



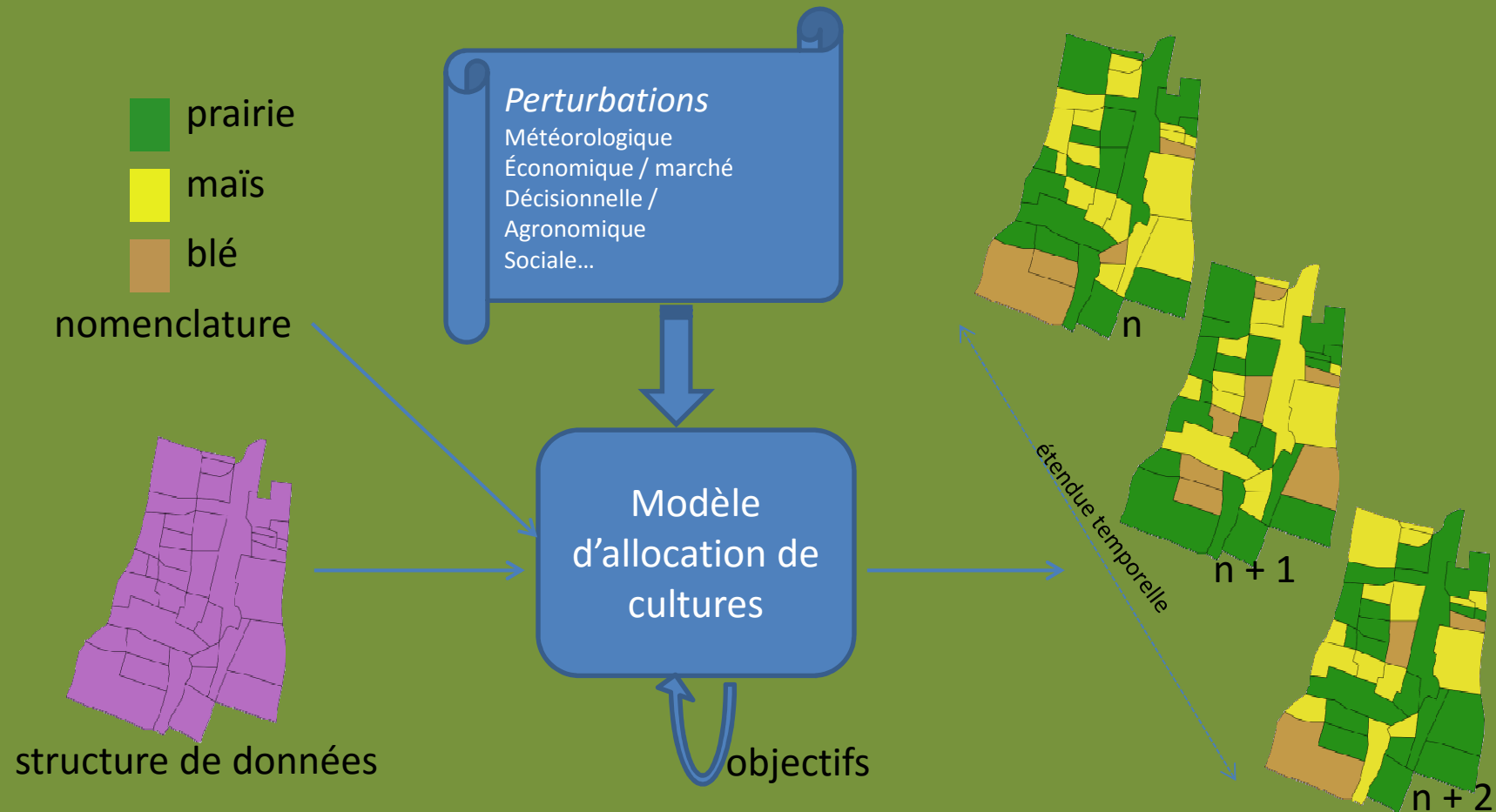
CAPFarm, un simulateur d'allocation de couverts à l'échelle du paysage, intégrant le fonctionnement des exploitations agricoles

Hugues BOUSSARD – informaticien – unité SAD-Paysage
Bénédicte ROCHE, Alexandre JOANNON et Gilles MARTEL

Le contexte

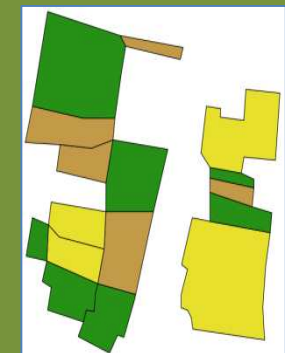
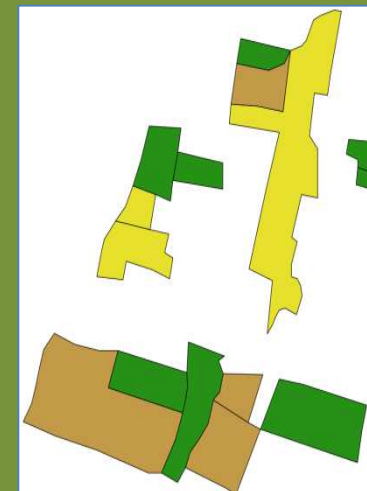
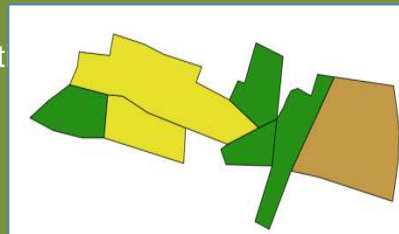
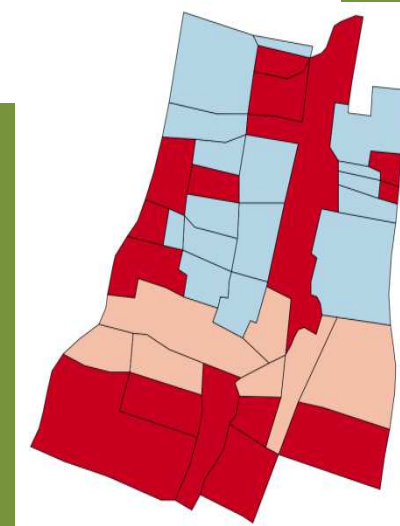
- La dynamique des couverts dans les paysages agricoles est un facteur important de divers processus environnementaux (risques d'érosion, continuités écologiques, qualité de l'eau...) → Gérer ces processus environnementaux suppose de prendre en compte, voire de prévoir cette dynamique des couverts agricoles (cultures annuelles et pérennes).
- Les agriculteurs implantent ces couverts au niveau de leur exploitation pour chacune de leurs parcelles, de manière variée selon
 - 1) leur système de production
 - 2) leur territoire d'exploitation.→ importance de l'échelle de l'EA
- Pour simuler la dynamique des couverts il existe une diversité d'outils mobilisés à des fins de prospectives par la communauté des "land-use and land-cover change". Mais ces outils ne prennent pas tous en compte l'échelle de l'exploitation agricole.
 - Certains ne l'intègrent pas du tout, simulant l'allocation de couvert sur des parcelles sans référence à son appartenance à une exploitation. Cela limite le réalisme des simulations générées.
 - Les outils qui simulent explicitement le fonctionnement de l'exploitation sont réalistes mais fréquemment très fins et ainsi difficilement mobilisables à l'échelle du paysage.

Présentation générale des modèles d'allocation de cultures



Pourquoi s'intéresser à l'échelle exploitation agricole

- ❖ Principale échelle de décision et d'action dans les paysages agricoles
- ❖ Permet d'intégrer du réalisme dans les simulations de couverts produites
 - réduction du domaine des possibles
- ❖ Individualiser les problématiques d'allocations et leur conséquences environnementales
 - étudier la contribution



L'objectif

- développer un simulateur d'allocation de couverts pluriannuel à l'échelle du paysage, qui intègre explicitement le fonctionnement de l'exploitation.
 - générer des simulations réalistes qui puissent prendre en compte la diversité des systèmes de production dans un paysage agricole.

La stratégie

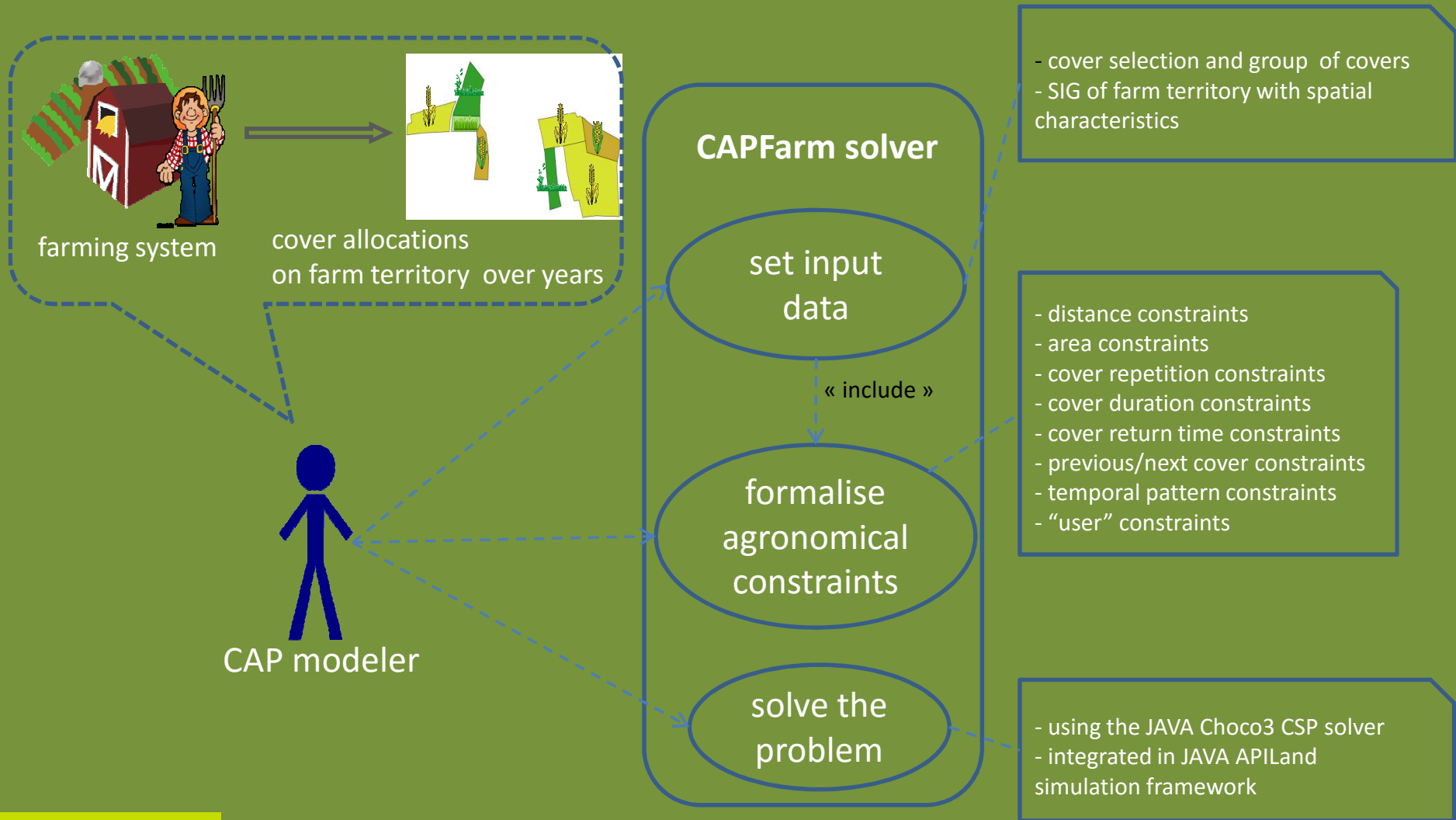
Pour simuler le fonctionnement des exploitations agricoles nous avons choisi le formalisme des CAP (Akplogan et al.) pour lequel allouer des couverts revient à respecter un jeu de contraintes sur un territoire donné, pendant un temps défini. Les CSP sont le bon outil pour résoudre des CAP.

Aspect technique/informatique :

- Le modèle a été développé en langage de programmation orienté-objet JAVA pour sa portabilité.
- La simulation informatique utilise le solveur CHOCO3 de résolution de contraintes pour l'implémentation du formalisme CSP.
- La librairie APILand a été mobilisée
 - i) pour définir une représentation spatio-temporelle hiérarchisée d'un paysage agricole
 - ii) ii) comme moteur de simulation.

Pour une simplicité d'utilisation, le modèle mobilise en entrée des formats de données standard : fichiers .csv pour certains paramètres, fichiers shape pour la cartographie des parcelles.

CAPFarm : les cas d'utilisation



Les problèmes de satisfaction de contraintes (CSP)

Fonctionnement du solveur JAVA CHOCO3

- Définition du modèle en variables CSP

```
solver = new Solver("allocateur de cultures annuel");  
BoolVar[][] parcelsAndCrops; // les cultures par parcelles  
// pour chaque parcelle pi et pour chaque culture ci  
parcelsAndCrops[pi][ci] = (BoolVar) VariableFactory.bounded(pi+""+ci, 0, 1, solver);
```

- Définition des contraintes entre les variables

```
// pour chaque parcelle pi  
solver.post(IntConstraintFactory.sum(parcelsAndCrops[pi], one));
```

- Résolution du problème selon différentes stratégies

```
solver.set(IntStrategyFactory.random(ArrayUtils.append(parcelsAndCrops), r));  
if(solver.findSolution()){ // traitement des variables pour MAJ du modèle de données }
```

Les cultures

	PR	MA	BL
P1	0	1	0
P2	0	0	1
P3	0	1	0
P4	0	0	0

Les parcelles

Aspect empirique/définition du besoin/confrontation du modèle

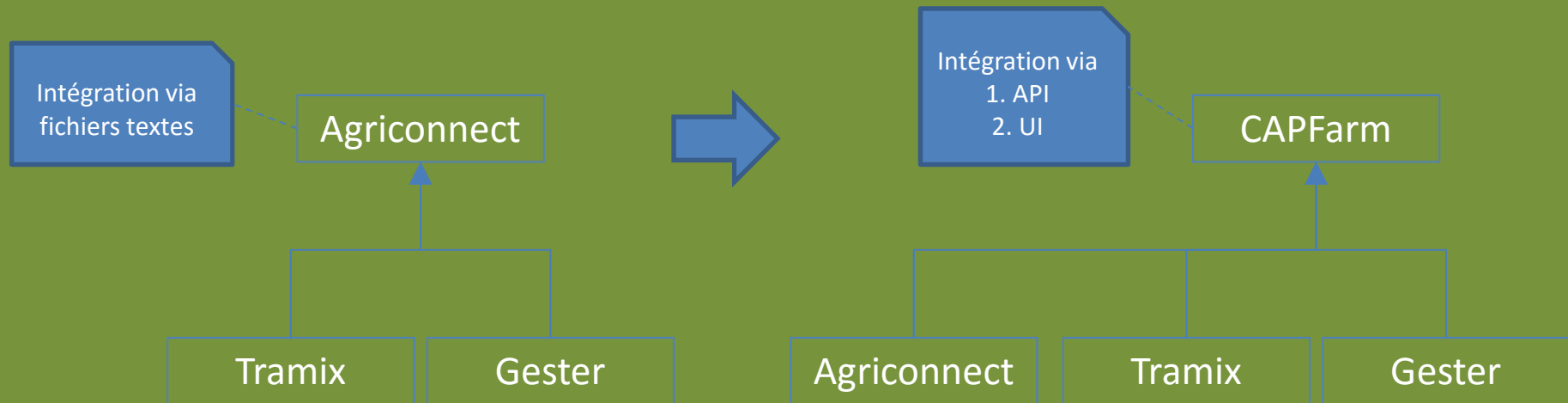
Les contraintes modélisées sont issues d'un travail d'enquêtes (Roche et al) et des acquis sur la question (Maxime et al 1995) qui a formalisé les règles de décisions d'agriculteurs en matière d'assolement et de successions culturales, en référence aux systèmes de production.

Le développement et l'enrichissement du simulateur s'est basé sur trois cas concrets en région de polyculture élevage :

- "Diva-Agriconnect" (Bretagne) qui cherchait à évaluer la contribution de différents systèmes de production aux continuités écologiques de la mosaïque des cultures;
- "Diva-Tramix" (Pays de Loire), qui cherchait à évaluer les continuités de prairies selon diverses combinaisons de systèmes de production à l'échelle d'une commune ;
- "ANR-Gester" (Indre et Haute-Garonne), qui cherchait à gérer le contournement, par la rouille du blé et par le phoma du colza, des résistances variétales.

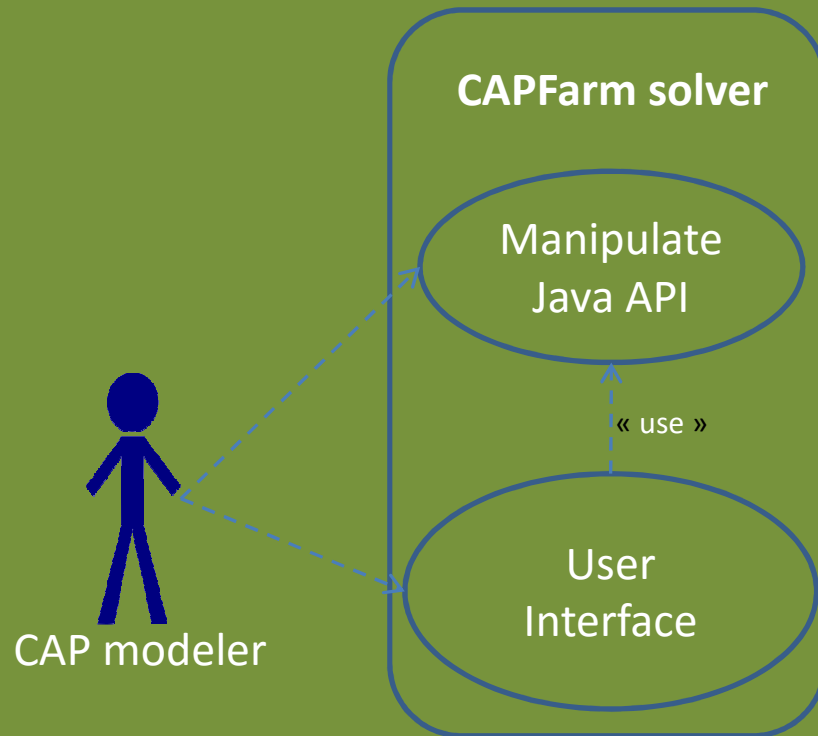
CAPFarm

Les nouveautés



CAPFarm

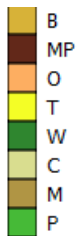
Les nouveautés



constraint types

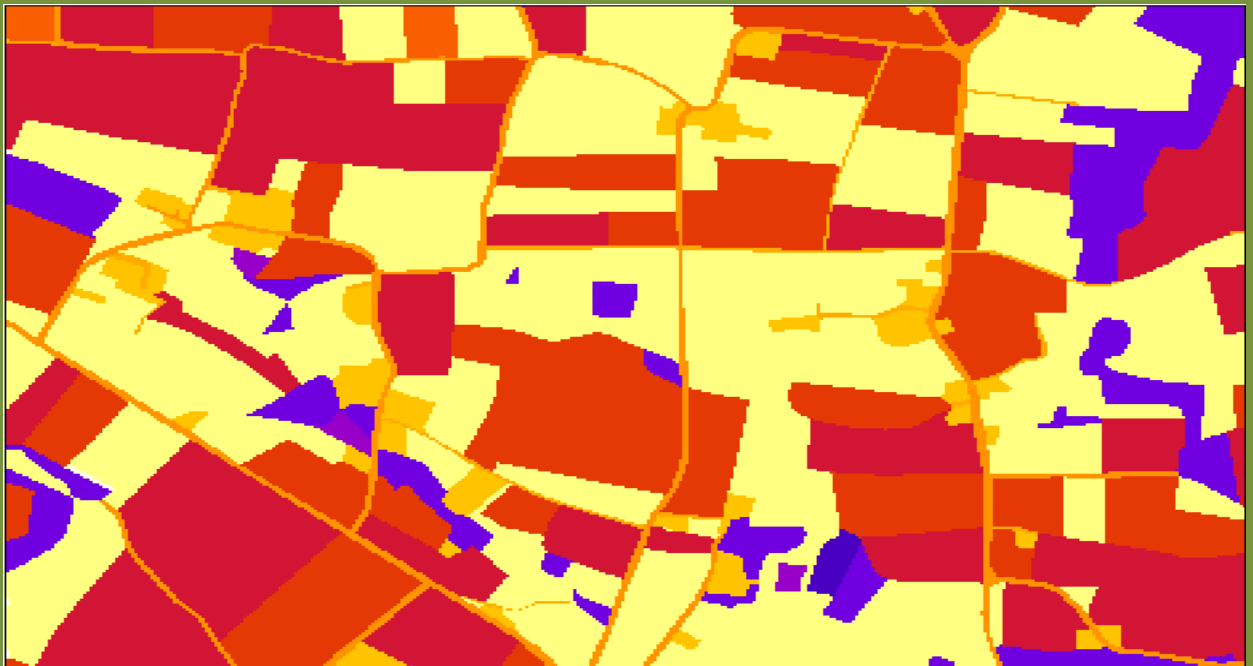
TotalArea
ParcelArea
DistanceFromFacilities
DistanceBetweenCovers
OnBooleanCondition
OnNumericCondition
ReturnTime
Duration
Repetition
NextCover
TemporalPattern
SpatialPattern

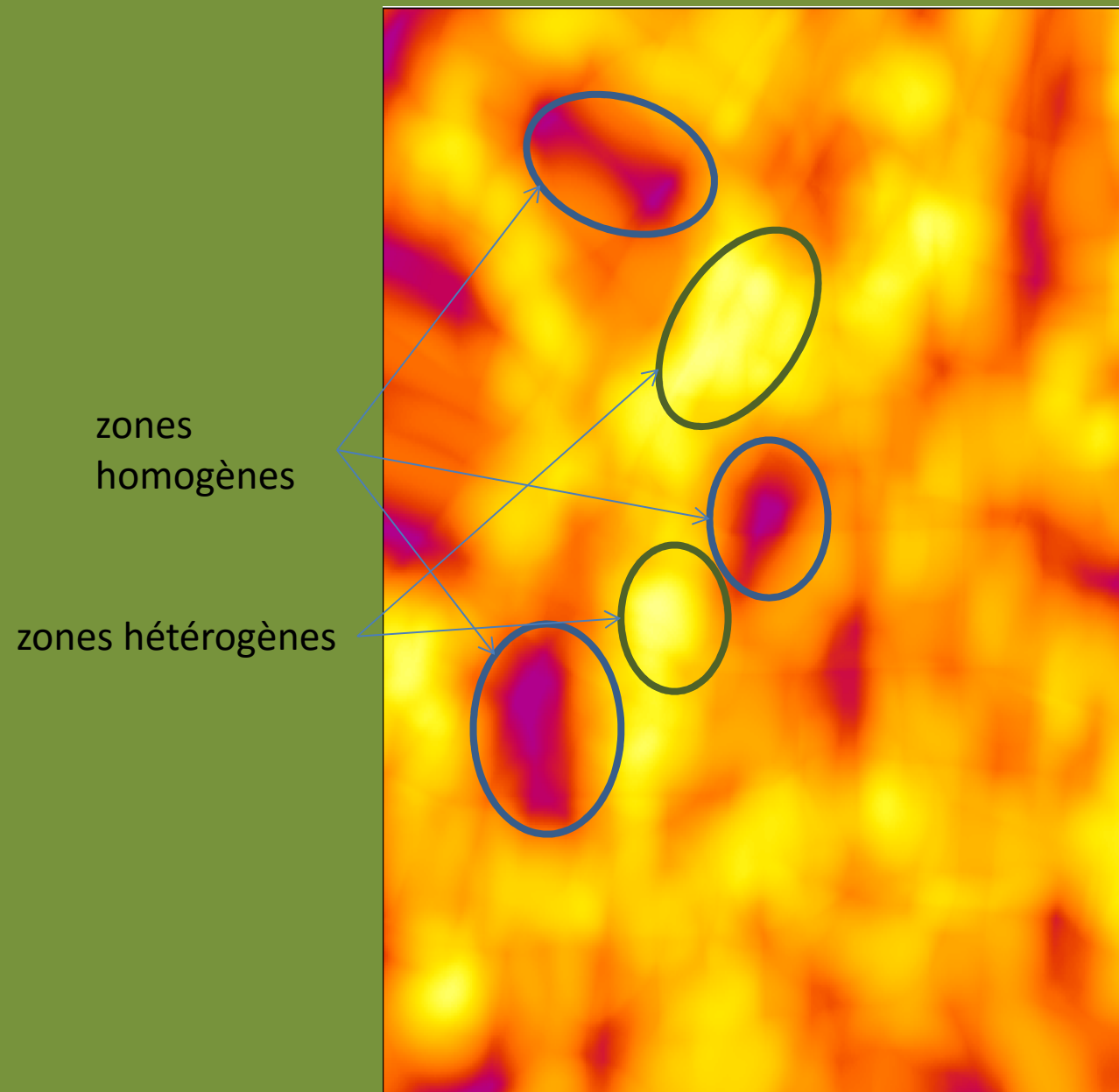
Au niveau exploitation



Méthodologie générale

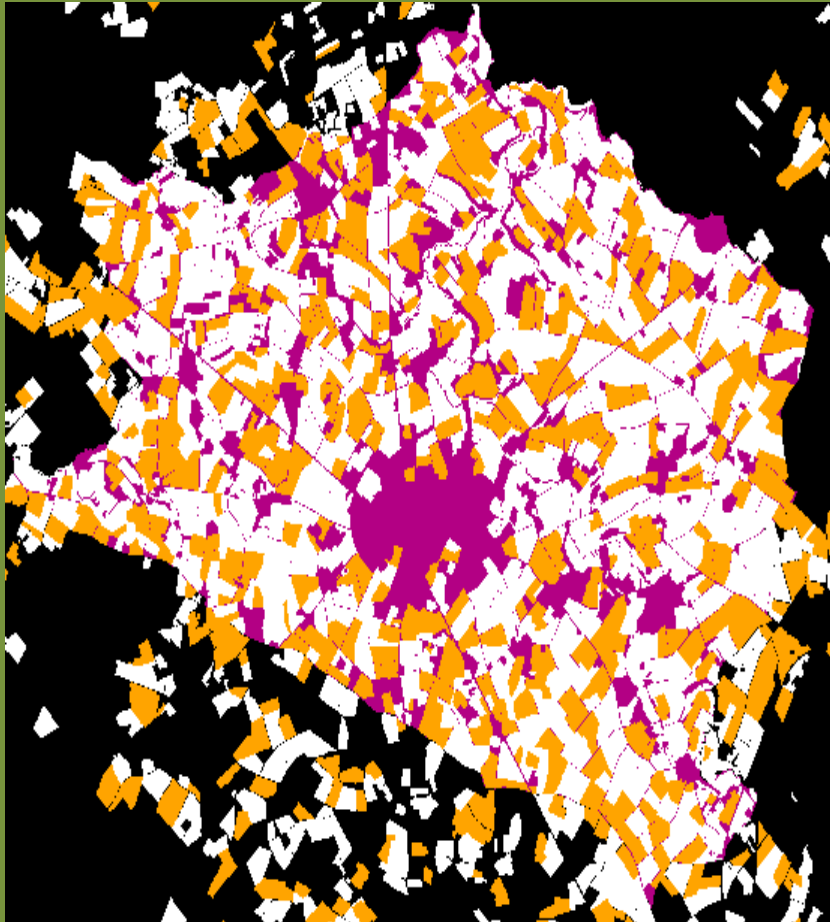






Couplage avec des modèles environnementaux

Projet Tramix : Evaluation des continuités prairiales



Conclusion / Perspectives

Intérêts du simulateur

- le paysage et les EA en « même temps »
- prise en compte de contraintes supra-exploitations
- souplesse dans la définition des contraintes
- généricité => outil et méthode applicable à de nombreux territoires et systèmes de production
- modularité : intégration native dans le simulateur APILand --> lien aux outils d'analyses de paysages comme Chloe2012

Perspectives :

- les parcelles sont fixes alors qu'on sait que les agriculteurs les redécoupent au fil des années : pour aller + loin sur cette question (Schaller 2012)
- développer un logiciel associé
- développement d'un outil de diagnostic des échecs pour le paramétrage
- Intégration d'un module d'allocation dans la plateforme MAELIA

Projet (en construction)

UMR Biodiversité et Gestion des Paysages

Contexte général

- Importance du niveau paysage en agroécologie, (ex : régulations biologiques, limitation des pesticides)
- Intégration des questions agricoles dans les questions d'aménagement et les documents d'urbanismes, contribution de la profession agricole à la mise en œuvre de la tvb
- Intérêt de la simulation de paysage à partir de règles de fonctionnement des exploitations. Développement de modèles d'allocation des cultures, mais pas souvent à partir de règles définies au niveau exploitation et pas souvent la possibilité de passer d'un niveau à l'autre (exploitation / paysage)

Contexte équipe

- Modèle d'allocation de culture développé nommé CAPFarm, mobilisé dans Agriconnect et Tramix de deux façon différentes mais complémentaires, notamment à travers la possibilité de coupler avec des modèles écologiques ou outils d'analyses de la structure du paysage.
- Dans ces deux projets :
 - on étudiait la contribution de différents types d'exploitation à différentes caractéristiques du paysage (interfaces entre cultures, continuités...) mais sans pouvoir tester « in situ » leurs effets réels
 - on est confronté aux limites liées au fait que la modélisation de l'allocation des cultures permet difficilement d'intégrer les interactions avec les éléments du paysages autre que les parcelles (espaces interstitiels, habitations)

→ Proposition d'un projet commun basé sur :

- un territoire réel et continu
- une méthode de modélisation de l'allocation des cultures individualisée par exploitation
- des analyses de scénarios prospectifs paysagés en aller-retour avec les agriculteurs pour évaluer véritablement leur marges de manœuvre individuelles et collectives.

Merci de votre attention