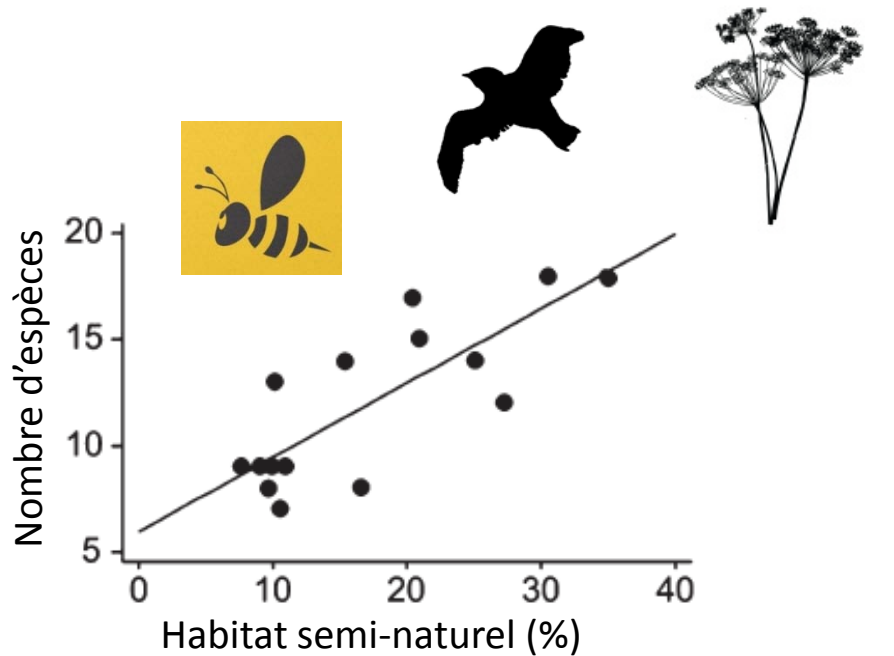
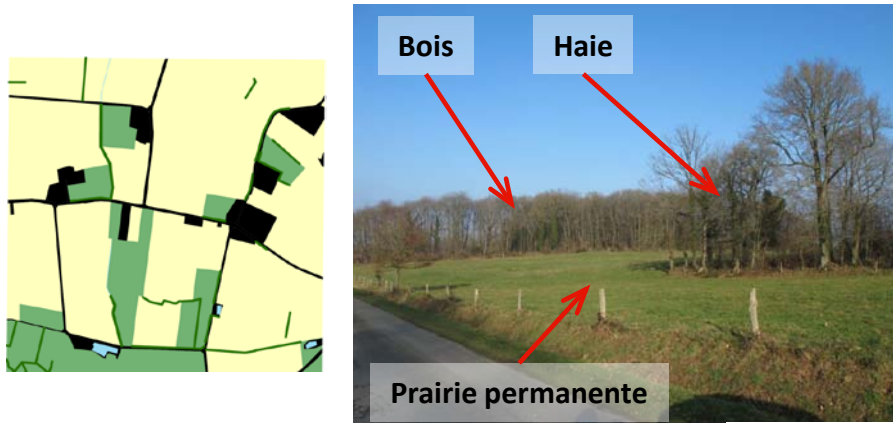


## mosaïque d'habitats



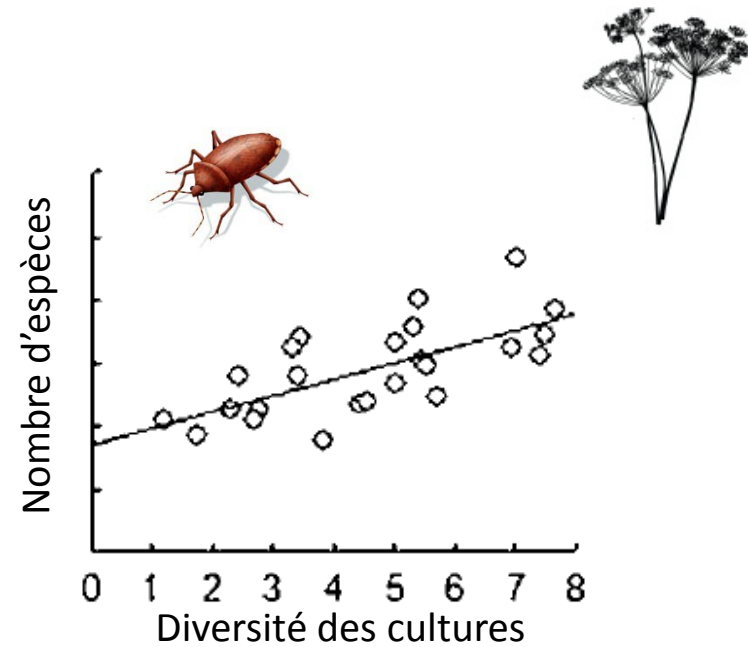
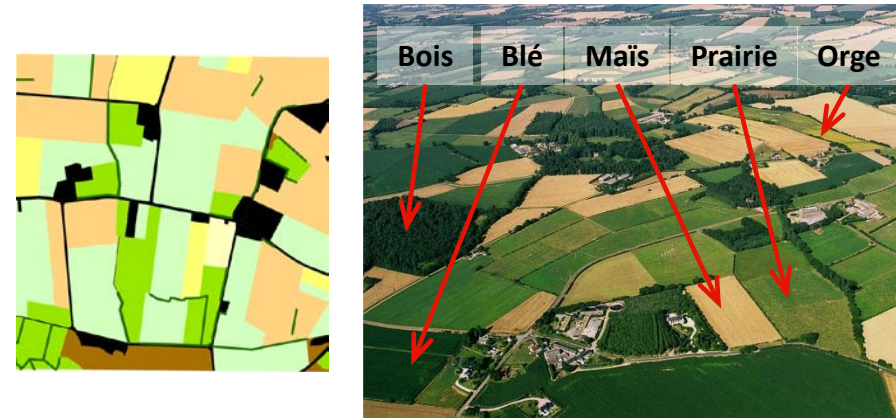
# Représentation paysagère

## habitat / matrice



(Tscharntke et al., 2005)

## mosaïque d'habitats



(Billeter et al. 2008)

## Différentes mesures de la diversité

- Approche "focal patch"
    - diversité locale (Alpha)
    - plus couramment utilisée
    - faible représentativité du paysage
  
  - Mesure globale de la diversité
    - diversité Gamma
    - échantillonner plusieurs éléments
    - utilisation + récente
- Gamma "multi-habitats"
    - considérer la diversité des habitats
    - mesure de la diversité paysagère
    - rares exemples dans la littérature



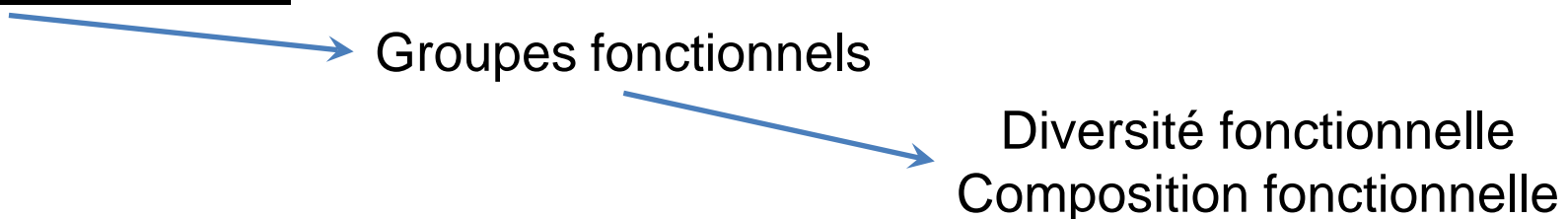
## Différentes mesures de la diversité

### Diversité spécifique



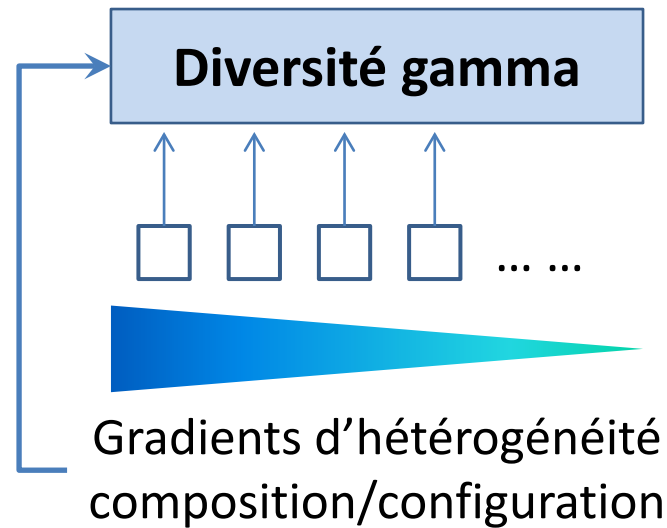
- Représentatif de la diversité d'une communauté
- Indices de diversité qui répondent à l'hétérogénéité paysagère

### Diversité fonctionnelle



- Réponse des espèces selon leur traits fonctionnels (Traits de réponse)
  - décrire le processus (e.g. dispersion)
  - généralité, extrapolation

## Effets de l'hétérogénéité paysagère sur la biodiversité ?



- Partie I : Présentation des méthodes
- Partie II : Quels sont les effets de l'hétérogénéité paysagère sur la diversité gamma des carabes et plantes ?
- Partie III : L'hétérogénéité spatio-temporelle des cultures annuelles contribue-t-elle à la diversité des carabes ?
- Partie IV : Discussion / Perspectives

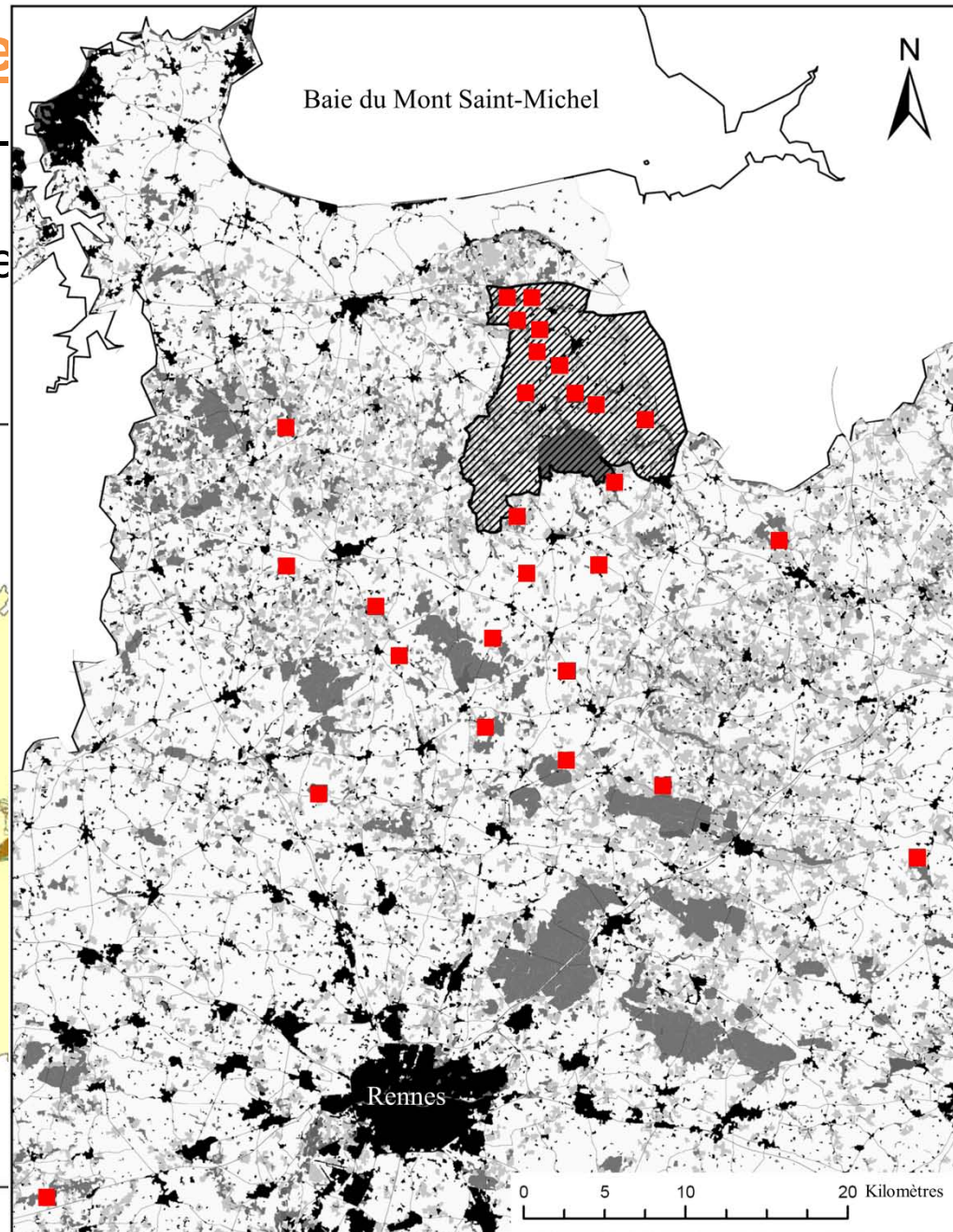
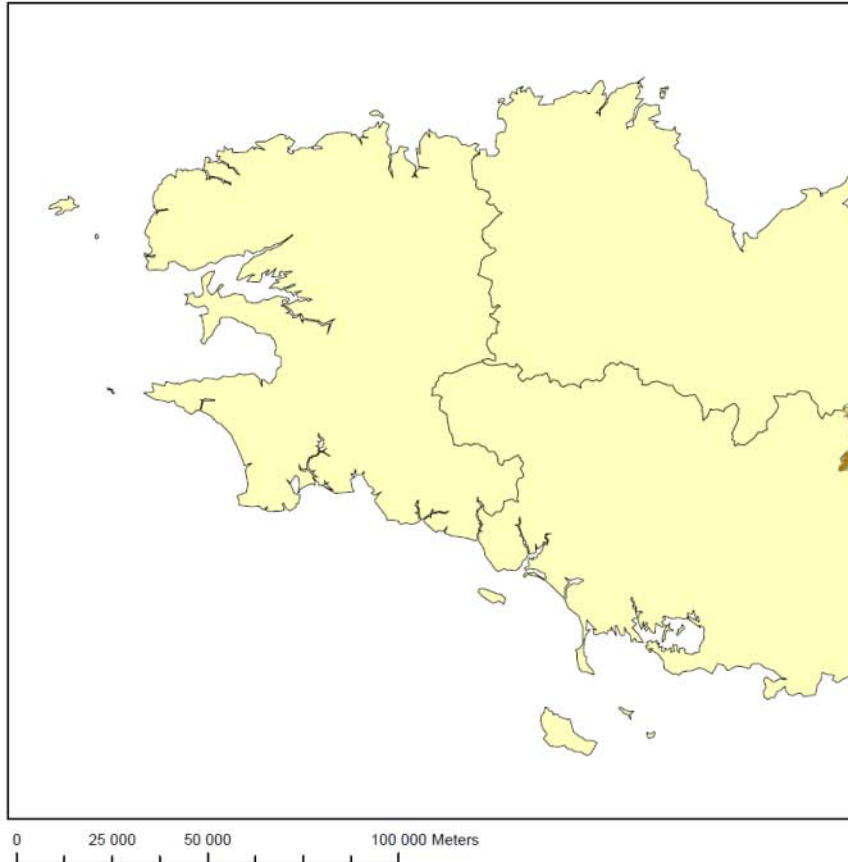
# Partie I

## Présentation des méthodes



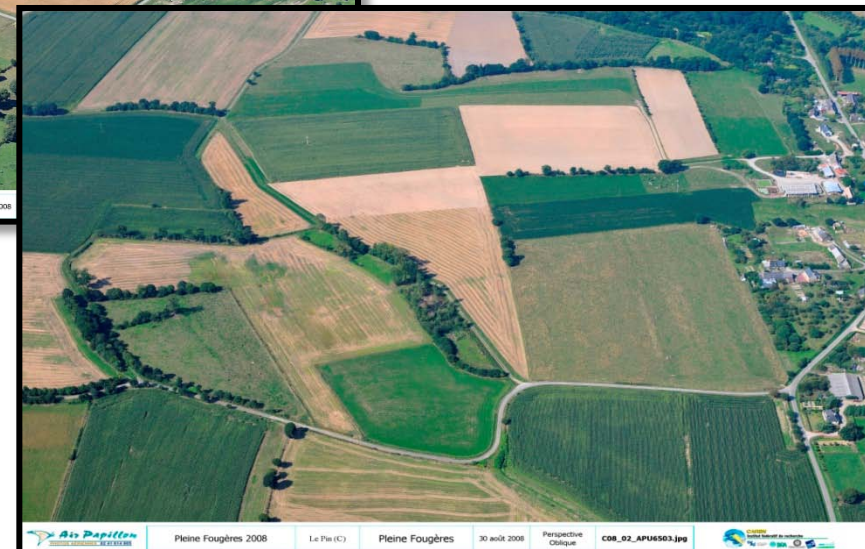
## Zone d'étude : Zone Atelier

- Région agricole de polyculture -
- Paysages bocagers typiques de



## Zone d'étude : Zone Atelier Armorique

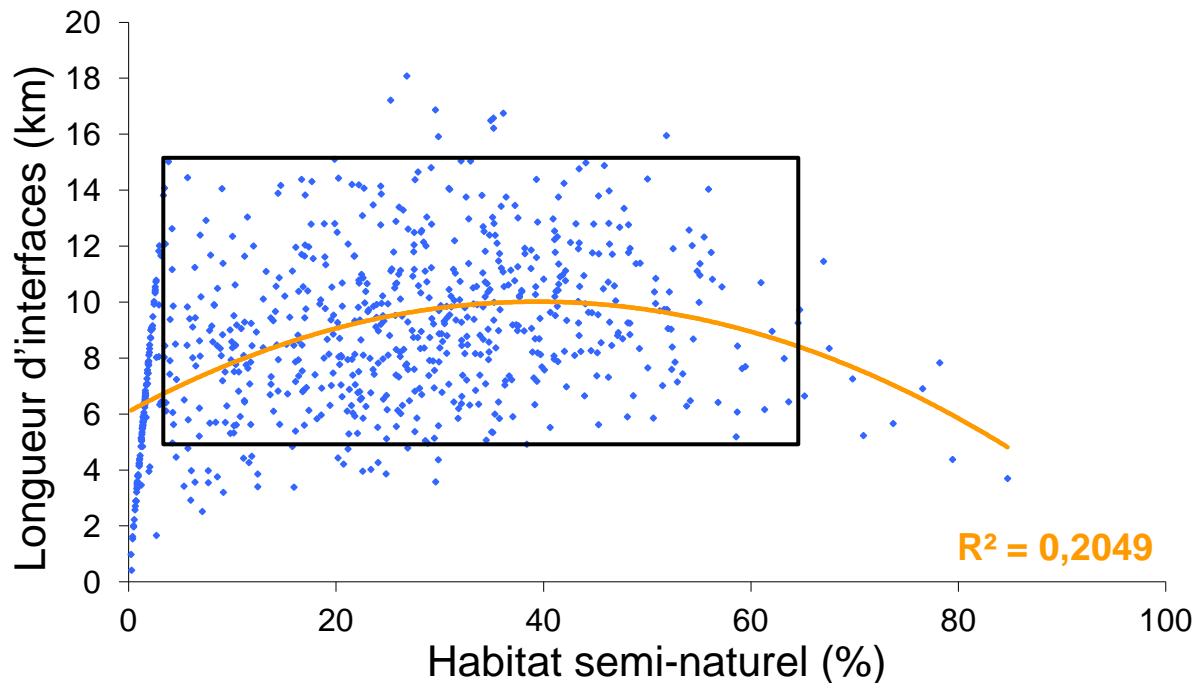
- Gradient de paysages important  
Bocage dense → zone remembrée
- Pas de véritables paysages d'openfield





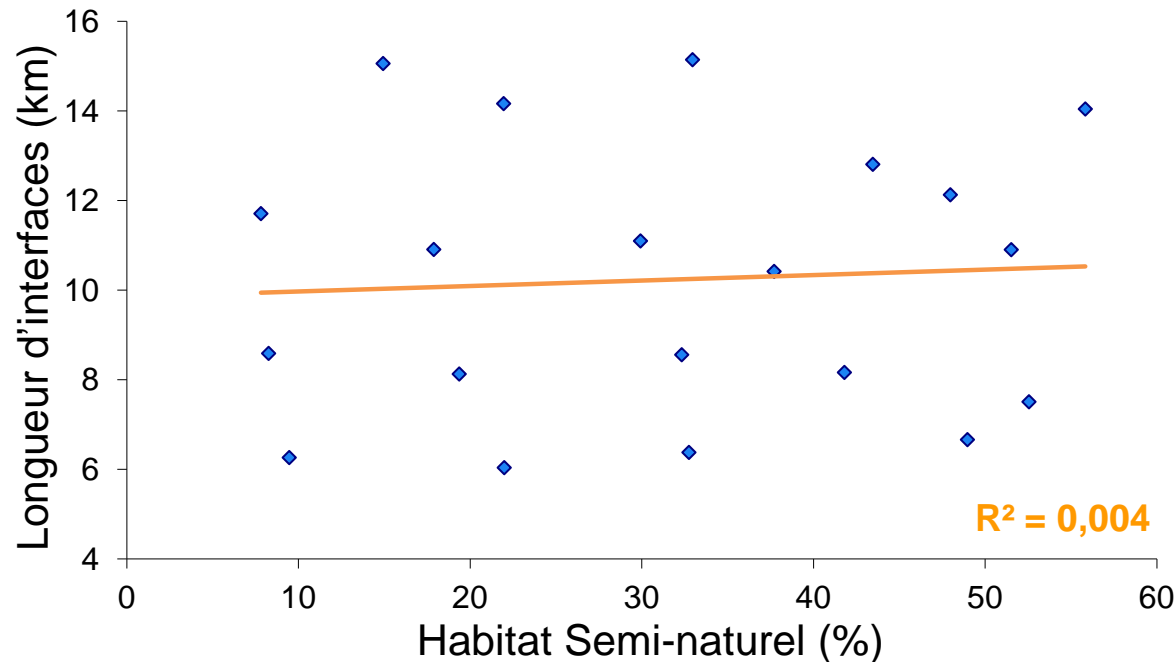
## Approche pseudo-expérimentale

- Méthode aléatoire
  - corrélation "naturelle" entre composition et configuration
  - méthodes statistiques peu performantes (*Smith et al., 2009*)
  
- Approche pseudo-expérimentale (*Pasher et al. 2013*) :
  1. Minimiser la corrélation
  2. Maximiser la variance des deux gradients
  3. Réduire l'autocorrélation spatial (paysages non-superposés)



## Approche pseudo-expérimentale

- Méthode aléatoire
  - corrélation "naturelle" entre composition et configuration
  - méthodes statistiques peu performantes (*Smith et al., 2009*)
- Approche pseudo-expérimentale (*Pasher et al. 2013*) :
  1. Minimiser la corrélation
  2. Maximiser la variance des deux gradients
  3. Réduire l'autocorrélation spatial (paysages non-superposés)



## Choix des groupes étudiés

- Plantes vasculaires et coléoptères carabiques
- Deux groupes assurant des services éco-systémiques
- Deux groupes qui répondent à l'hétérogénéité du paysage  
(Billeter et al. 2008; Hendrickx et al. 2009; Liira et al. 2008)
- Bonne connaissance de l'écologie des espèces
  - traits fonctionnels identifiés et caractérisés
  - grande variété fonctionnelle



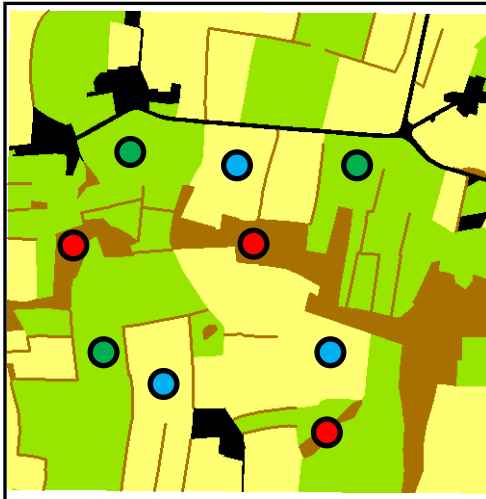
## Les interfaces comme indicateurs de la configuration

- Délimitation linéaire entre deux éléments paysagers adjacents
- La diversité des habitats crée une diversité d'interfaces
  - Potentiellement différentes fonctions écologiques
- Interfaces jouent sur la dispersion et la complémentation ("spillover")
- Eventuel effet négatif → effet fragmentation



## Partie II

Quels sont les effets de l'hétérogénéité paysagère sur la diversité gamma des carabes et plantes ?



## Partie II

# Etude de l'effet de l'hétérogénéité paysagère sur la diversité gamma

### **Sous-question 1**

Quels sont les effets relatifs et indépendants de la composition et de la configuration, mesurés sur différentes représentations paysagères ?

### **Sous-question 2**

L'hétérogénéité paysagère a-t-elle un rôle de filtre écologique, selon des traits fonctionnels ?

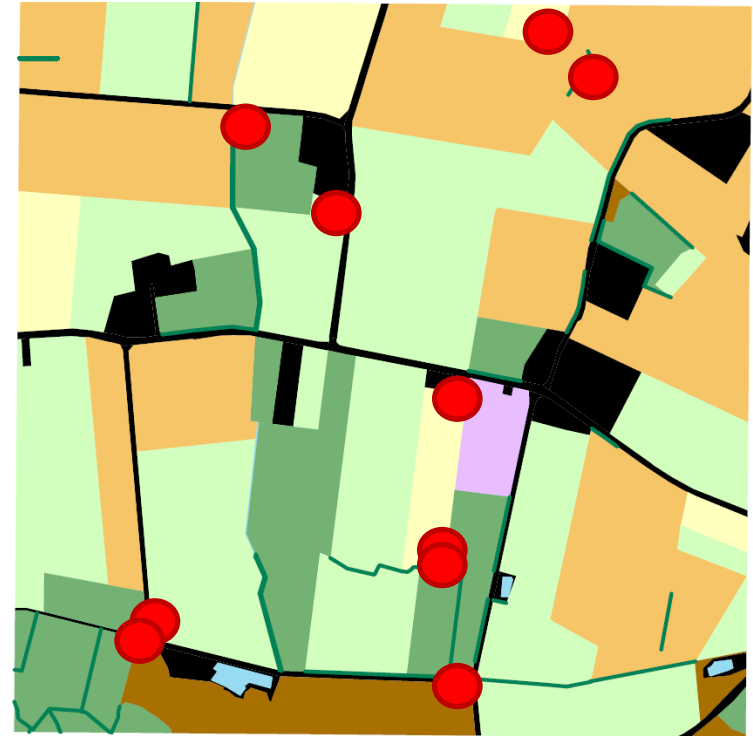
## Protocole expérimental (commun chapitre 1&2)

- Sélection de 20 sites d'étude
  - 20 paysages de 1km<sup>2</sup>
  - approche pseudo-expérimentale
- Evaluation de la diversité gamma
  - Coléoptères carabiques (pièges Barber)
  - Plantes vasculaires (quadrats)



## Protocole expérimental (commun chapitre 1&2)

- Sélection de 20 sites d'étude
  - 20 paysages de 1km<sup>2</sup>
  - approche pseudo-expérimentale
  
- Evaluation de la diversité gamma
  - Coléoptères carabiques (pièges Barber)
  - Plantes vasculaires (quadrats)
  
- Plan d'échantillonnage stratifié
  - 2 réplifications pour 5 types d'habitat
    - Bois
    - Haie
    - Prairie permanente
    - Prairie temporaire
    - Céréale d'hiver (blé)

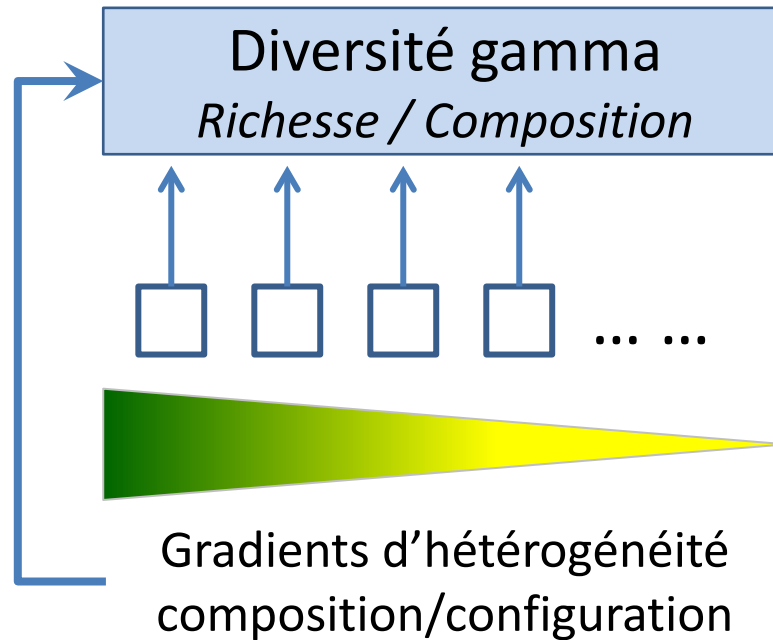


→ 10 points d'échantillonnage / paysage = 200 relevés par modèle



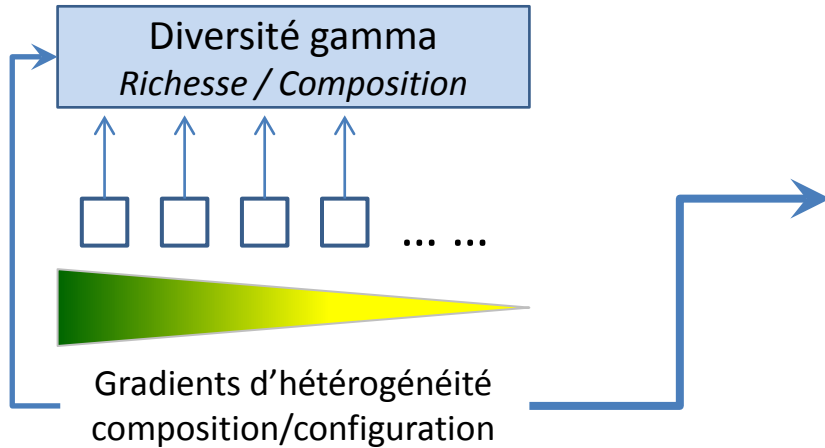
## Sous-question 1

Quels sont les effets relatifs et indépendants de la composition et de la configuration, mesurés sur différentes représentations paysagères ?



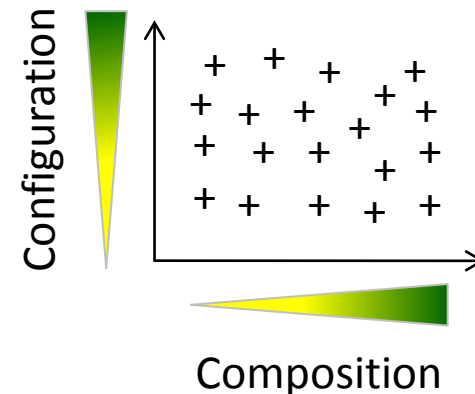
## Sous-question 1

Quels sont les effets relatifs et indépendants de la composition et de la configuration, mesurés sur différentes représentations paysagères ?



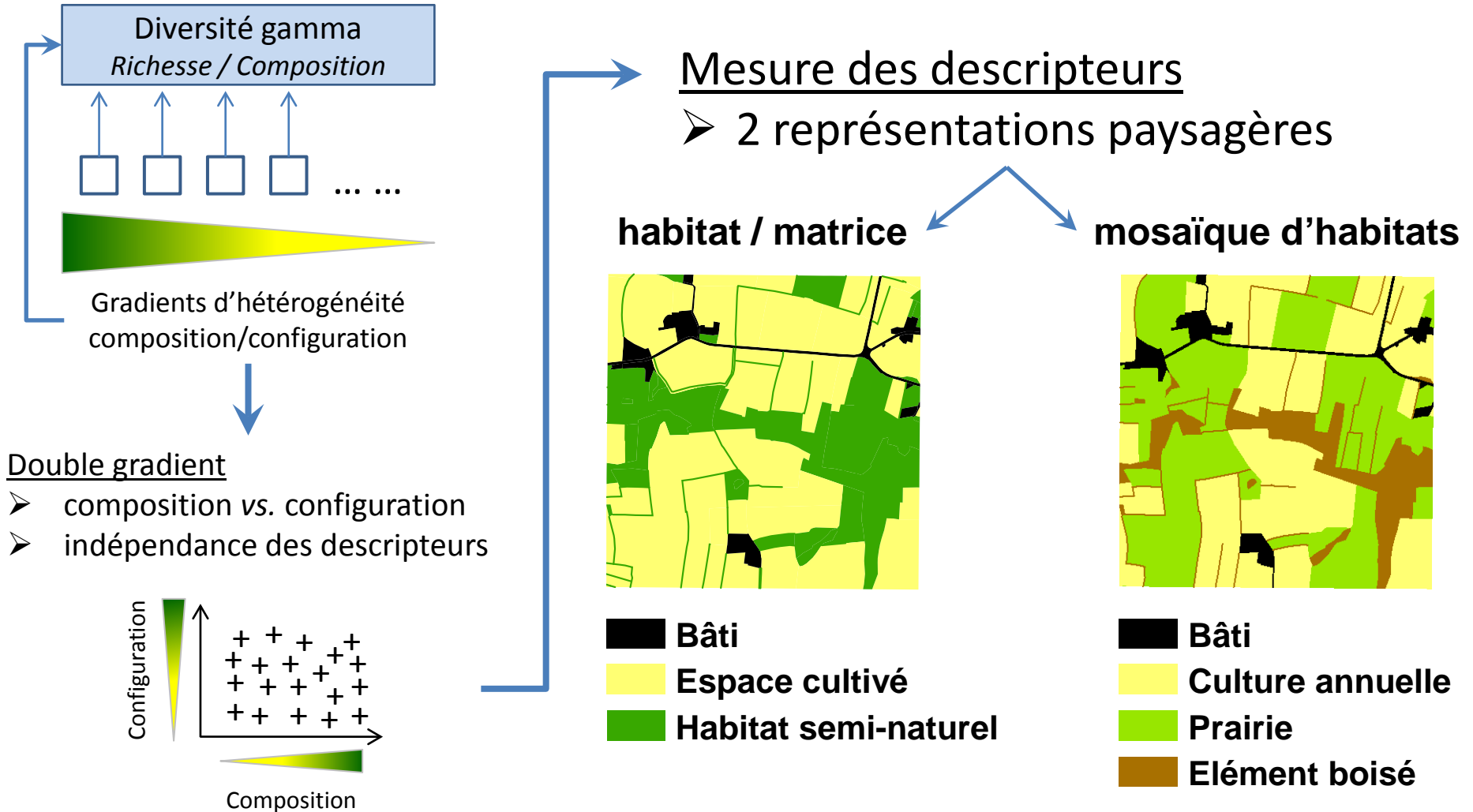
## Double gradient

- composition vs. configuration
- indépendance des descripteurs

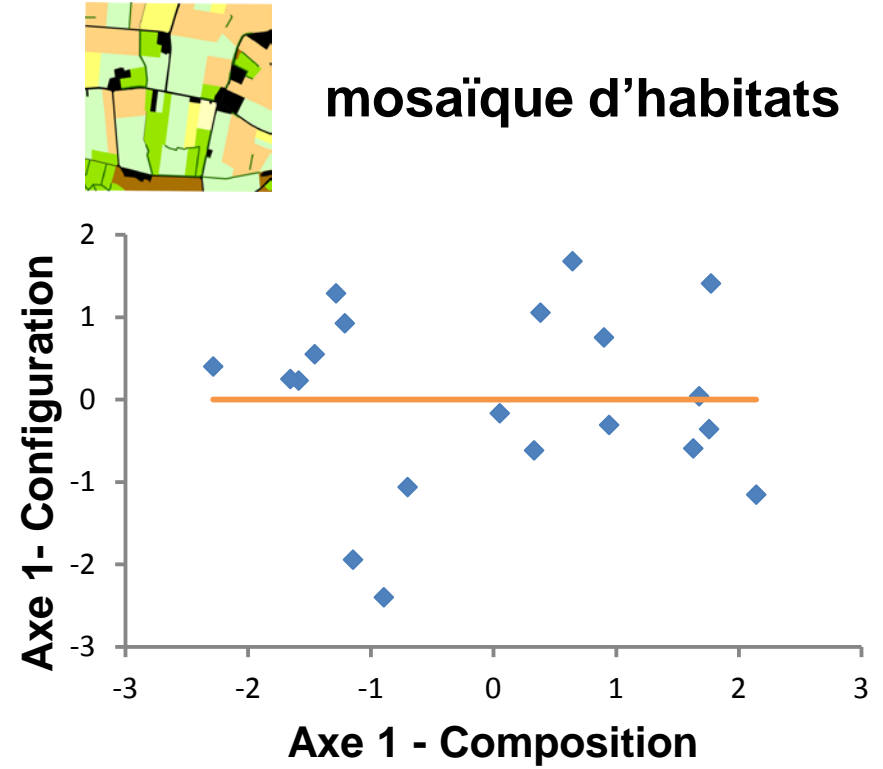
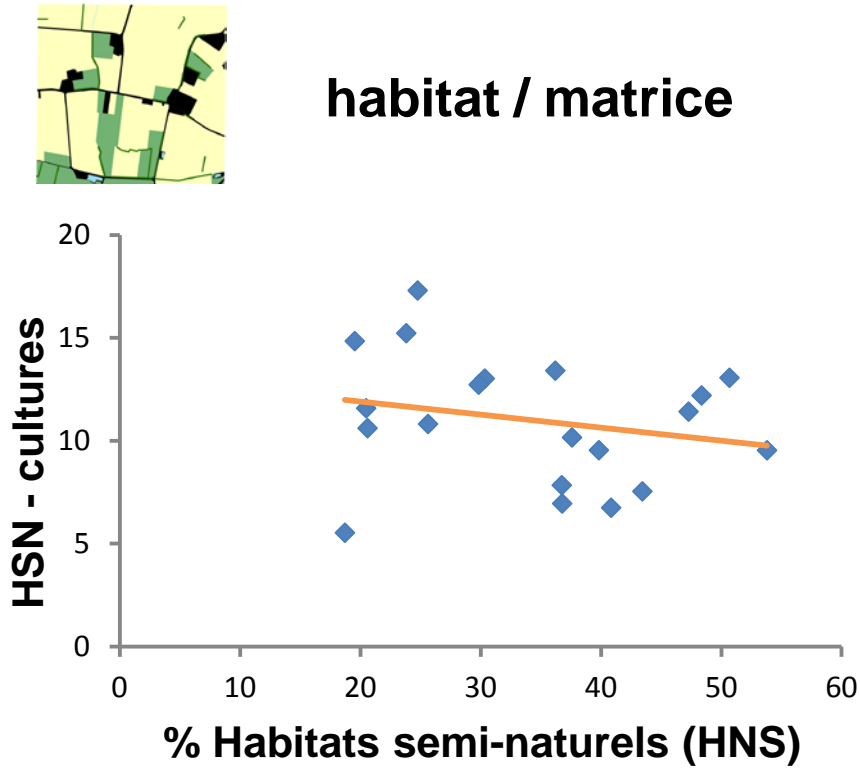


## Sous-question 1

Quels sont les effets relatifs et indépendants de la composition et de la configuration, mesurés sur différentes représentations paysagères ?



## Méthode : Descripteurs paysagers et de biodiversité



- **Indicateurs de biodiversité** (diversité gamma)
  - Richesse spécifique (nombre d'espèces)
  - Dissimilarité (composition spécifique)

## Résultats



habitat / matrice



mosaïque d'habitats

### Richesse spécifique

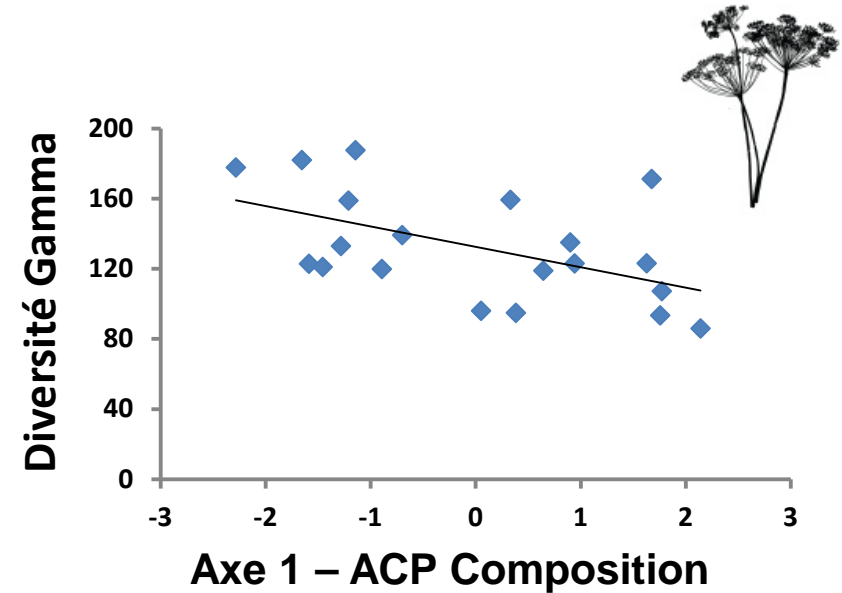
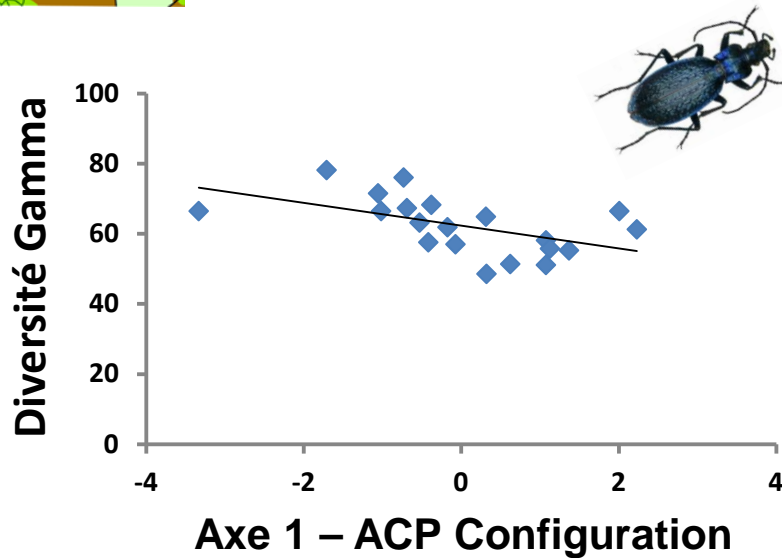
→ Pas d'effet significatif des HSN

- Effet configuration sur les carabes
- Effet composition sur les plantes

## Résultats : Richesse spécifique



mosaïque d'habitats



*Prairie - Culture* → *Bois - Culture*  
*Bois - Prairie*

*Prairie* → *Culture*  
*Bois*

Effet + interfaces Prairie – Culture → diversité gamma des carabes

Effet – cultures annuelles → diversité gamma des plantes

## Résultats



habitat / matrice



mosaïque d'habitats

### Richesse spécifique

→ Pas d'effet significatif des HSN

- Effet configuration sur les carabes
- Effet composition sur les plantes

### Dissimilarité

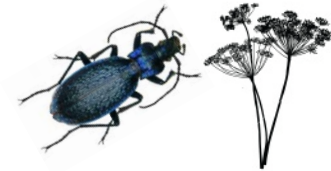
- Effet de la composition
  - % HSN → composition spécifique



- Pas d'effet sur les plantes

- Effet de la composition
 

*Prairie*  
*Bois* → *Culture*



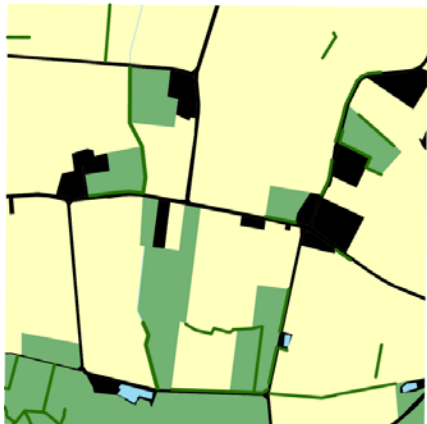
- Effet de la configuration
 

*Prairie - Culture* → *Bois - Culture*  
*Bois - Prairie*



## Discussion : Quelle représentation paysagère ?

- Représentation en mosaïque semble plus pertinente
  - Pour les carabes et les plantes
  - Reflète mieux la perception des paysages
  - Représentation plus fonctionnelle



- Limites des résultats
  - Gradient plus faible que la plupart des études  
→ Manque des paysages d'openfield
  - Définition des prairies permanentes
  - Pratiques souvent similaires sur PP et PT  
→ Fauche, pâturage, fertilisation



## Discussion : Quels mécanismes de réponse ?



### Composition

Composition paysagère → composition spécifique

- Effet filtre

- % cultures ↘ richesse spécifique
- quantité/surface d'habitats riches
- Interventions agricoles

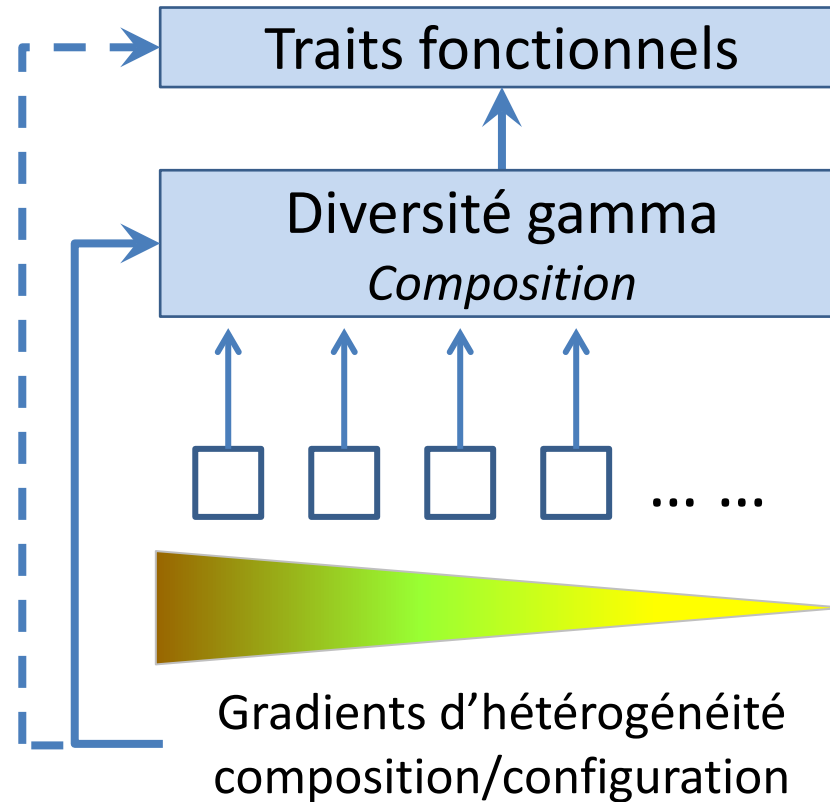
### Configuration

Interfaces Prairie - Culture

- Effet refuge des prairies
- Effet filtre

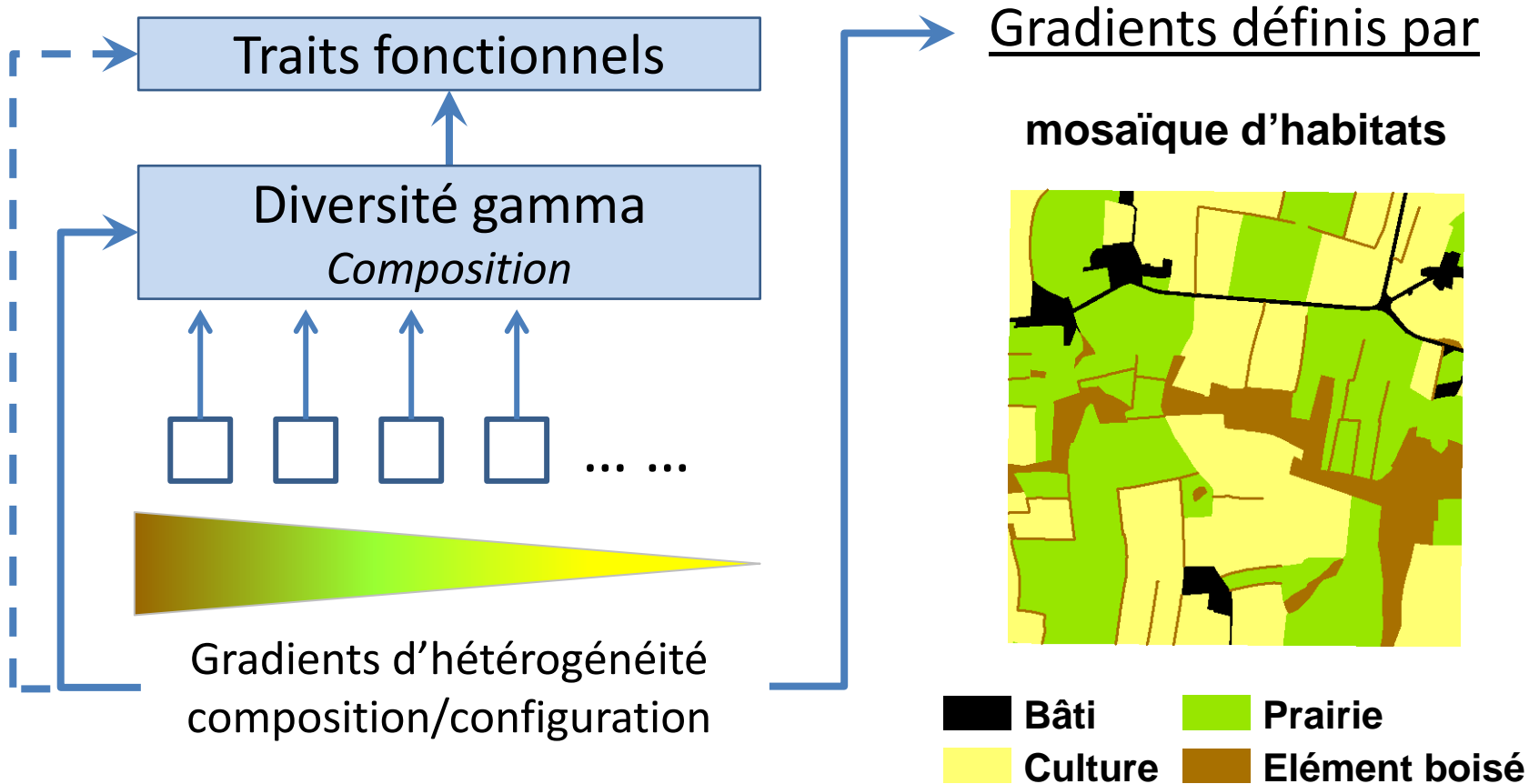
## Sous-question 2

L'hétérogénéité paysagère a-t-elle un rôle de filtre écologique, selon des traits fonctionnels ?



## Sous-question 2

L'hétérogénéité paysagère a-t-elle un rôle de filtre écologique, selon des traits fonctionnels ?





## Résultats : Influence du paysage sur la phénologie

- Plantes et carabes montrent des réponses similaires



**Paysage ouvert**

**Paysage boisé**



Reproducteur de printemps

Reproducteur d'automne



Période de floraison Mai-Juin

Période de floraison Juil.-Sept.

+

-

+

-

-

+

-

+

(Résultats RLQ et Fourth Corner)

**Espèces précoces**

**Espèces tardives**

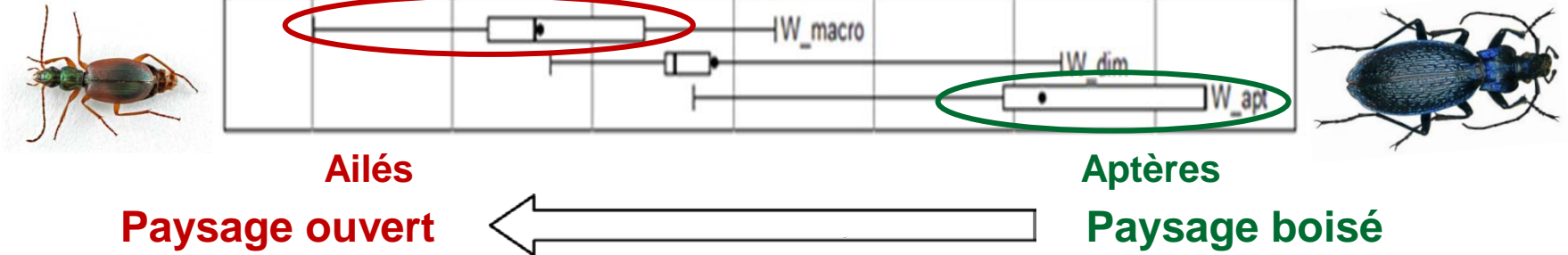
- Paysages ouverts → habitats plus instables (rotations, interventions)
- Se reproduire avant la plupart des interventions agricoles au printemps (fauches, labours, récoltes, utilisation d'herbicides)

## Résultats : Influence du paysage sur la dispersion

**Forte dispersion**

Systeme alaire

**Faible dispersion**



- **Paysage ouvert**

- ↗ carabes avec une plus forte capacité de dispersion
- Adaptés à des habitats éphémères avec une dynamique rapide

- **Paysage boisé**

- ↗ disponibilité en habitats stables
- favorable aux carabes ayant des capacités de dispersion faibles



Pas d'effet de l'hétérogénéité spatiale sur le mode de dispersion des plantes (anémochorie / zoochorie / barochorie)

## Conclusion / Discussion

- Rôle de filtre écologique de l'hétérogénéité
  - Composition et configuration sont impliquées
  - Sélectionne les groupes fonctionnels
  
- Processus de sélection des espèces : l'ouverture du paysage
  - Reproduction précoce et capacité de dispersion forte  
→ adaptées aux paysages instables
  
- Résultats cohérents entre diversité spécifique et fonctionnelle
  - Diversité des plantes → composition
  - Diversité des carabes → composition et configuration
  - Réponse générique / robustesse du résultat

## Partie III

L'hétérogénéité spatio-temporelle des cultures annuelles contribue-t-elle à la diversité des carabes?





## Culture d'hiver vs. culture de printemps

Début juin



Fin juin



Fin juillet



Début juillet

Développement asynchrone des blés et maïs

→ offrent un habitat favorable à différents moments de l'année

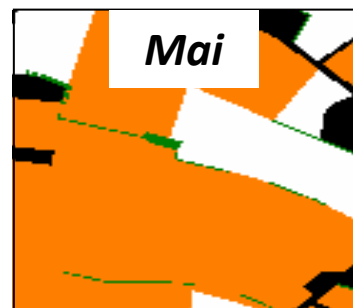
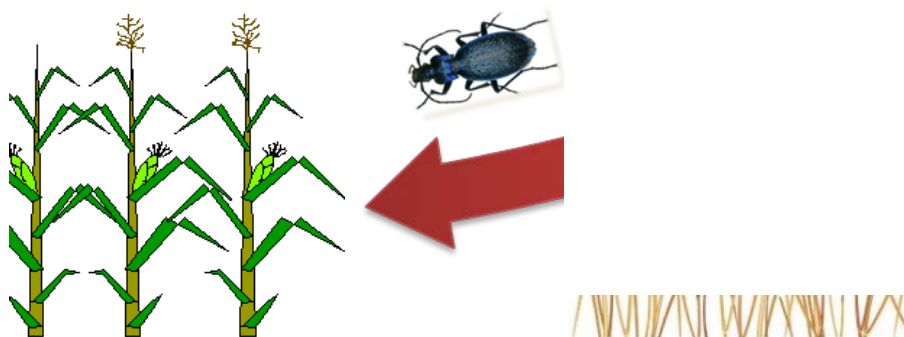
## Complémentation entre blé et maïs

- Hétérogénéité intra-annuelle

→ Effet sur les communautés de carabes de cultures annuelles

- Hypothèse

→ Il y a une complémentarité entre le blé et le maïs



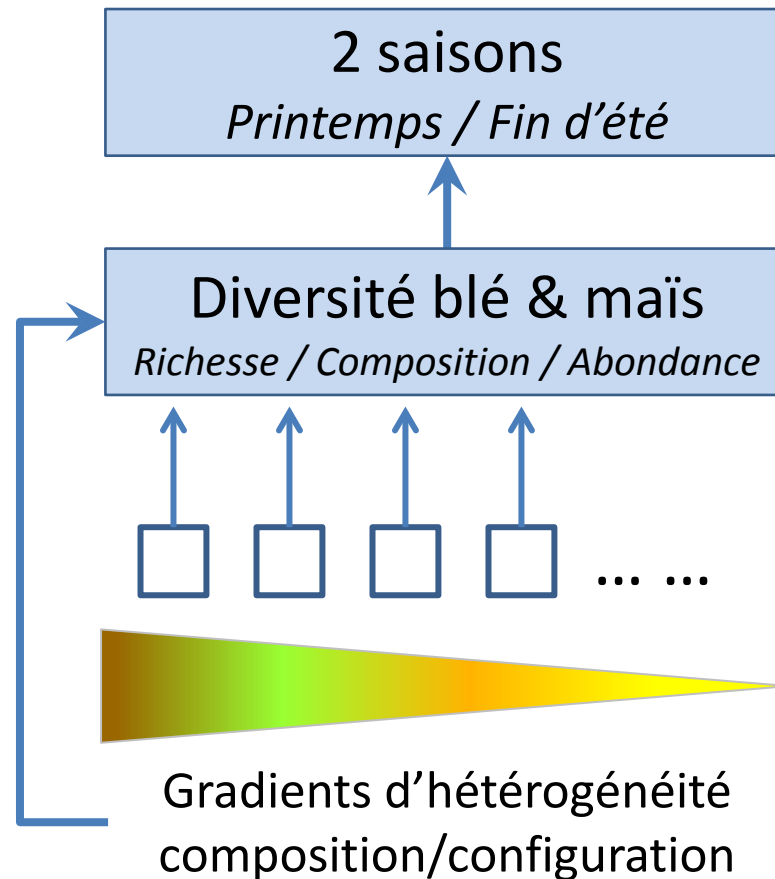
□ sol nu      ■ couvert dense

### Effets attendus au niveau du paysage

- proportions relatives entre blés et maïs (composition)
- longueur des interfaces entre blés et maïs (configuration)

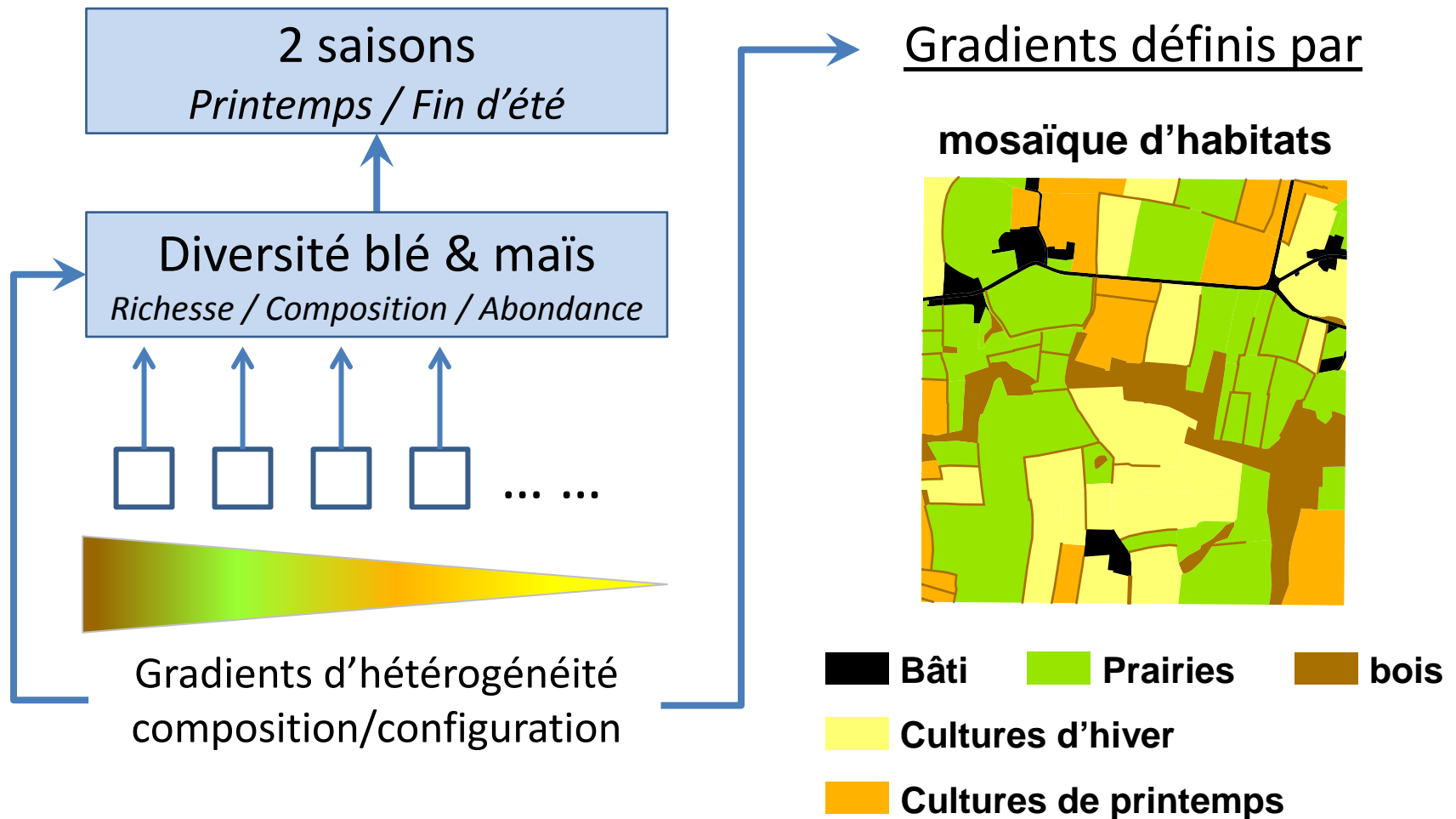
### Partie III

L'hétérogénéité spatio-temporelle des cultures annuelles contribue-t-elle à la diversité des carabes ?



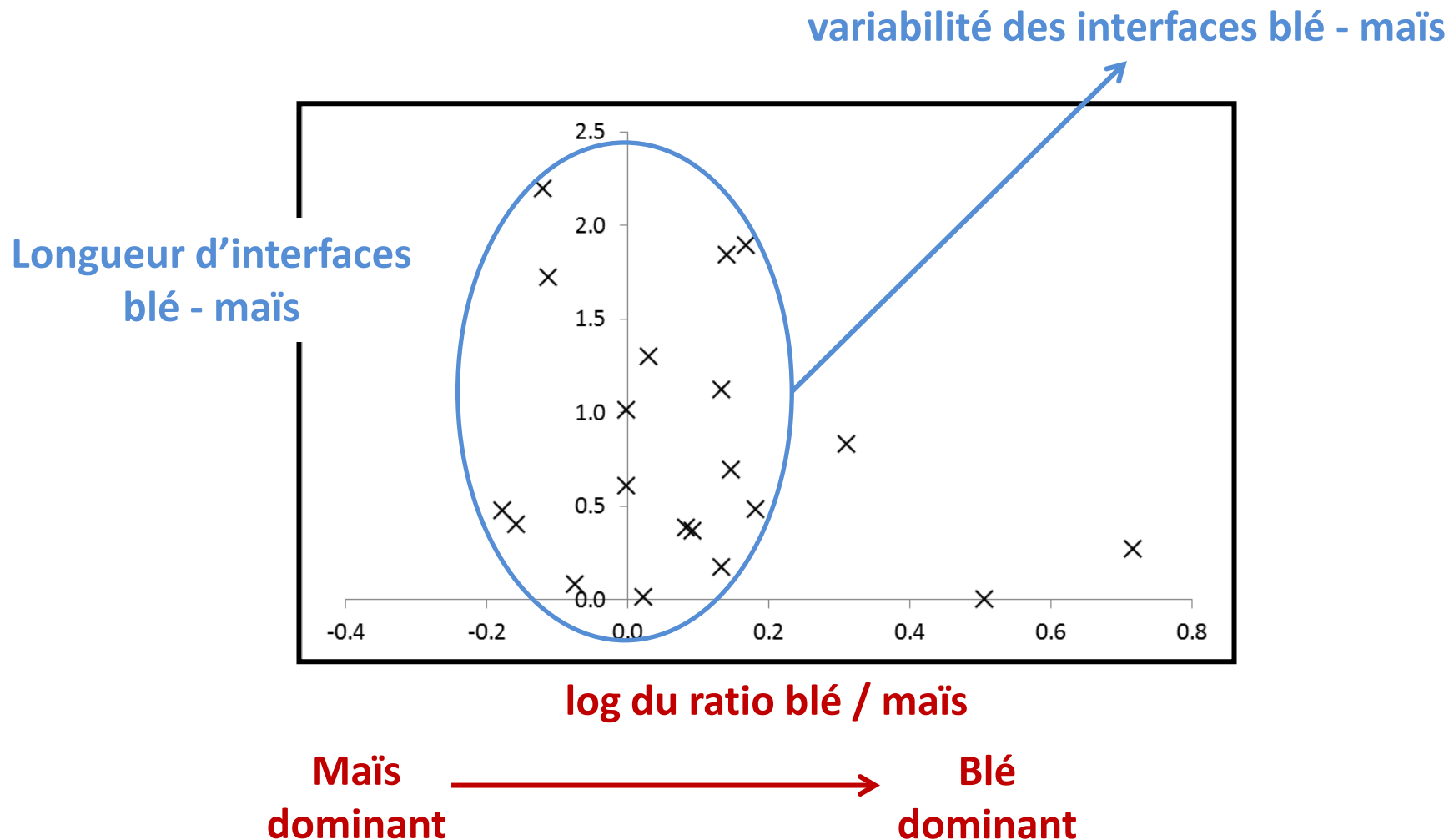
### Partie III

L'hétérogénéité spatio-temporelle des cultures annuelles contribue-t-elle à la diversité des carabes ?



## Méthodes : Sélection des sites d'étude

- gradient de **composition** / **configuration** des cultures annuelles
  - 20 paysages de 1km<sup>2</sup>



## Méthode : Protocole expérimental

- Etude des communautés de carabes des deux types de cultures



- Deux périodes d'échantillonnage
  - printemps : blé et maïs
  - fin d'été : maïs

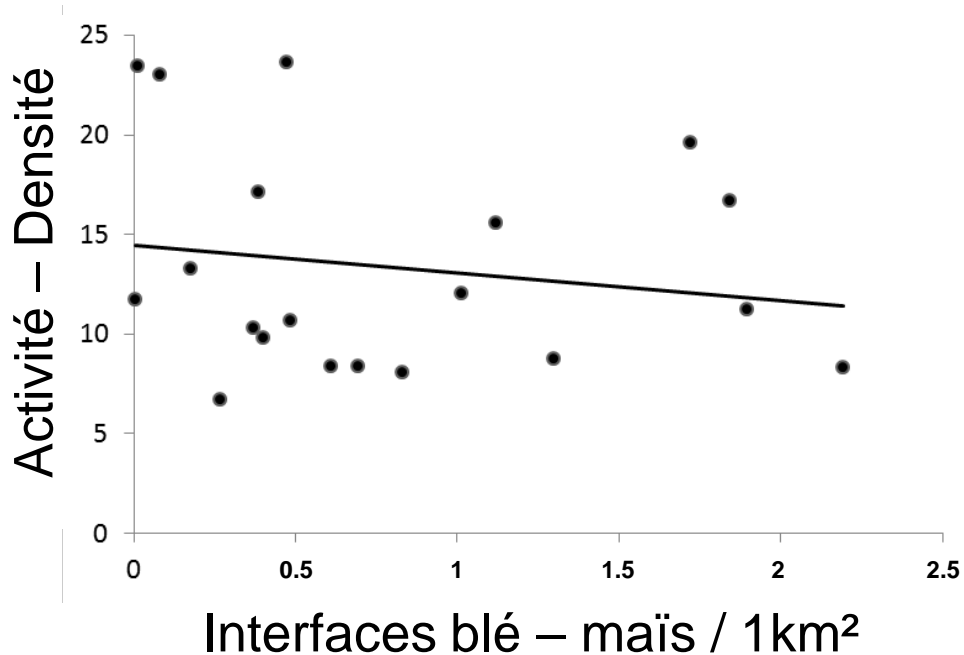


- Prise en compte des éléments boisés et prairiaux



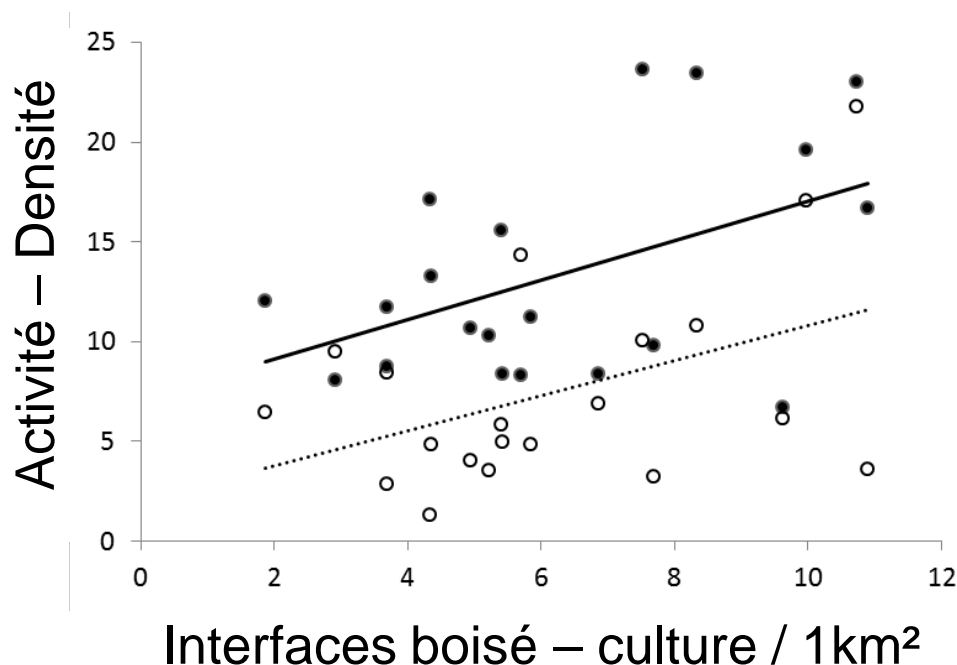
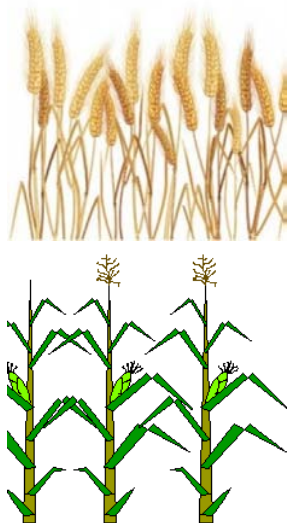
- ratio blé / maïs + longueur d'interfaces blé - maïs
- proportion relative : % boisés ; % prairies
- interfaces :
  - bois - culture ; prairie – culture ; boisé - prairie

## Résultats : Effet du paysage au printemps



- Effet puits des maïs sur les communautés présentes dans des blés
  - communautés riches et abondantes des blés
- Beaucoup d'espèces partagées entre blé et maïs
  - certaines ont une préférence pour les maïs (+ abondance)
  - les maïs seraient donc également un habitat particulier au printemps

## Résultats : Effet du paysage au printemps

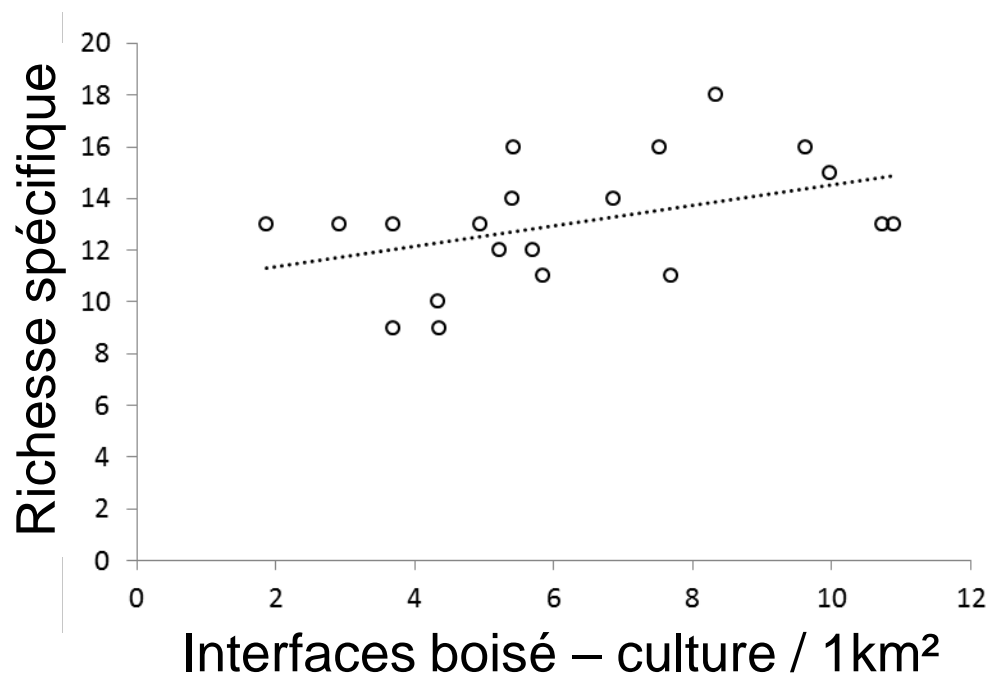
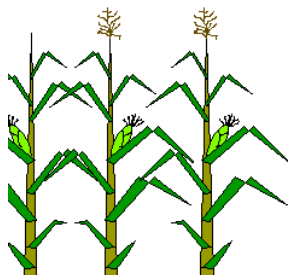


- Interfaces boisé-culture
  - Effet positif sur l'activité-densité du blé et du maïs
  - Importance de ces adjacences pour les carabes de cultures
- Cohérent avec la connaissance de l'écologie des carabes de cultures
  - Nombreuses espèces hibernent dans les haies / lisières de bois



## Résultats : Effet du paysage à la fin été dans les maïs

- Pas d'effet des descripteurs paysagers des cultures  
→ ne traduit pas d'effet de complémentation



- Apparition à cette période d'espèces dites forestières et tardives
  - Colonisation des maïs par ces espèces via les interfaces boisé - culture
- La plupart des espèces disparaissent entre les deux saisons

## Conclusions / Discussion

- Pas de complémentation spatio-temporelle observée  
→ variation entre saisons surtout expliquée par la phénologie
- Mais différentes espèces utilisent les blés et les maïs  
→ Contribuent à la diversité au niveau du paysage  
→ Maïs favorables dès le printemps pour certaines espèces
- Possible effet puits des maïs sur les populations de carabes des blés  
→ probables mouvements aux interfaces blé – maïs au printemps

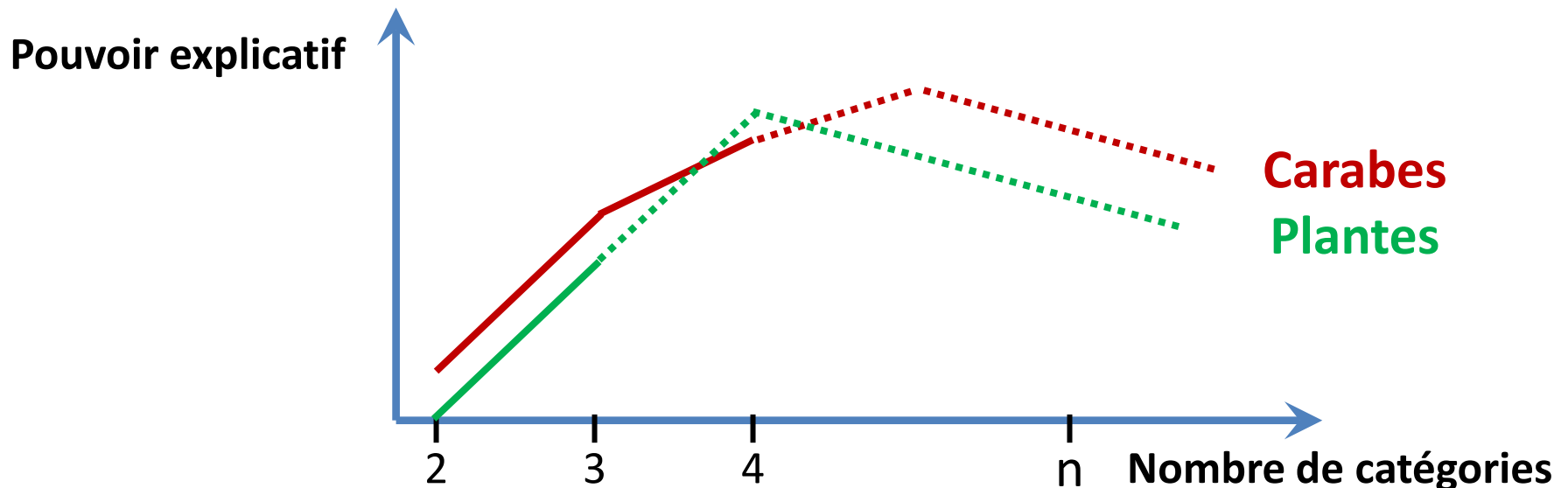
# Partie IV

## Conclusion / discussion générale



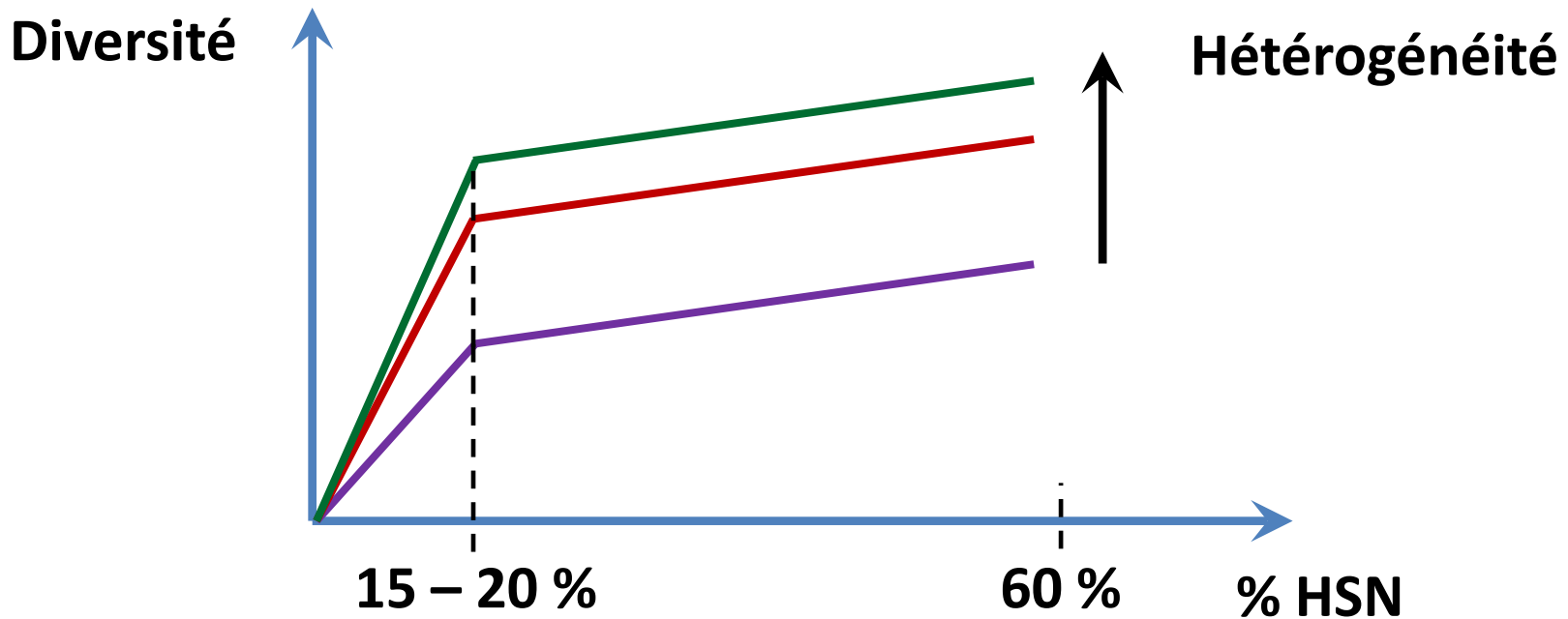
## Représentation paysagère : quel niveau de détail ?

- Représentation en mosaïque d'habitats plus fonctionnelle
    - A condition de créer des catégories d'habitats de manière fonctionnelle
    - Affiner la représentation en prenant en compte des pratiques agricoles
      - distinguer deux catégories de prairies : e.g. extensive vs. intensive (Age, fauche, pâturage, fertilisation)
      - distinguer des catégories de cultures par rapport au travail du sol
- (Vasseur et al. 2013; Gaujour et al. 2012; Purvis et al. 2002)*



## Rôle des habitats semi-naturels

- Pas d'effet observé des habitats semi-naturels sur la diversité gamma
  - gamme de paysages entre 15 et 55 % d'habitats semi-naturels

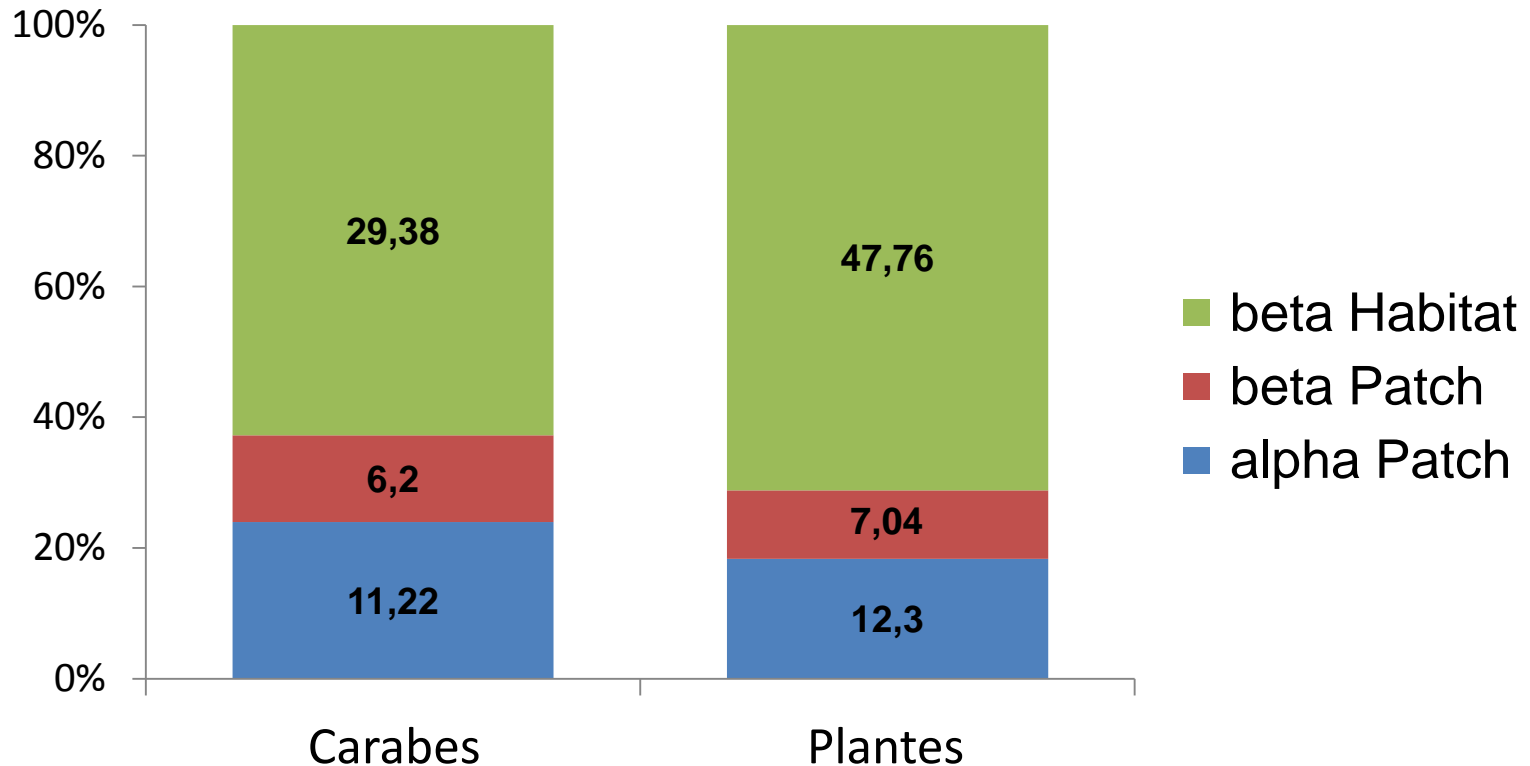


## Implications potentielles pour l'aménagement

- Possibilités d'actions pour maintenir la diversité
  - Carabes → Favoriser les adjacences entre éléments (Prairie – Culture)  
→ Hétérogénéité spatio-temporelle des cultures
  - Plantes → Valoriser la diversité dans les bois et les prairies
  
- Différents paysages profitent à différents groupes d'espèces
  - Maintenir une diversité de paysages au niveau régional
  
- Outils réglementaires :
  - PAC → Pilier I : Verdissement  
(Diversification des cultures, infrastructures écologiques)  
  
→ Pilier II : MAE territorialisé  
  
→ Peu de possibilités pour l'organisation spatiale  
→ Mobiliser des agriculteurs sur un territoire (concertation)
  - TVB → Pour le moment centrée sur les habitats semi-naturels  
→ Étendre à l'espace cultivé ?

## Perspectives

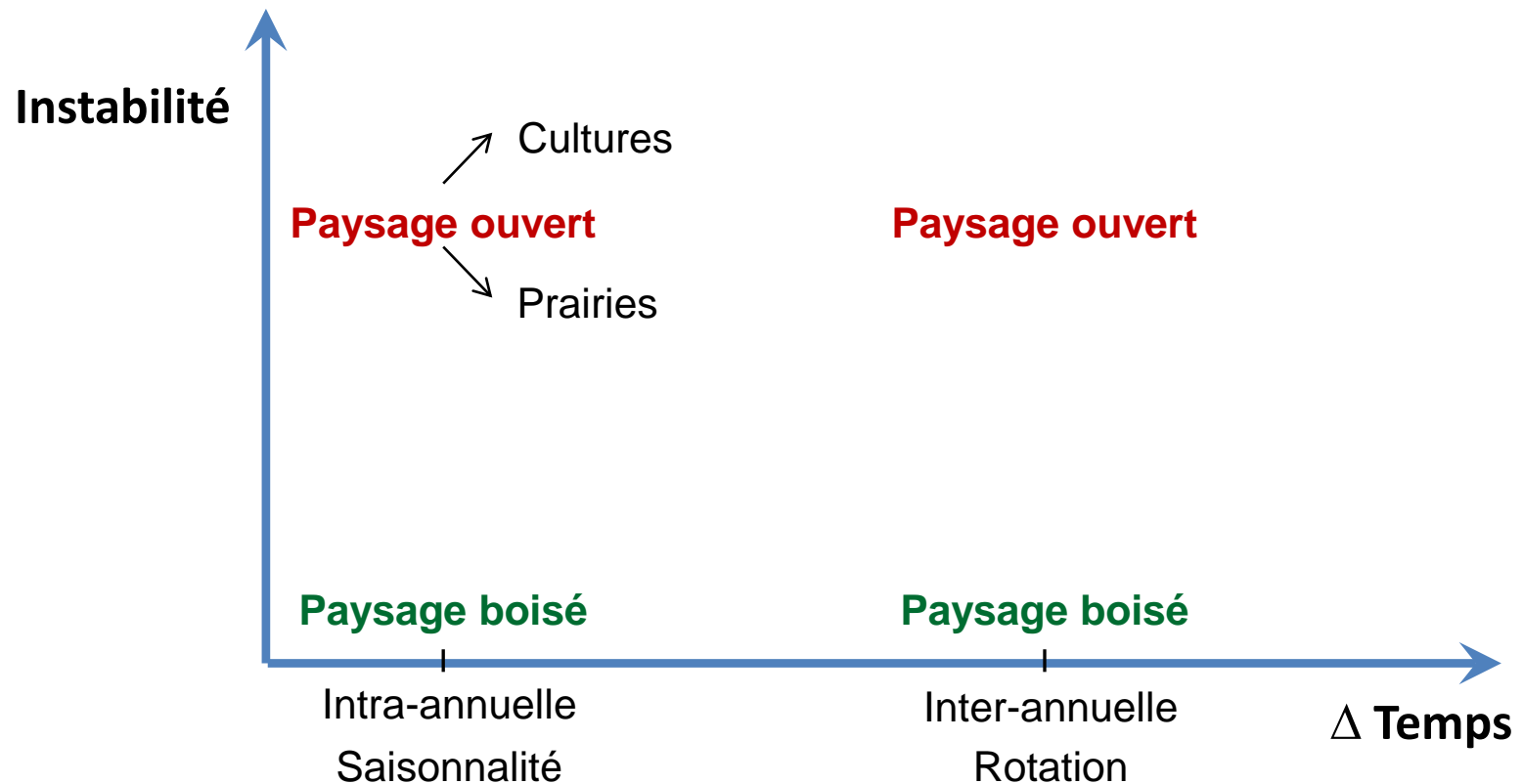
- Importance de la diversité beta (*Tscharntke, 2012*)
  - Dominance de la contribution de la diversité beta sur le gamma



- Ces proportions changent-elles en fonction de l'hétérogénéité?

## Perspectives

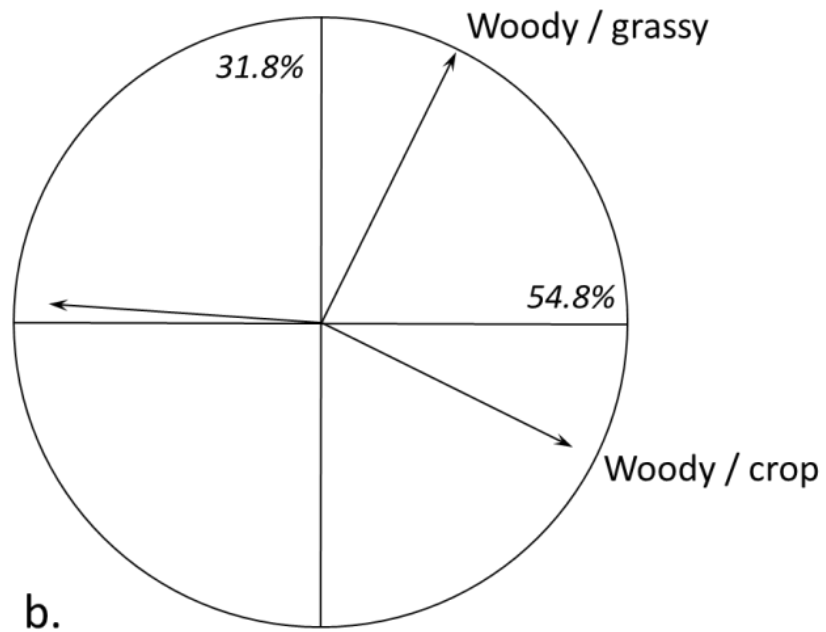
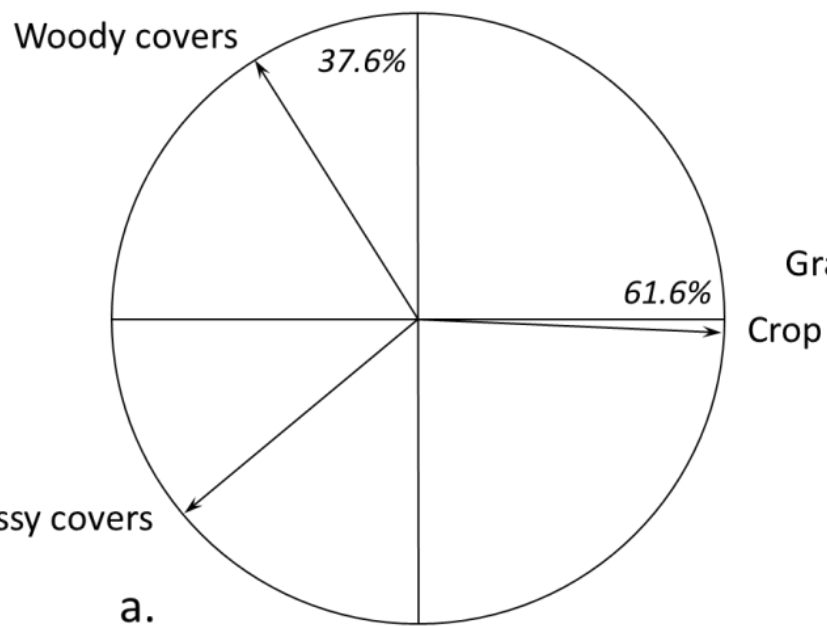
- Méthodes directes, intérêt de travailler sur les mécanismes  
→ par exemple l'étude des flux (piège interception – piège à graines)
- Mesure des effets de l'hétérogénéité temporelle sur la biodiversité





# Merci

Françoise B. Aude Stéphanie Camille Anne-Kristelle Colette Agnès  
Alain Jean Yann Julie Cendrine Bénédicte Gilles Ivana Romain Flore  
Ambre Laure Lénore Adam Amanda Joanna Pauline Bernard  
Alexandre Sandrine Didier A. Didier G. Françoise L. Jean-Luc  
Olivier Isabelle Sandra Valérie Chloé Diab Lisa Thiago  
Maxime Hervé David Kevin Benoit Grégoire Assu  
Margot Bernadette Claudine Jacques Ghislaine ... ..



Composition 62 %  
Configuration 55%

