

Modélisation et avenir du développement agricole

Antoine Messéan

INRA – Eco-Innov, BP1 – 78850 Thiverval-Grignon



Plan de la présentation

- ✦ Enjeux pour l'agriculture, le développement et conséquences pour la modélisation ;
- ✦ Illustrations dans le cas des flux de gènes et l'évaluation des systèmes et pratiques ;
- ✦ Quelques considérations autour de la modélisation prospective;
- ✦ Conclusions



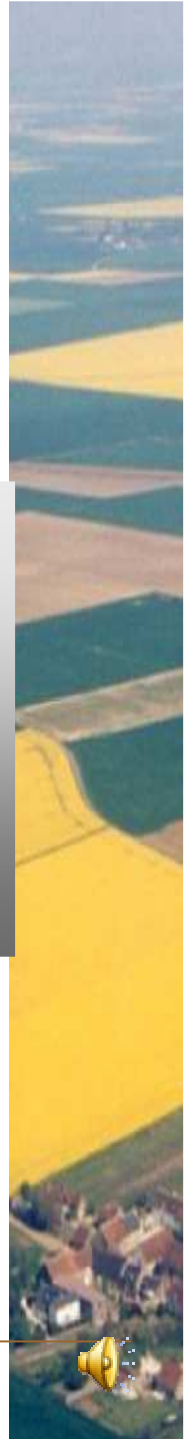
Contexte général et défis pour l'agriculture

- ✦ **Adaptation de l'agriculture** à un contexte en évolution rapide:
 - ✦ Changement climatique → profil de bio-agresseurs,
 - ✦ Energie: besoins, prix et impacts,
 - ✦ OMC et politique agricole commune,
 - ✦ Nouvelles exigences du consommateur et du citoyen ;
- ✦ **Diversification** des fonctions de production et des cahiers des charges ;
- ✦ Contribution potentielle à la **gestion de l'espace rural** et ses interactions avec les autres activités économiques;
 - ✦ Services écosystémiques
- ✦ **Remise en cause des modèles de production** et des innovations associées (e.g., pesticides, OGM);

(ADD, Boiffin, Durand & Hubert, 2004)



Repenser le rôle et la place de l'agriculture et innover face à un cahier des charges complexe, diversifié selon les situations et en évolution permanente



Rénover les systèmes de production

- ✦ Améliorer les systèmes actuels vs concevoir des systèmes innovants
 - ✦ Continuum
- ✦ Transition entre systèmes conventionnels et durables (Hill & McRae, 1995)
 - ✦ Efficience: réduction de doses, DSS pour raisonner les risques;
 - ✦ Substitution: variétés résistantes, lutte biologique;
 - ✦ Reconstruction: rotations, régulations biologiques;
- ✦ Considérer les autres composantes socio-techniques



Conventionnel

Production
intégrée



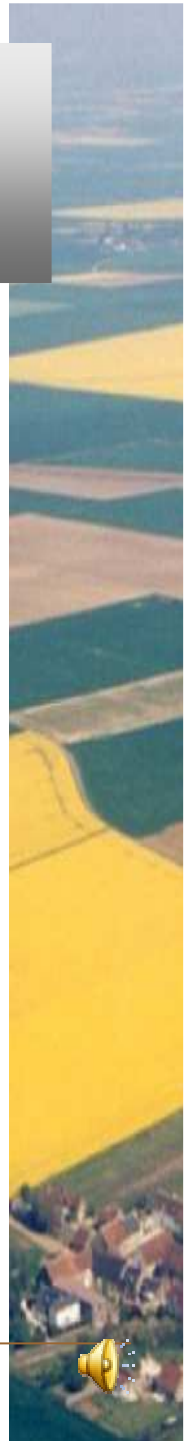
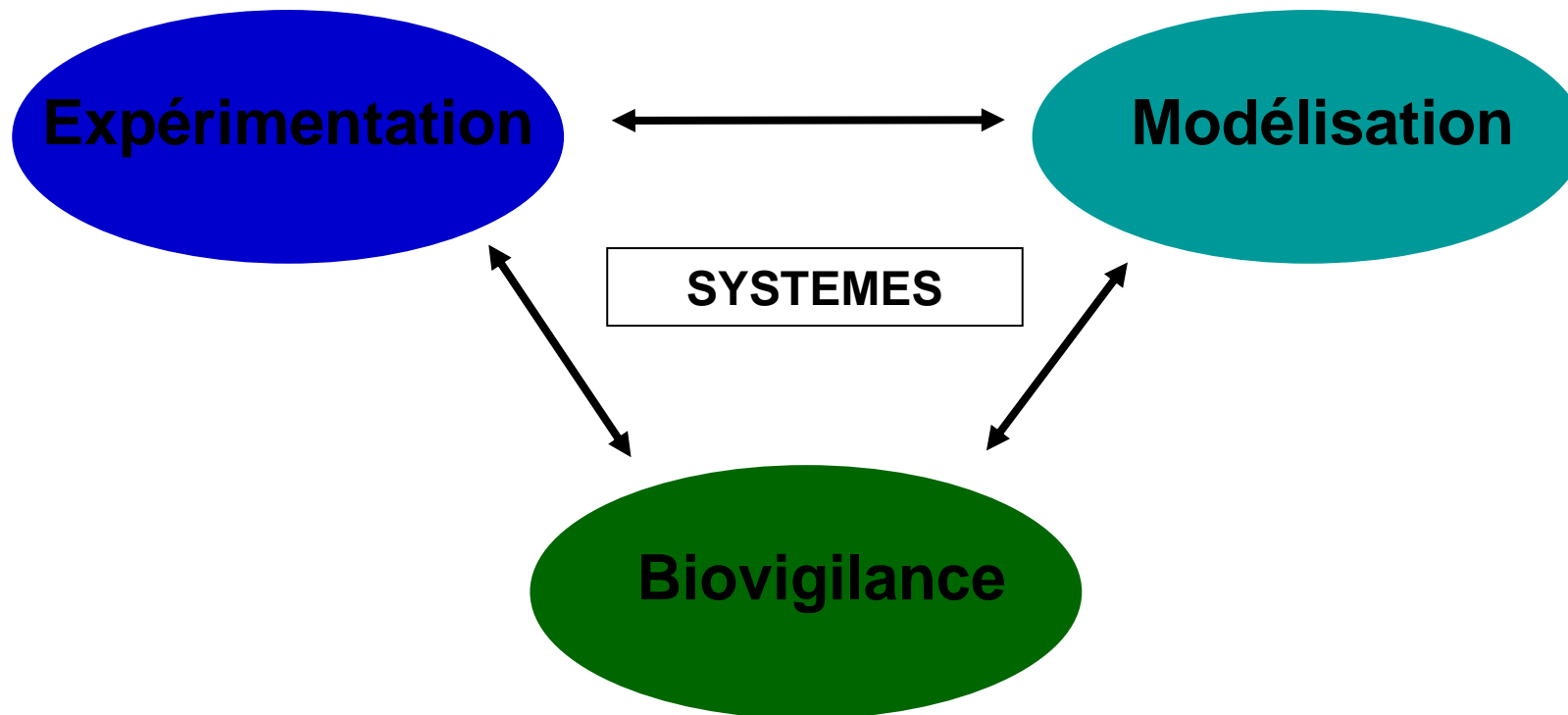
Réviser l'évaluation des innovations

- ✦ Elargissement des critères pris en compte
 - ✦ impacts environnementaux, viabilité économique et équité sociale
- ✦ Différentes échelles spatiales et temporelles à prendre en charge
 - ✦ De la parcelle au territoire agricole
 - ✦ Effets immédiats vs effets différés/indirects
- ✦ Différents systèmes de valeurs ou de préférences associés aux critères
- ✦ Les évolutions de la science et du contexte socio-économique ainsi que les innovations à venir doivent être prises en compte → biovigilance et surveillance

→ D'une évaluation **incrémentale** à une évaluation **systemique et dynamique**



Une démarche d'évaluation continue



Développement Agricole

- ✦ « ICTA **anticipent** et **accompagnent** les évolutions techniques, économiques et technologiques de façon à **renforcer la compétitivité** et à ajuster la stratégie de développement tant pour le marché intérieur qu'à l'international » (site ACTA)
- ✦ « **Améliorer la compétitivité** des exploitations et les conditions d'exercice du métier d'éleveur, **adapter** la production et les systèmes d'élevage aux attentes de la société, **répondre** aux demandes des filières sur la transformation des produits et les démarches qualité du producteur au consommateur » (site IE);
- ✦ « **Promouvoir** l'agriculture et ses métiers dans la société, **accompagner les projets** individuels et collectifs des agriculteurs, de la filière ou des territoires, **développer des systèmes de production viable, durable**, garants de la qualité des produits et respectueux de l'environnement (site CA).



Enjeux pour le Développement

- ✦ Diversification des cahiers des charges et des critères d'évaluation (dans le temps et dans l'espace)
 - ✦ évaluation multi-critères et dynamique;
- ✦ Besoin d'explorer des systèmes en réelle rupture
 - ✦ Déficit de données
- ✦ Anticipation des évolutions (de la recherche, des marchés, des politiques) et évaluation de l'effet de changements de contexte.

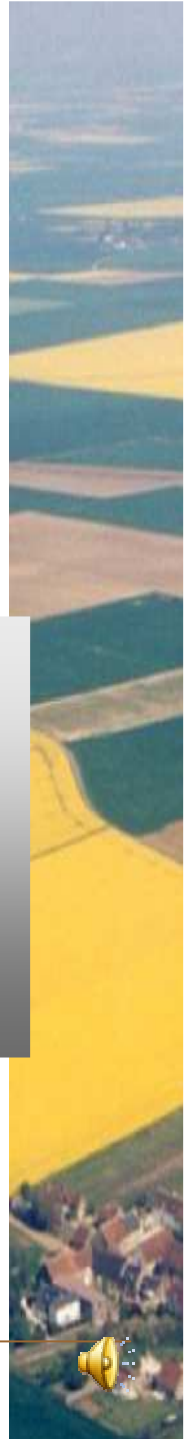


Pour une modélisation prospective

- ✦ Formaliser et prédire les impacts immédiats et différés, directs et indirects de pratiques, innovations ou systèmes, actuels ou à venir ;
- ✦ Concevoir et tester ex ante des systèmes de culture innovants et des scénarios de gestion des innovations ;
 - ✦ Mobiliser connaissances « quantitatives » et connaissances expertes
- ✦ Faciliter l'expression des contraintes et aider à la négociation entre acteurs d'un même territoire ;
- ✦ Identifier les conditions de développement de systèmes innovants:
 - ✦ Besoins de recherche (e.g., amélioration des plantes)
 - ✦ Conditions réglementaires (e.g., incitations publiques)
- ✦ Construire des dispositifs de suivi et d'évaluation a posteriori des innovations ou des pratiques;



Illustrations dans le cas des flux de gènes et l'évaluation des systèmes et pratiques ;



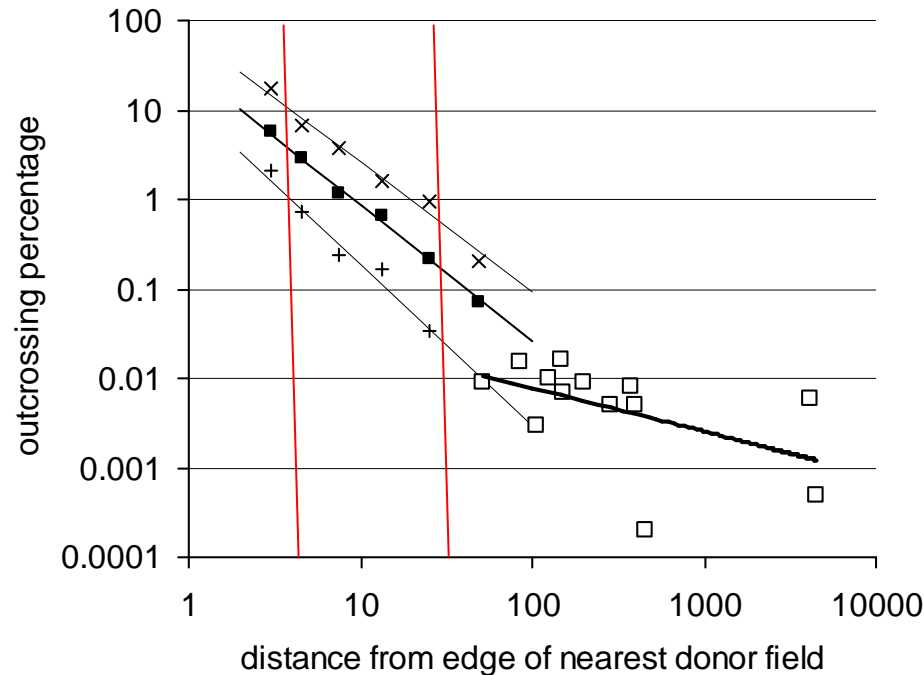
Problématique de la coexistence: question de la pratique

- ✦ Chaque agriculteur doit pouvoir choisir le mode de production qu'il souhaite (conventionnel, biotechnologique, biologique);
- ✦ Est-ce faisable? Pour quel seuil? Dans quel contexte? Avec quelle fréquence? Avec quelles contraintes agronomiques? A quel coût? Quelle coordination entre agriculteurs?
- ✦ Extension à l'ensemble de la filière;



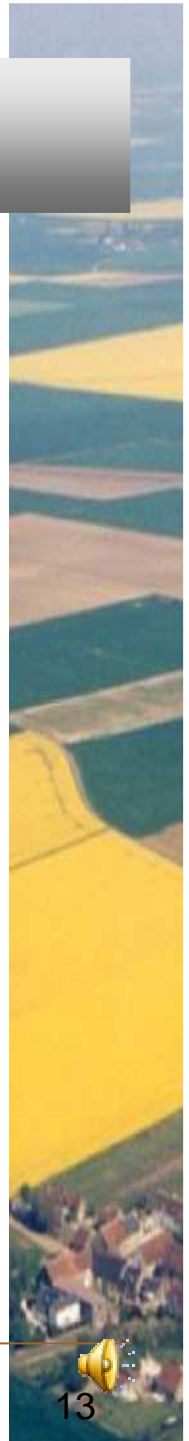
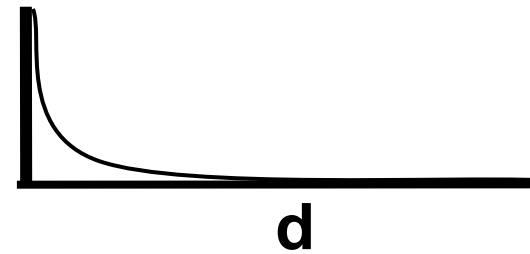
Dispersion du pollen de maïs

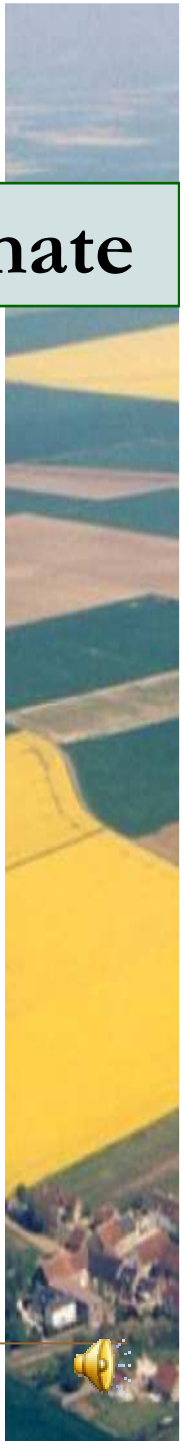
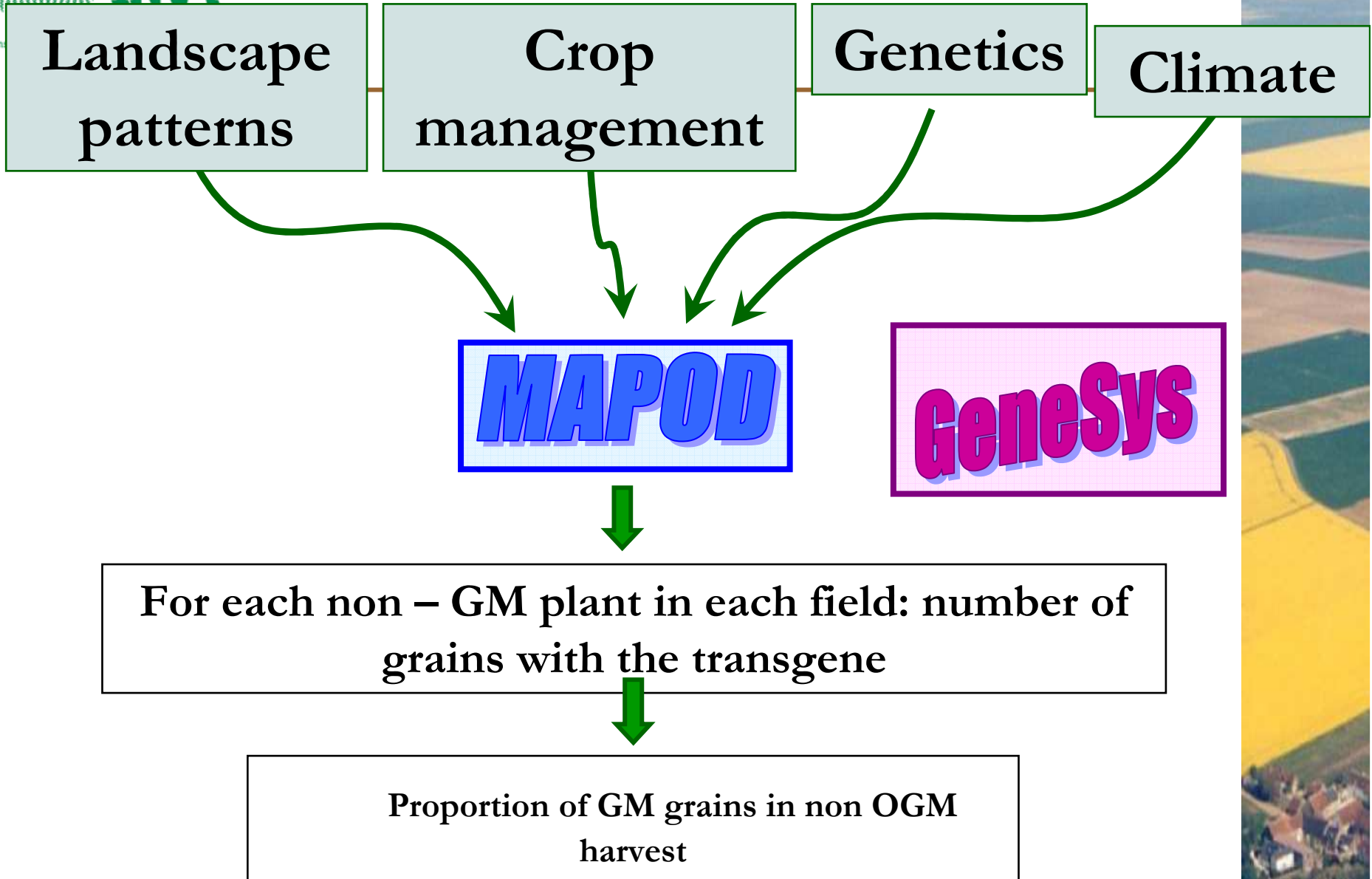
Approche statistique insuffisante car grande variabilité
(climat, paysage, pratiques)



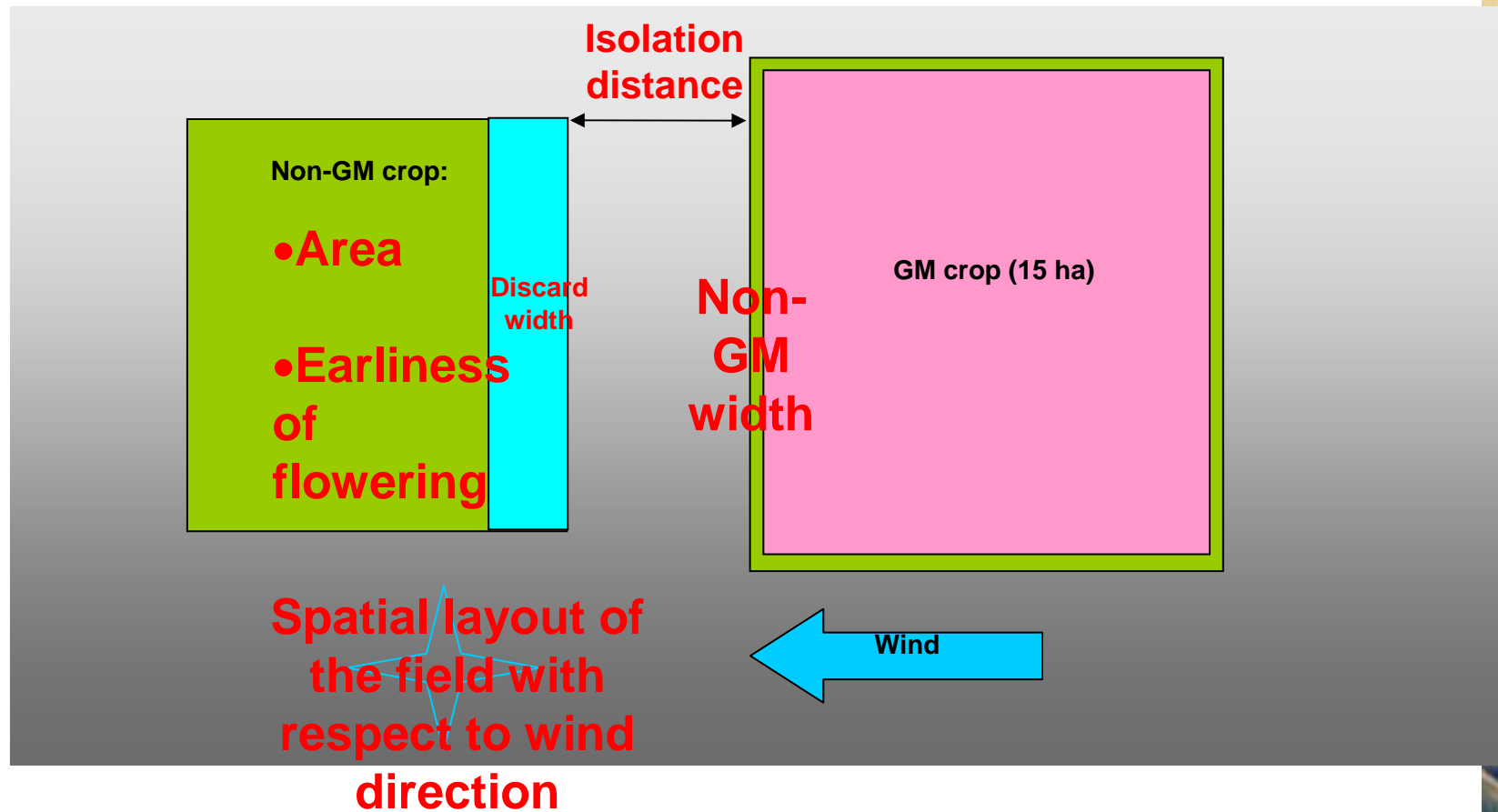
G. Squire et al., 2007

f





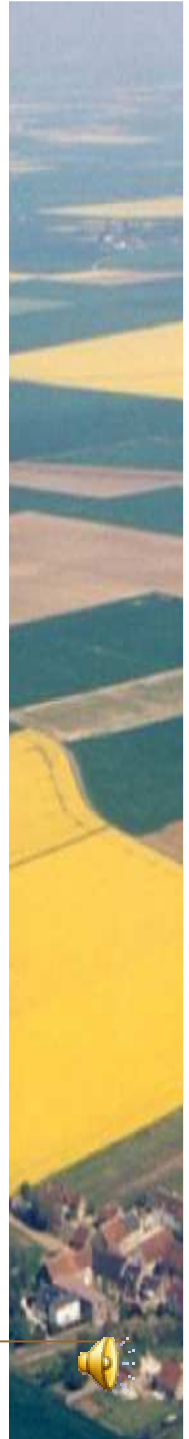
Measuring gene flow at field scale

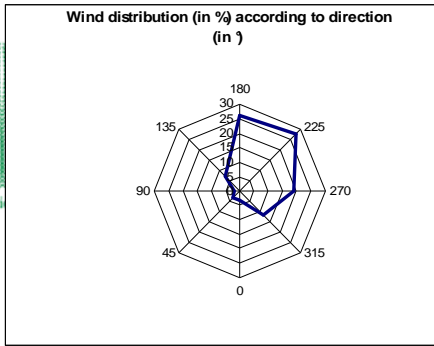
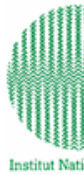


Decision rule table

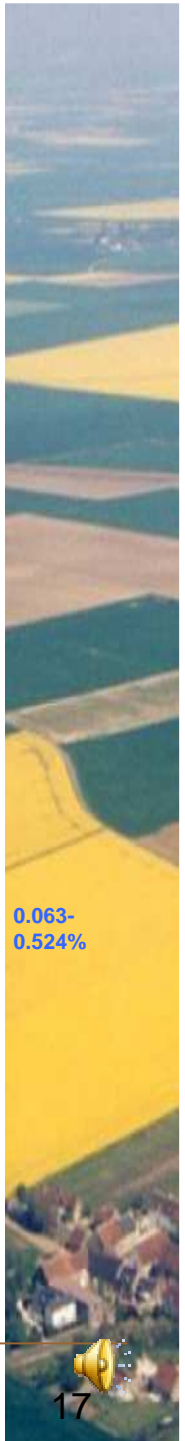
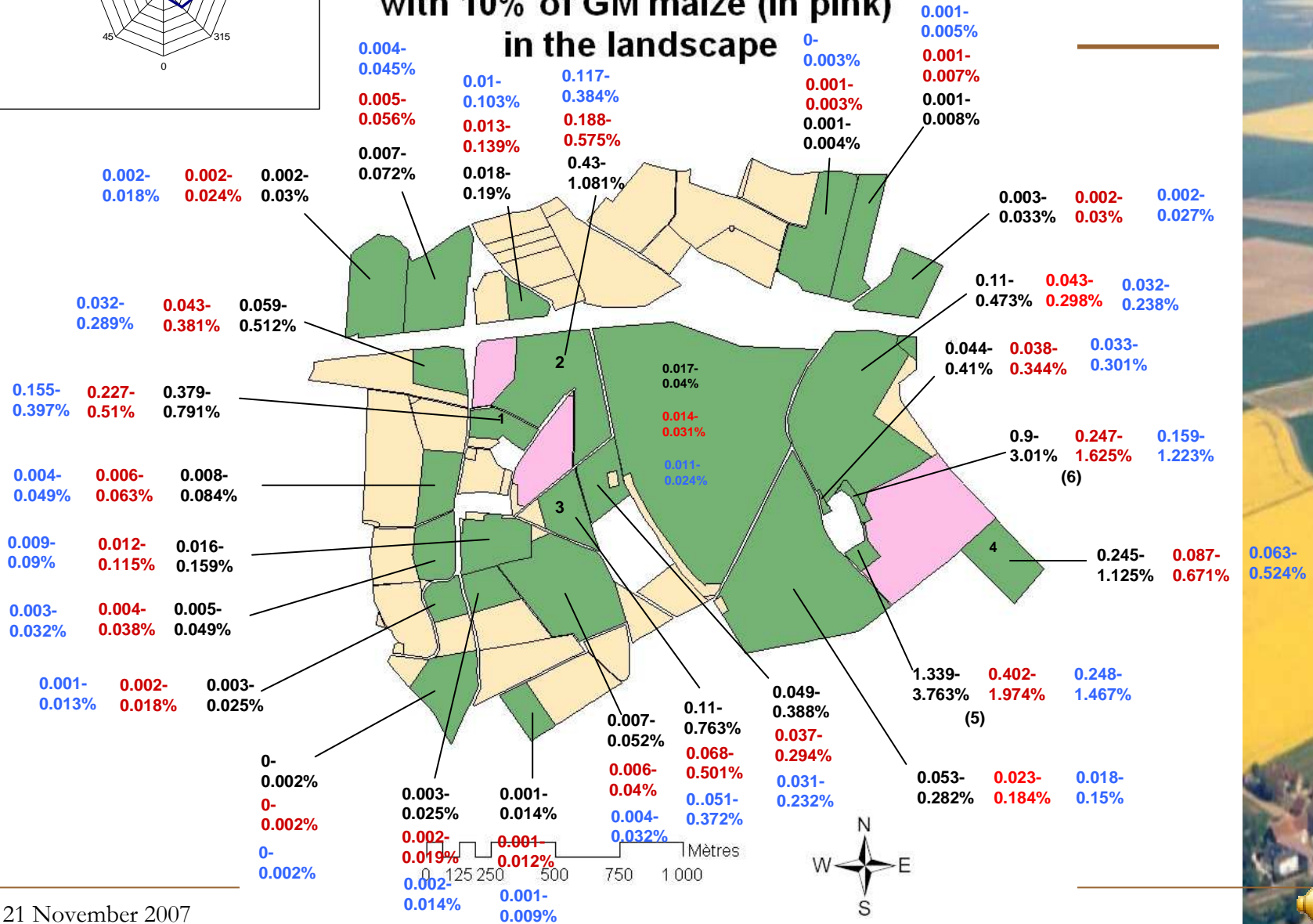
- ✦ Isolation distances to meet thresholds
- ✦ « downwind » situation
- ✦ Heterozygous case
- ✦ GM Field 15 ha

Non GM field area	Flowering time-lag	Non GM width	Cross-pollination rates										
			0.9%	0.8%	0.7%	0.6%	0.5%	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.05%	0.01%
<5ha	0days	0m	50	50	50	100	100	100	150	200	300	X	X
		9m											
		12m	20	20	50	50	50	100	150	200	300	X	X
		18m											
	30days	0m	20	20	20	20	50	50	100	150	200	400	X
		9m	0	0	0	0	20	50	100	100	200	300	X
		12m											
		18m											
	60days	0m	0	0	0	0	0	20	20	50	100	200	X
		9m	0	0	0	0	0	0	0	0	100	150	X
		12m											
		18m											
90days	0m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	50	200	
	9m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	150	
	12m												
	18m												
5ha<x<10ha	0days	0m	20	20	50	50	50	100	100	150	300	X	X
		9m											
		12m	0	0	20	20	20	50	100	150	300	400	X
		18m											
	30days	0m	0	0	20	20	20	50	50	100	200	300	X
		9m	0	0	0	0	0	20	50	100	150	300	X
		12m											
		18m											
	60days	0m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	100	X
		9m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	150	X
		12m											
		18m											
90days	0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	150	
	9m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
	12m												
	18m												
>10ha	0days	0m	20	20	20	20	50	50	100	150	300	400	X
		9m	0	0	0	0	20	50	100	100	200	400	X
		12m											
		18m											
	30days	0m	0	0	0	0	20	20	20	50	150	300	X
		9m	0	0	0	0	0	0	0	20	50	100	200
		12m											
		18m											
	60days	0m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	50	400
		9m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	100	150
		12m											
		18m											
90days	0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
	9m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	12m												
	18m												



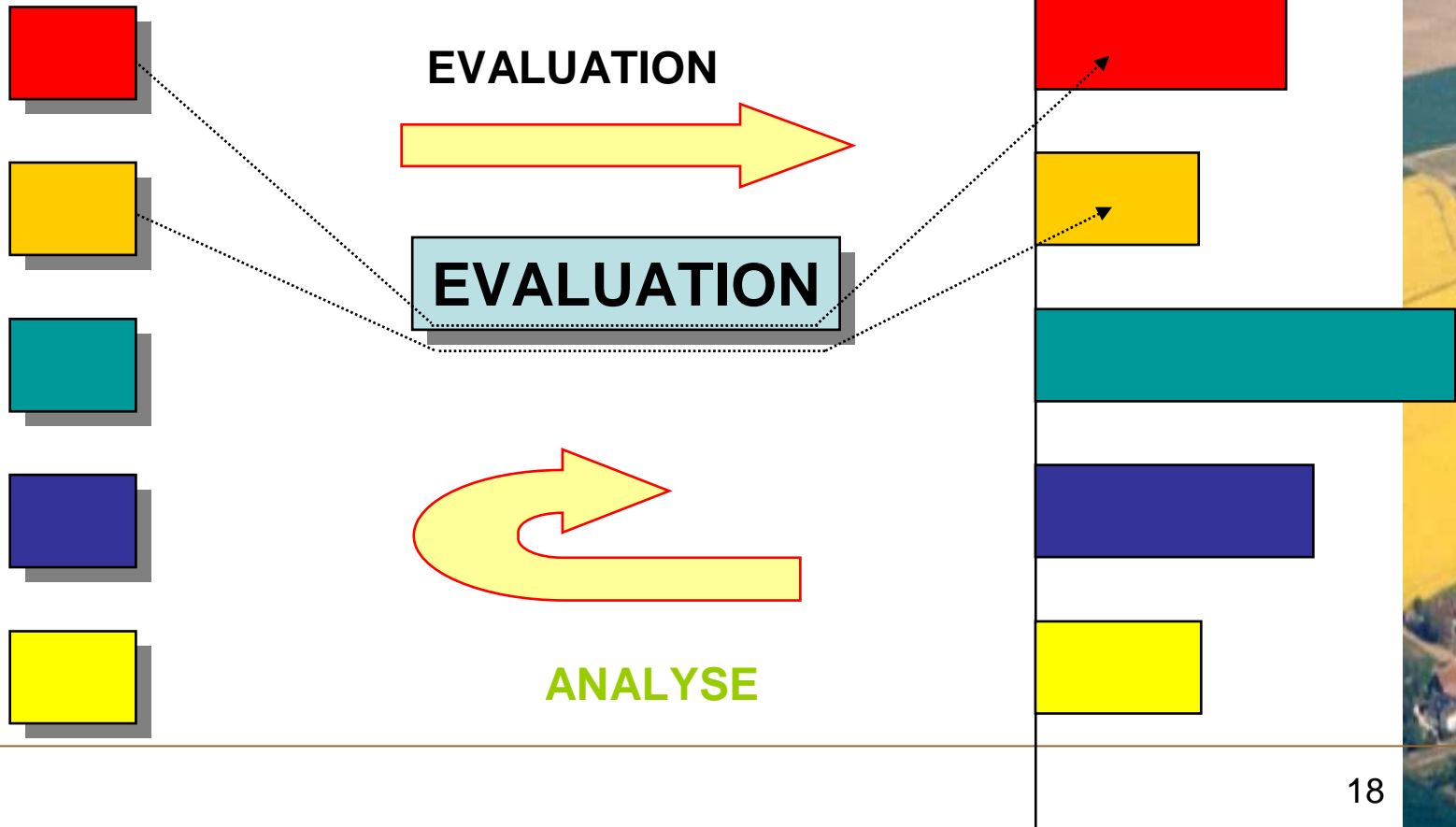


Situation 4 with 10% of GM maize (in pink) in the landscape

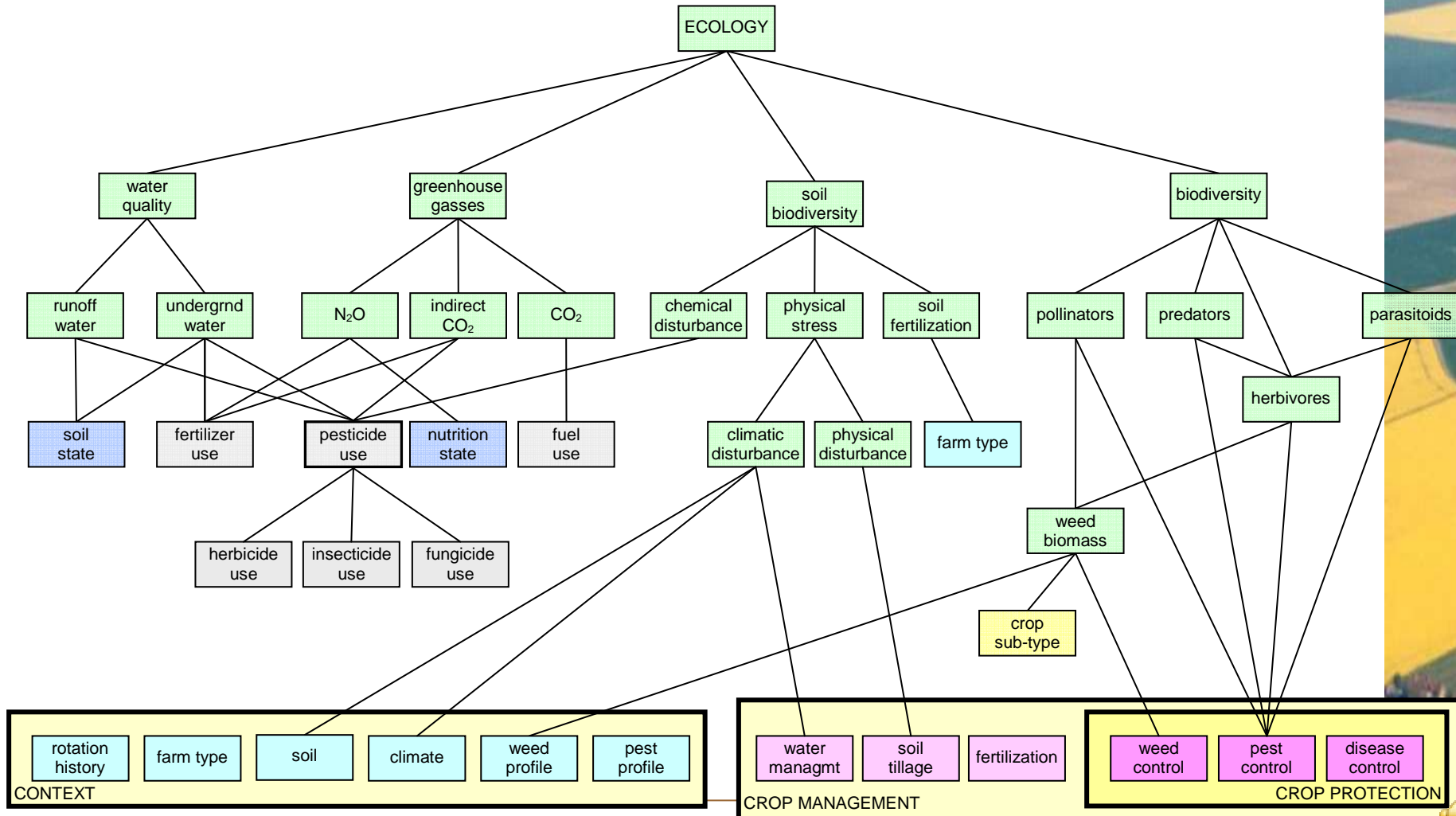


Le problème d'évaluation multi-critère

Options=
Contexte + stratégies



Exemple d'arbre: systèmes avec maïs Bt

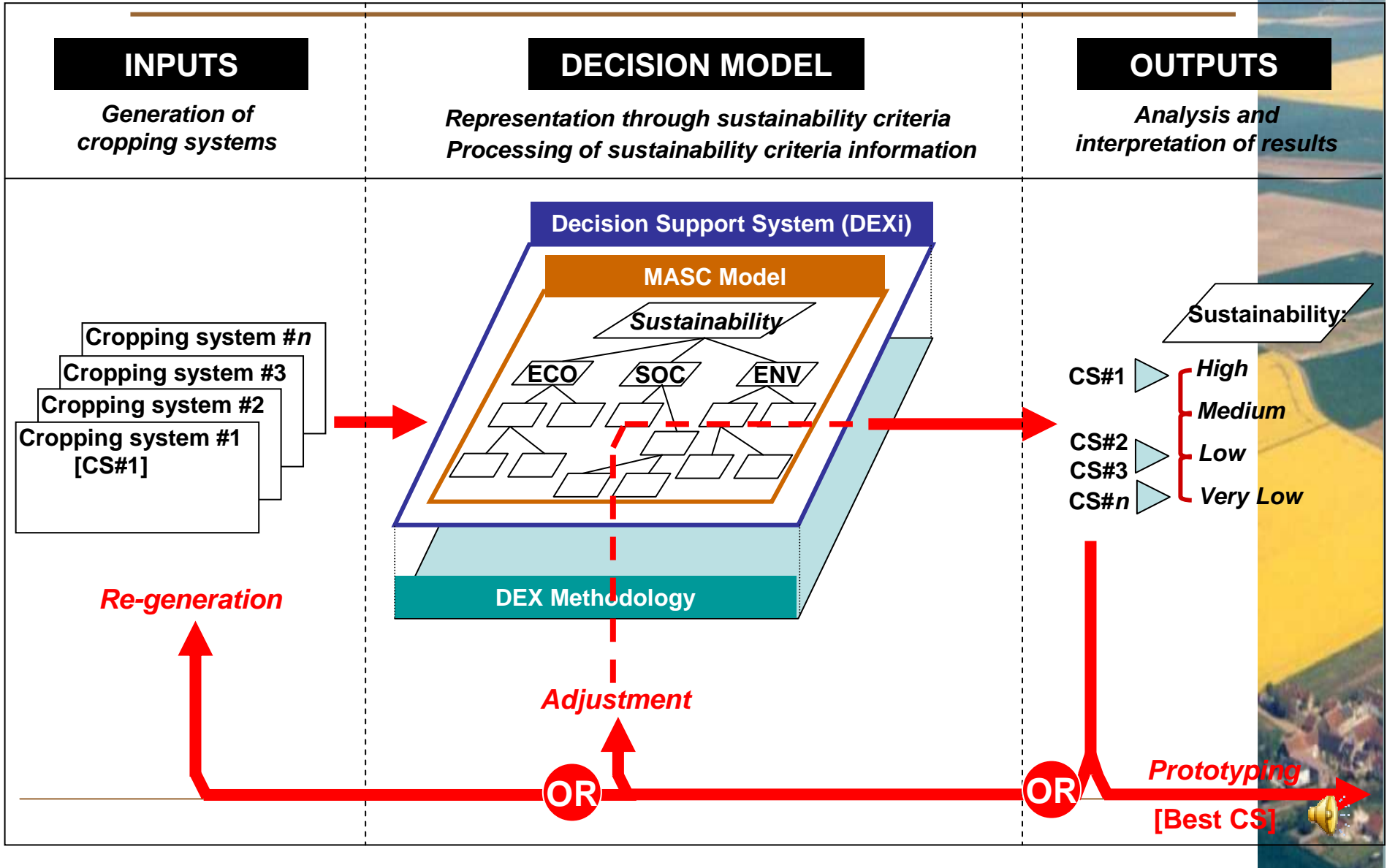


Exemple de règles

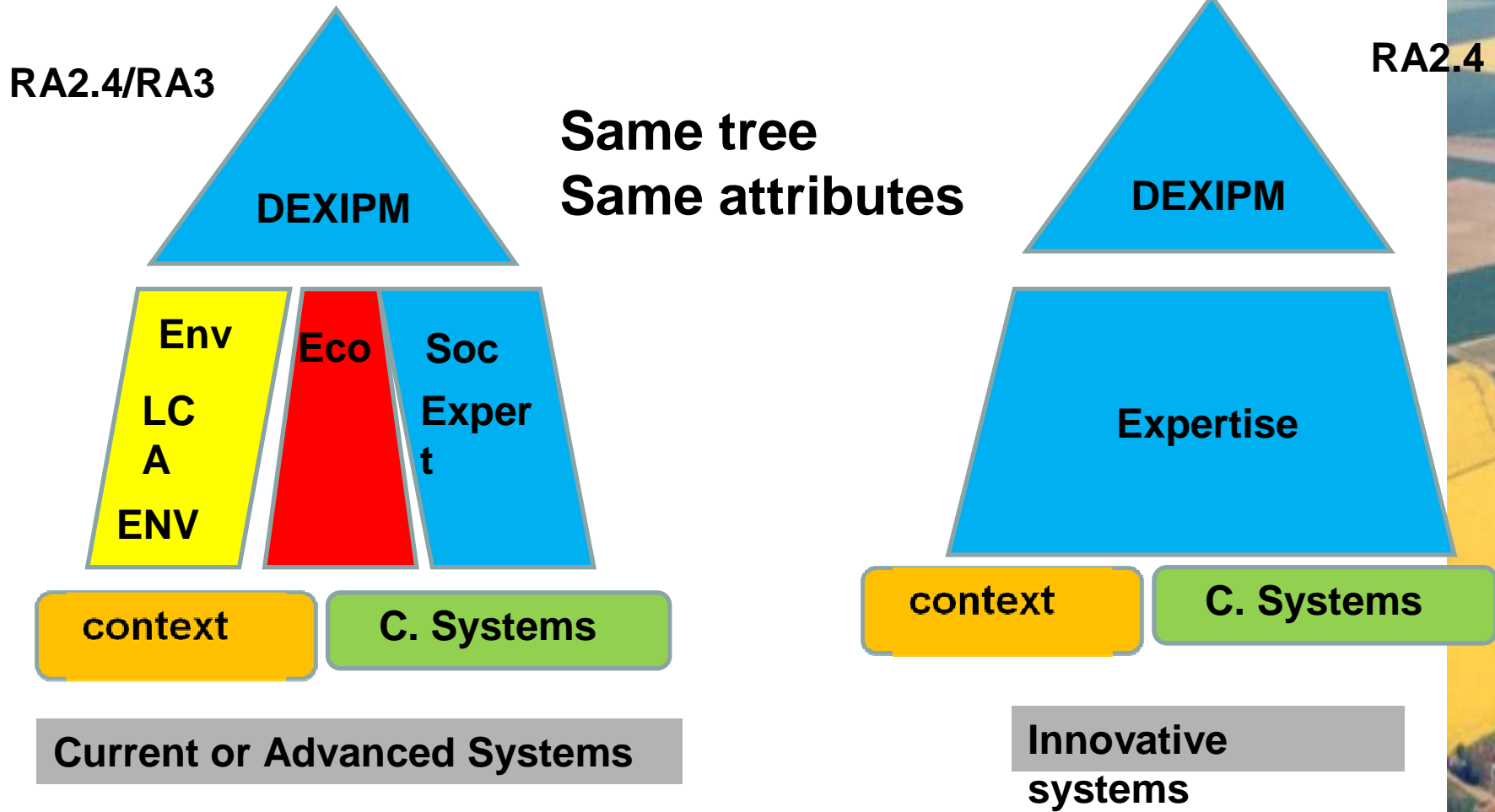
Pollinisateurs	Prédateurs	Parasitoïdes	Herbivores	Biodiversité
Faible	Très faible	Très faible	Faible	Très faible
Faible	Très faible	Faible	Moyen	Très faible
Faible	Très faible	Haut	Moyen	Faible
Faible	Moyen	Haut	Moyen	Moyen
Très élevée	Moyen	Haut	Moyen	Elevée
Très élevée	Haut	Haut	Très faible	Elevée
Très élevée	Moyen	Haut	Haut	Très élevée
Très élevée	Haut	Haut	Haut	Très élevée



Cropping Systems Assessment: MASC (Sadok et al., 2008)



ENDURE Multi-Criteria Assessment



System case studies



INRA/Développement

- ✦ Engagement fort de l'INRA sur des questions de gestion des filières
 - ✦ Forte demande publique
 - ✦ Enjeu méthodologique
- ✦ Collaborations INRA/Développement fonction de la dynamique des projets
 - ✦ Co-construction de GeneSys INRA/CETIOM
 - ✦ Evaluation multi-critère implique ICTA/CA mais modalités restent à préciser



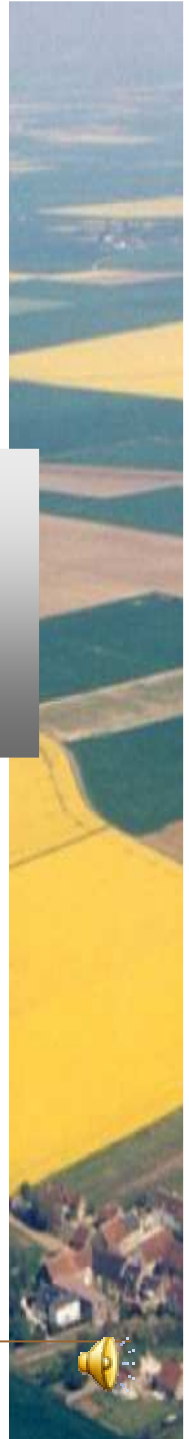
Quelques considérations autour de la modélisation prospective

- ✦ Le modèle comme objet « expérimental » et le risque d'automatisation;
- ✦ Le modèle « intermédiaire » entre modèles cognitifs et modèles pour l'action;
- ✦ Les modèles comme outils de médiation;
- ✦ Couplage entre modèles biotechnique/économique;



1. Modèle comme objet d'« expérimentation du réel »

Risque d'automatisation ?

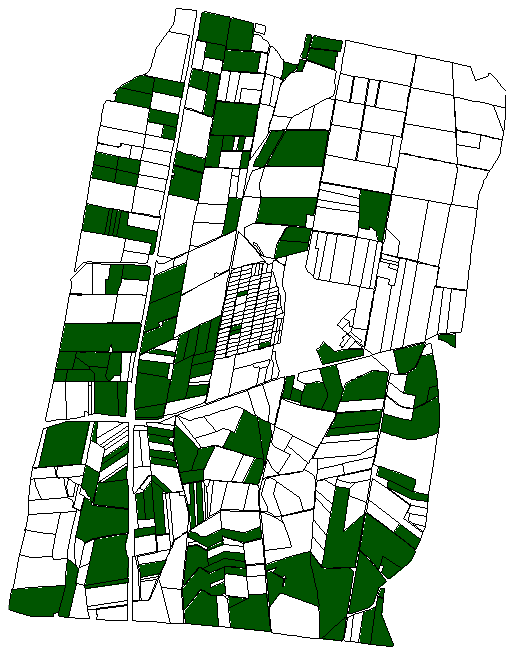


Monte-Carlo simulations

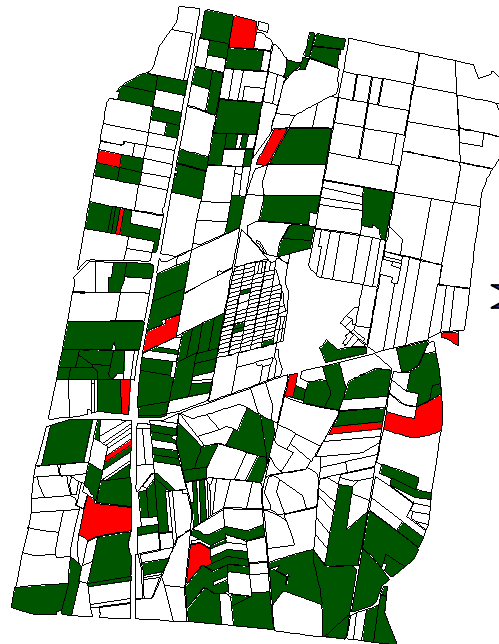
Maize allocation

GM allocation

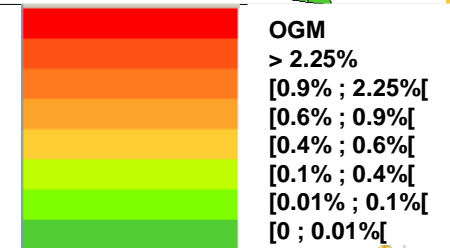
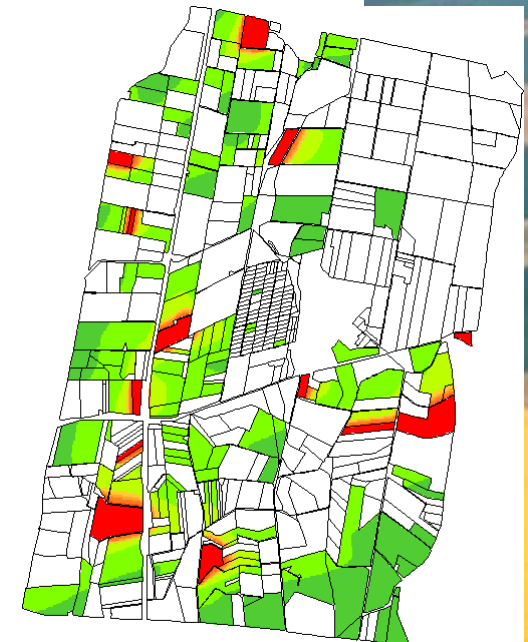
MAPOD Simulation



**(25%, 50%, 75%,
100%)**

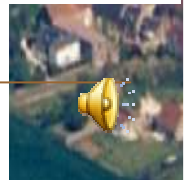
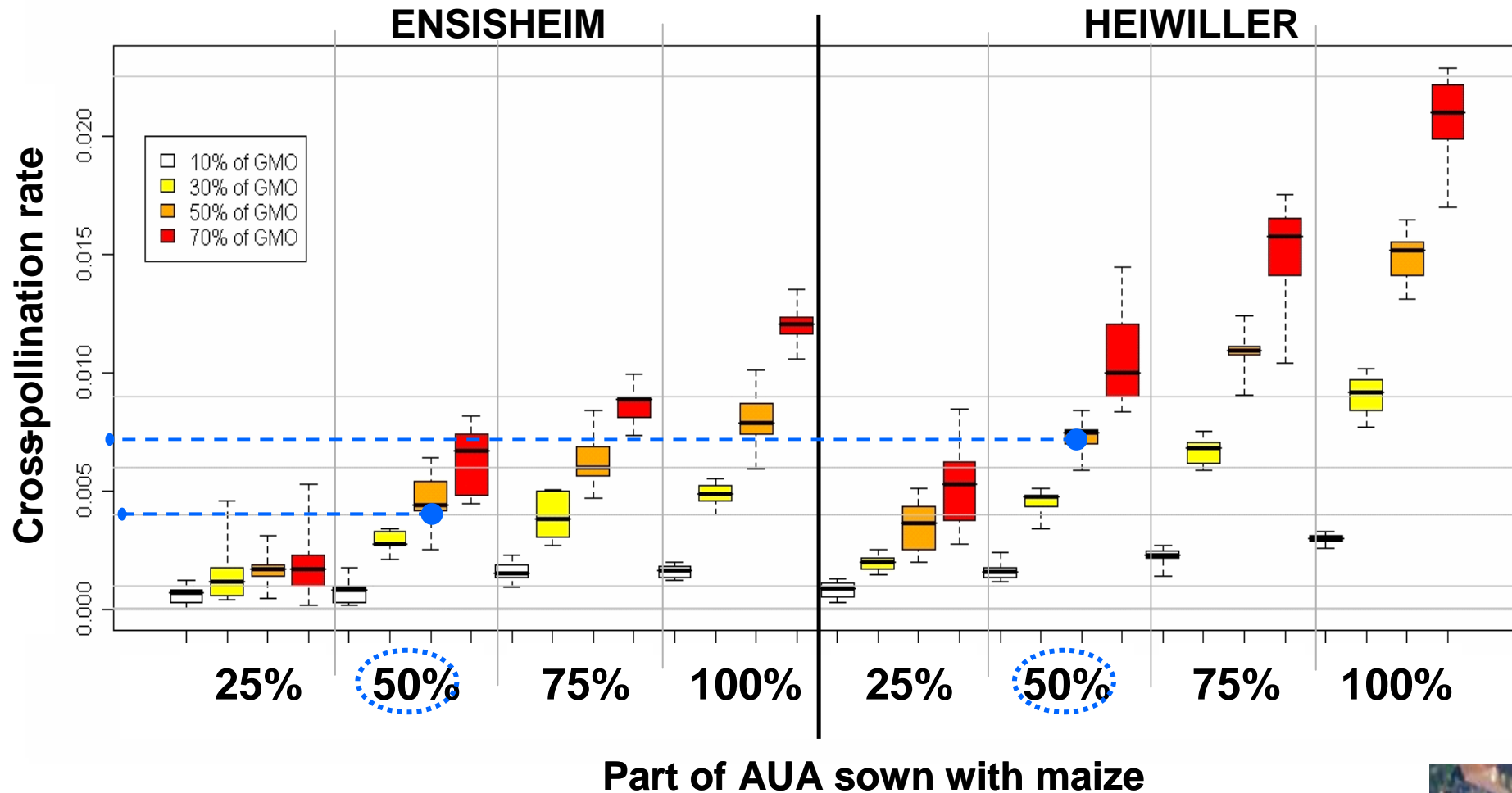


**(10%, 30%, 50%,
70%)**



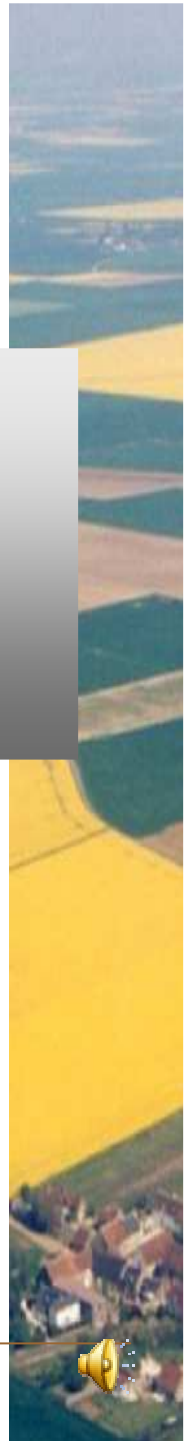


Effect of GM and non GM maize allocation on GM presence in silos



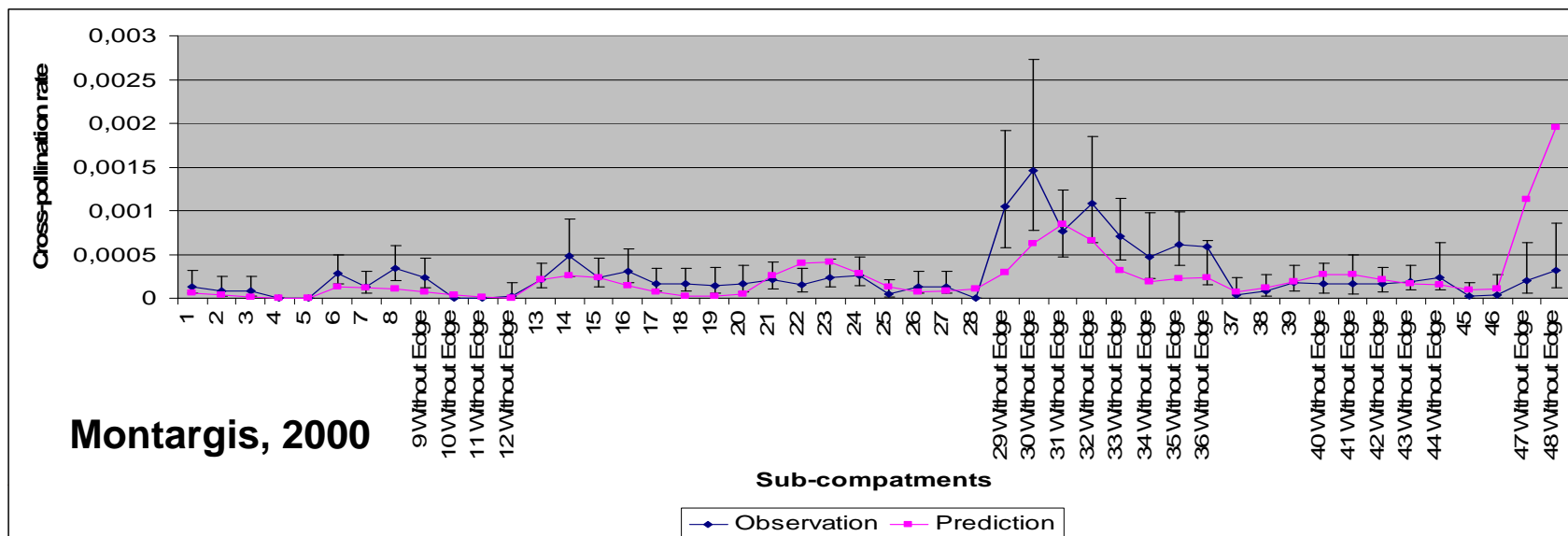
2. Le modèle « intermédiaire » entre modèles cognitifs et modèles pour l'action

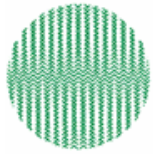
Un espace de collaboration entre recherche et développement?



Validation du modèle

- ✦ Expérimentation insuffisante → évaluation ex-post
- ✦ Observatoires à l'échelle du territoire
- ✦ Retour de surveillance (e.g., IRTA Espagne, Arvalis)
- ✦ Amélioration du modèle (ex des hétérogénéités)





INRA Modèles physiques de dispersion

Institut National de la Recherche Agronomique

→ Différents modèles, différentes approches des phénomènes

→ Eulérienne (2D ou 3D)

✓ Concentration moyenne de pollen

✓ Vent moyen

✓ Aquilon (Foudhil et al., 2005; Dupont et Brunet, 2006 ; Dupont et al., 2006)

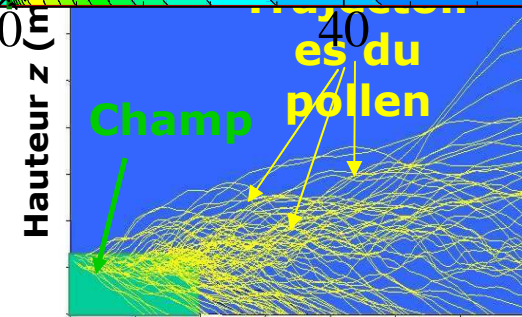
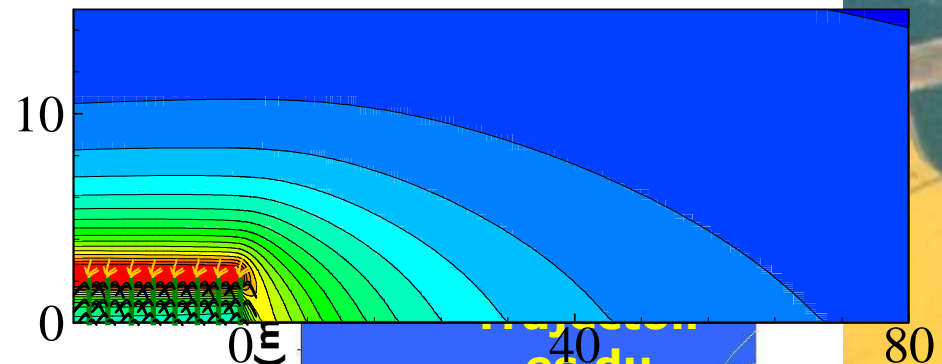
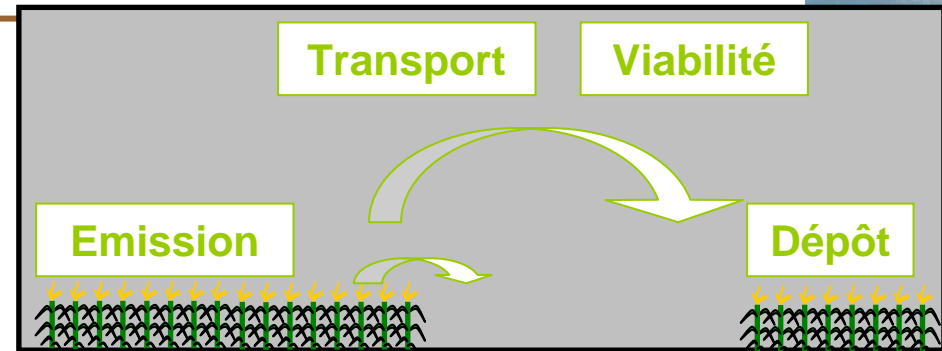
→ Lagrangienne (2D)

✓ Trajectoires des grains de pollen

✓ Couplage avec modèle de vent

✓ SMOP (Jarosz et al., 2004.

Loubet et al., 2007)

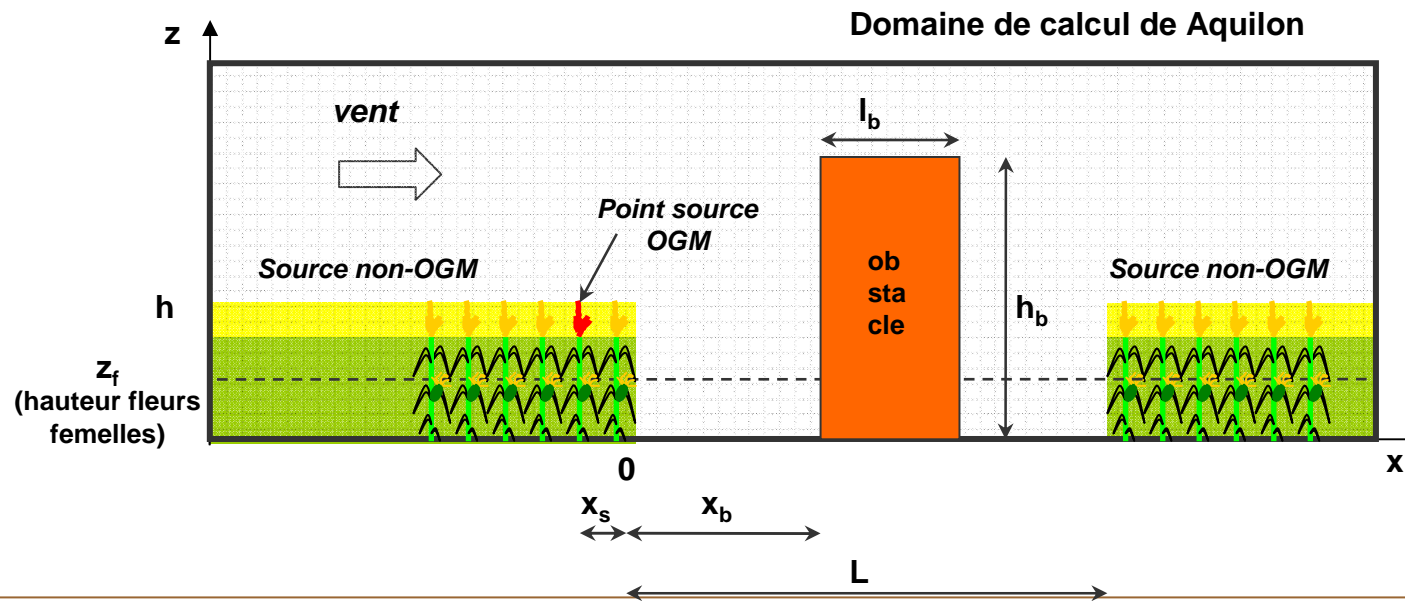


Simulation avec SMOP

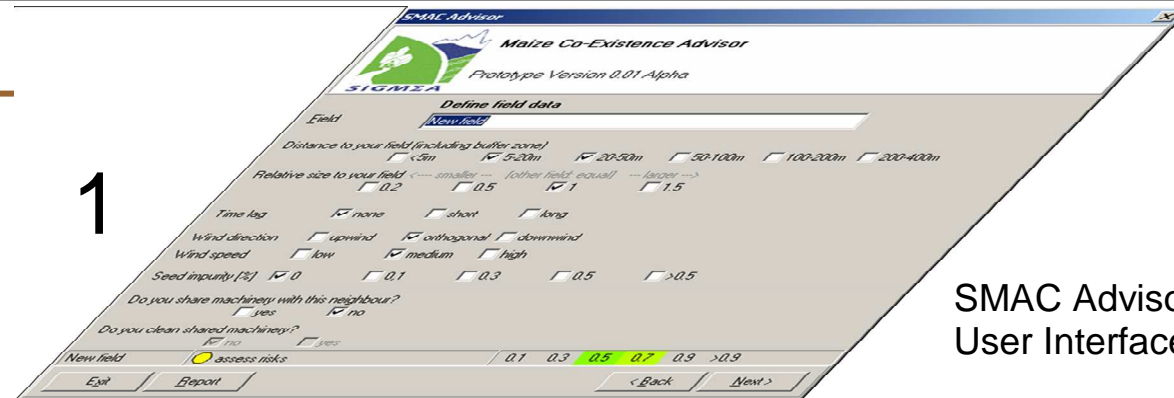


Effet des discontinuités spatiales sur la dispersion du pollen de maïs

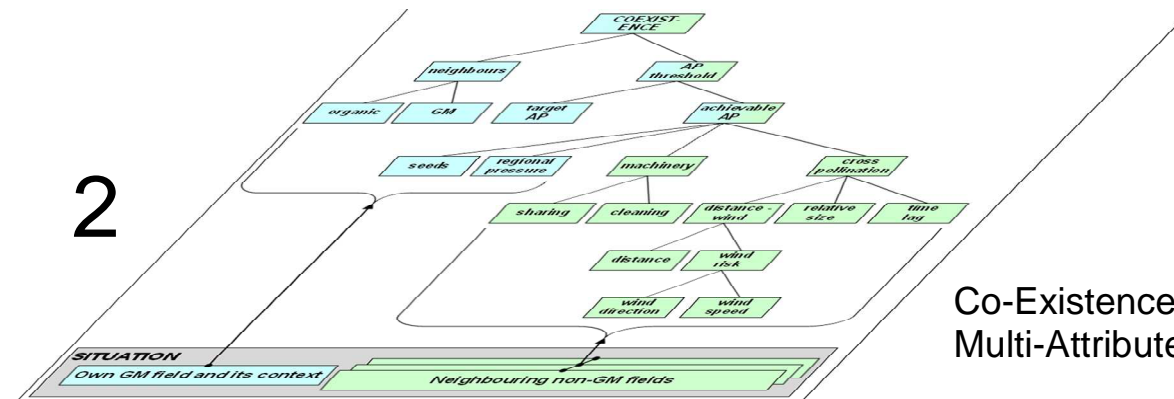
Utilisation des modèles mécanistes pour améliorer les courbes de dispersion des modèles quasi-mécanistes



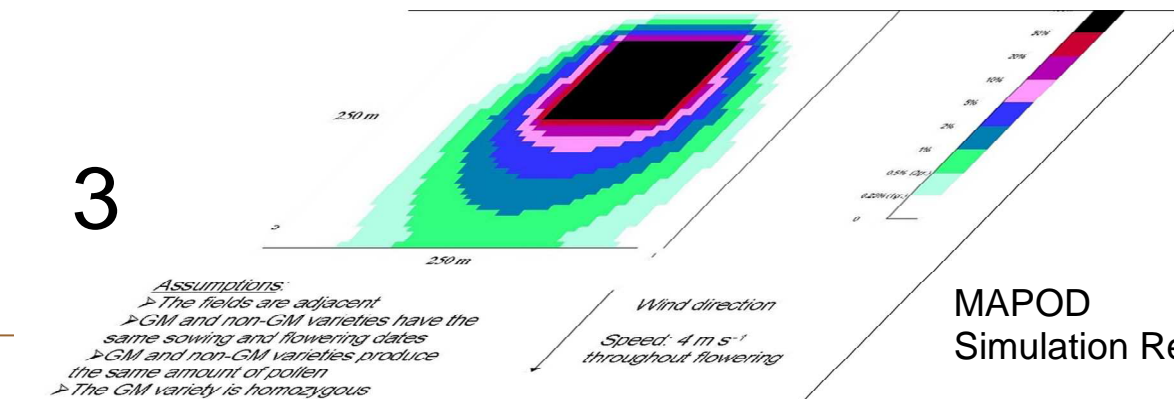
Vers un outil de terrain: SMAC Advisor



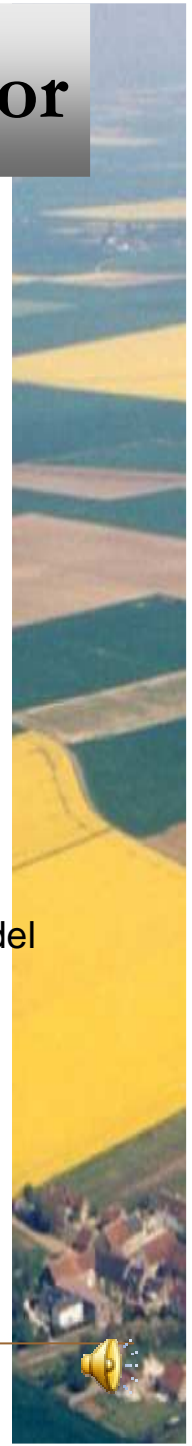
SMAC Advisor Wizard User Interface



Co-Existence Multi-Attribute DEXi Model



MAPOD Simulation Results



Niveau 1: Interface utilisateur

SMAC Advisor

Maize Co-Existence Advisor
Prototype Version 0.01 Alpha

Define field data

Field:

Distance to your field (including buffer zone)
 <5m 5-20m 20-50m 50-100m 100-200m 200-400m

Relative size to your field <--- smaller --- [other field: equal] --- larger --->
 0.2 0.5 1 1.5

Time lag none short long

Wind direction upwind orthogonal downwind

Wind speed low medium high

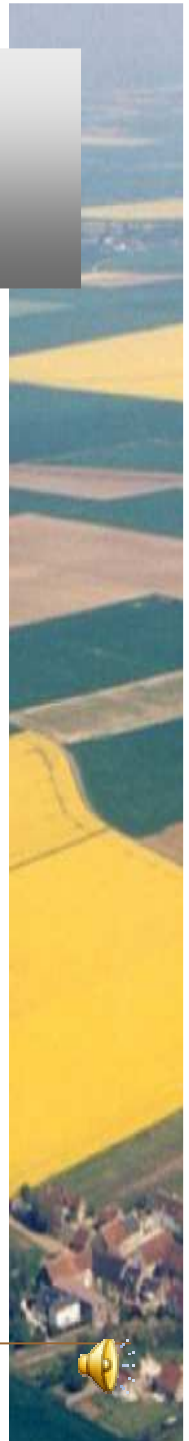
Seed impurity [%] 0 0.1 0.3 0.5 >0.5

Do you share machinery with this neighbour?
 yes no

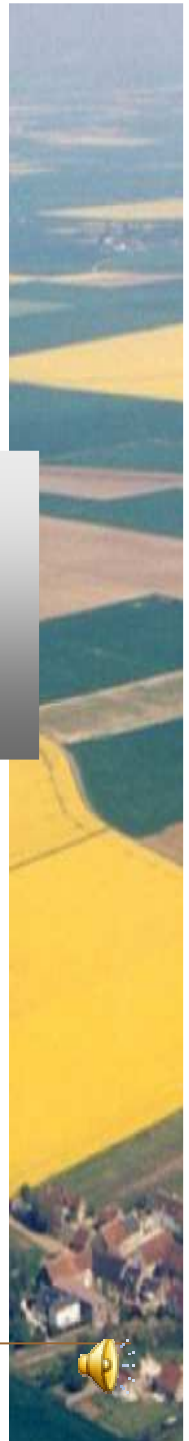
Do you clean shared machinery?
 no yes

Neighbouring field 1 assess risks

0.1 0.3 **0.5** 0.7 0.9 >0.9



3. Les modèles comme outils de médiation





Institut National de la Recherche Agronomique

Bases de données régionales

- Données Météo
- Parcellaires
- Allocation des cultures

Enquêtes

Pour chaque champ de maïs:

- Date et densité de semis
- Précocité des variétés

Hypothèse de travail

Allocation des variétés de maïs

OGM

MAPOD

Simulations

Situations réalistes de coexistence dans paysage alsacien

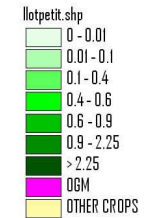
Groupes de discussions avec les acteurs

Enquêtes : *Pour chaque ferme*

- Déterminants des choix techniques
- Marges de manoeuvre

Enquêtes : *Bassin de collecte*

Organisation des organismes de collecte - stockage

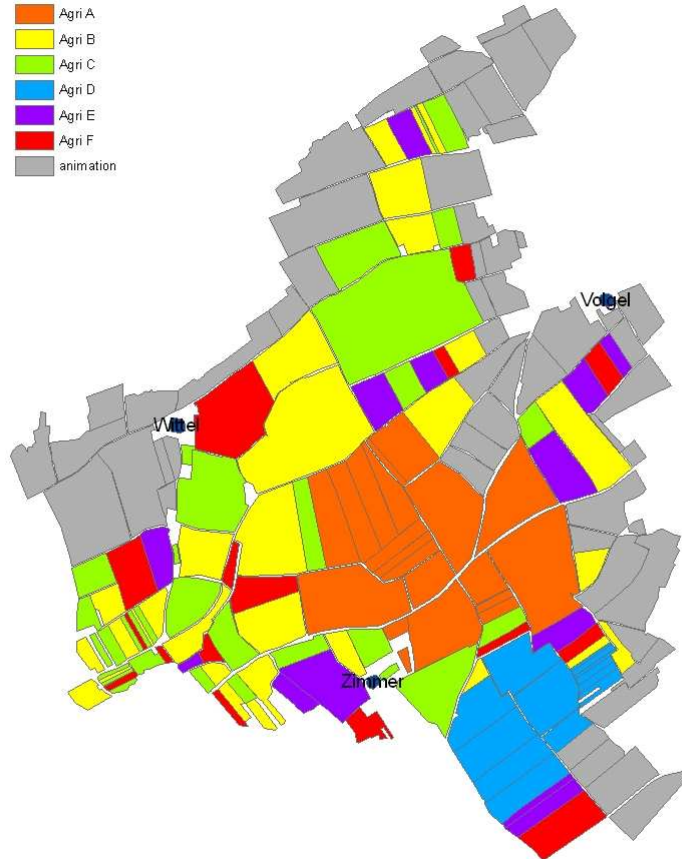


0 0.9 1.8 2.7 3.6 Kilomètres

Jeux de rôle

Légende

- Agri A
- Agri B
- Agri C
- Agri D
- Agri E
- Agri F
- animation

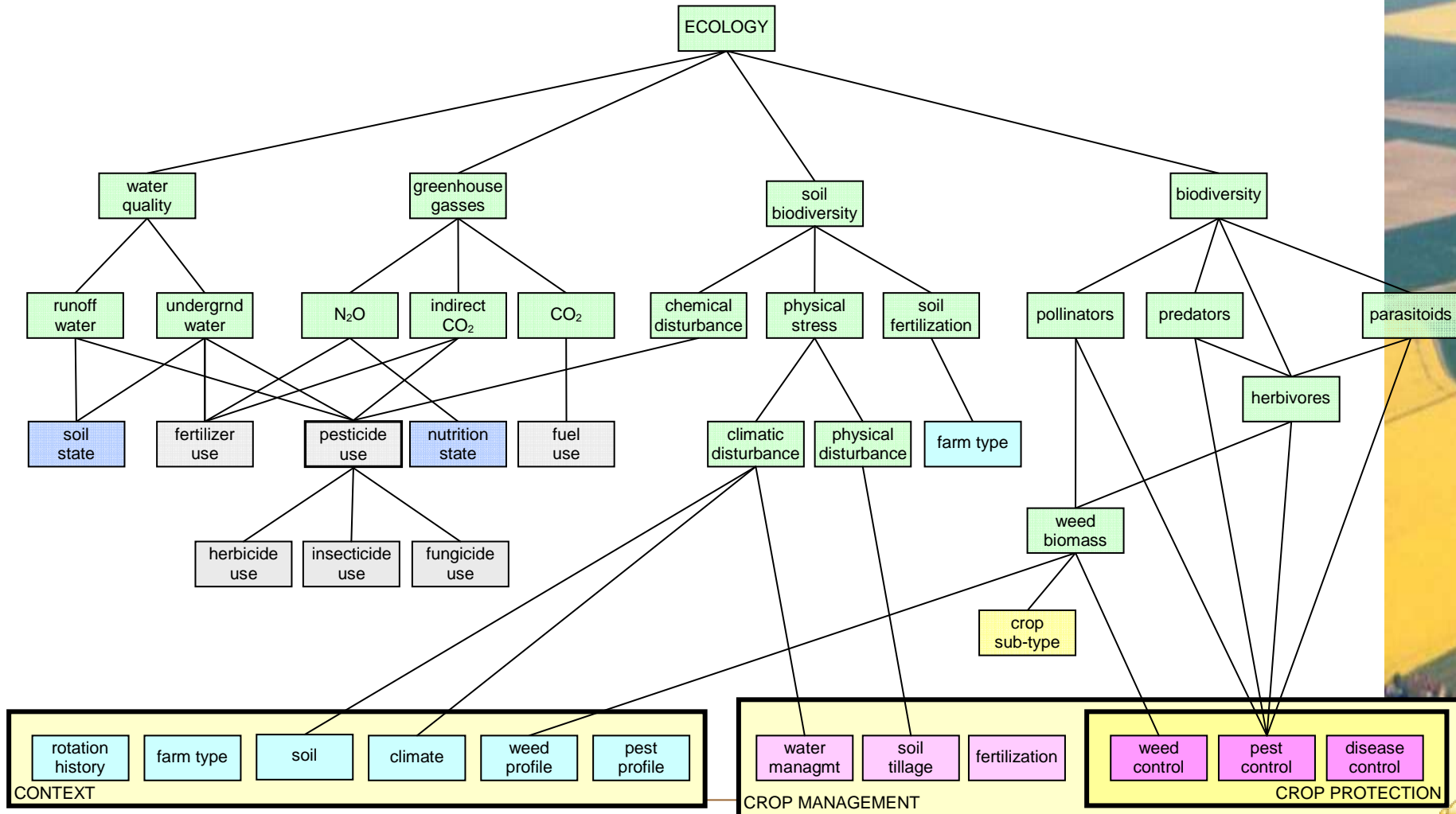


0 250 500 1 000
Mètres

Agent	Number	Resources
farmers	6	Fields, combine harvesters
contractor	1	Combine harvesters
Collection firm	2	Elevators divided into batch, market, farmers that are used to deliver production
adviser	1	Knowledge on gene flow



Exemple d'arbre: systèmes avec maïs Bt



Conclusion

- ✦ Changement d'échelles représente un vrai défi
- ✦ Modèles intermédiaires ou hybrides à favoriser ?
 - ✦ Toujours repartir de la question pratique?
- ✦ Données de validation ou d'entrée disponibles constituent un obstacle majeur au développement des modèles mais aussi aux collaborations INRA/ICTA
- ✦ INRA et ICTA devraient travailler ensemble sur ces besoins nouveaux ou difficiles à traiter seuls;

