

MODÉLISATION DES FLUX DE MATIÈRES DANS LES TERRITOIRES AGRICOLAS : BOUCLAGE DES CYCLES ET PRODUCTION DE SERVICES PAR LES AGROÉCOSYSTÈMES

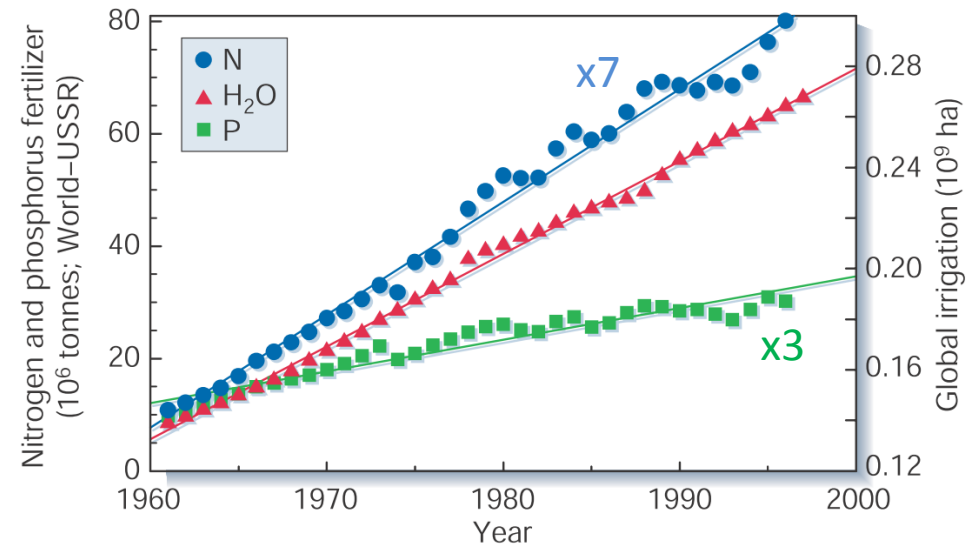
Débat prospectif
Approches territoriales des systèmes de cultures et pratiques :
conséquences sur les flux d'éléments

Thomas NESME, Hugo FERNANDEZ, Sylvain PELLERIN

CONTEXTE

Une profonde transformation des cycles des éléments minéraux

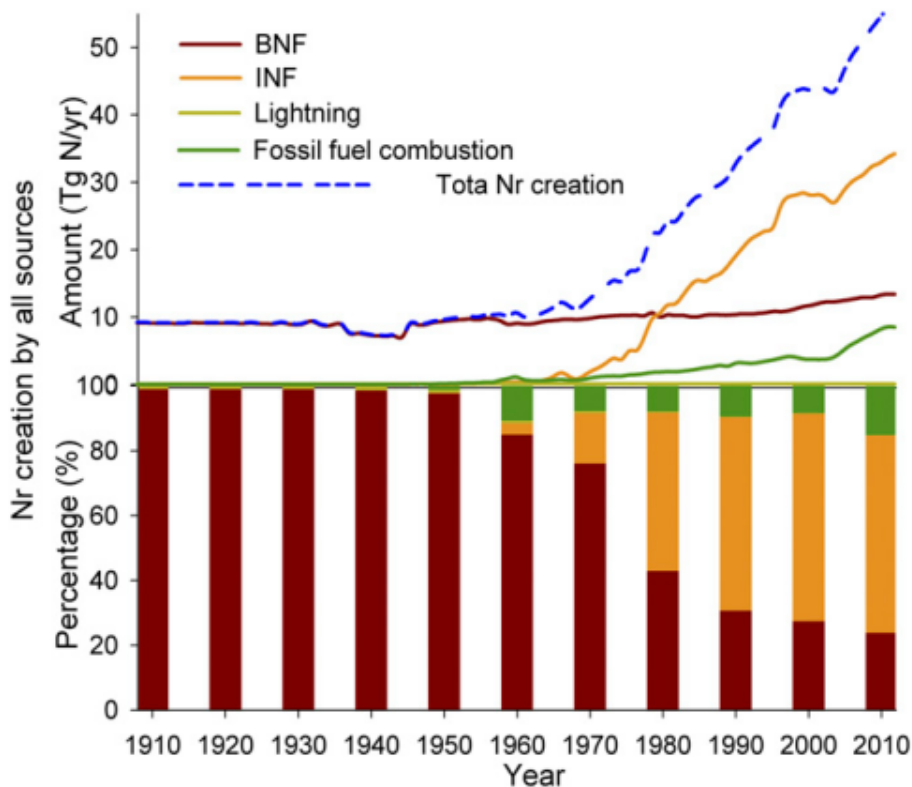
- Les grands cycles des éléments (N, P) ont été profondément bouleversés à l'échelle mondiale
- L'agriculture en est largement responsable
 - Apports massifs d'engrais minéraux
 - Effectifs mondiaux de bovins, porcins et poulets augmentés de 50, 140 et 440 % entre 1960 et 2010
 - ...sous l'influence de la demande alimentaire



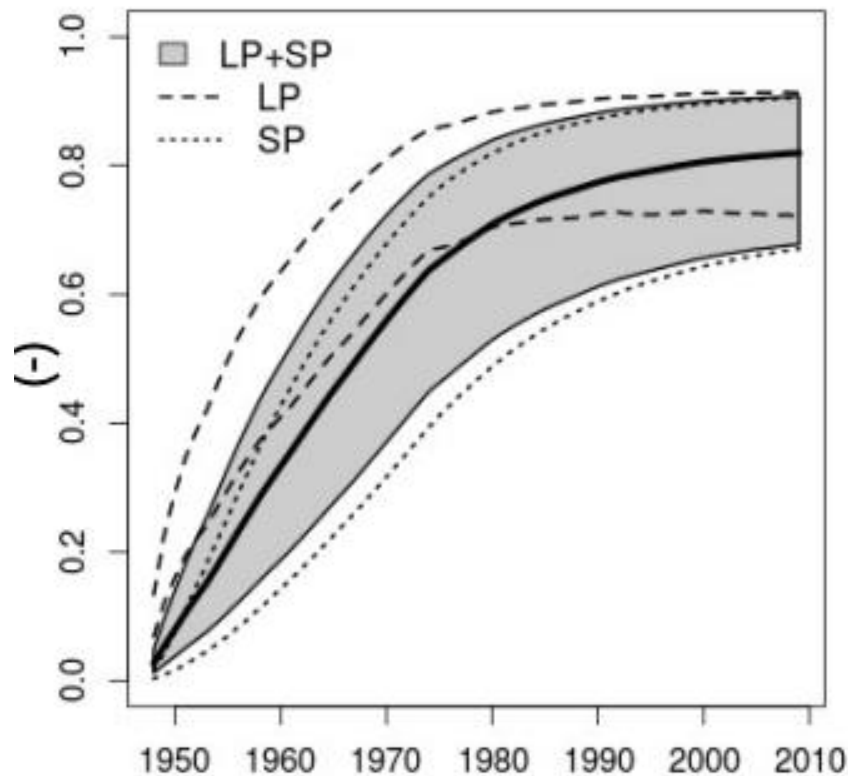
(Tilman et al., 2002)

La transformation des grands cycles des éléments se traduit par l'accumulation de formes réactives dans la Biosphère

Un bilan très positif de N (+150 kt N/an) à l'échelle des surfaces terrestres mondiales



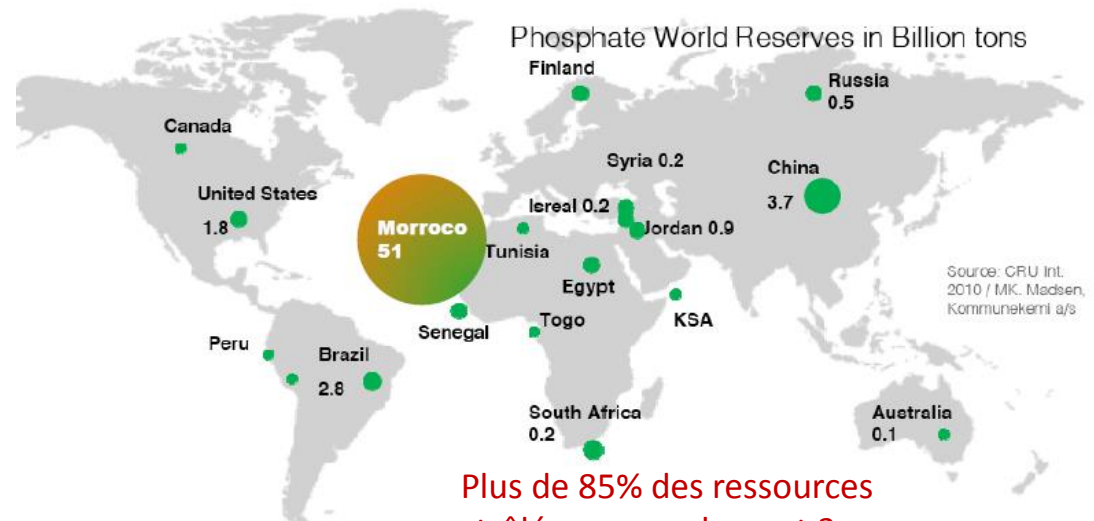
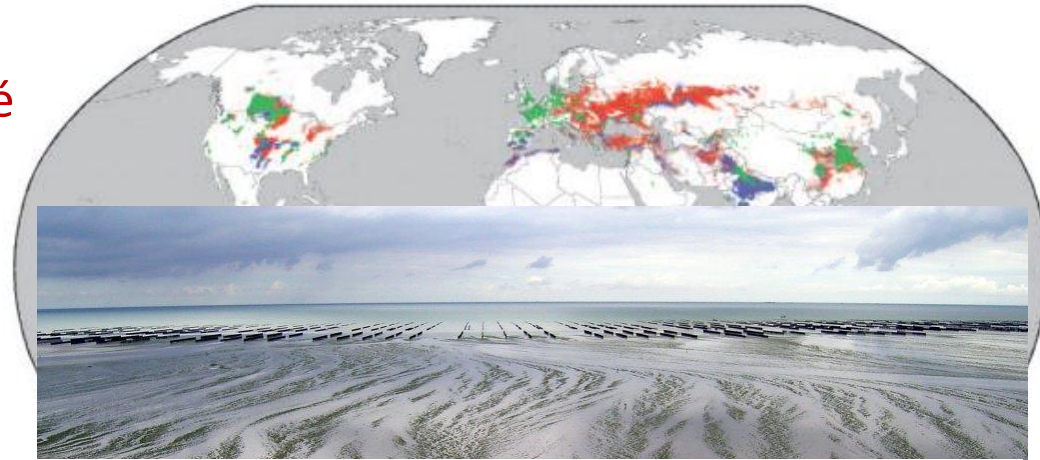
Une forte signature anthropogénique (~80% en 2010) du P disponible des sols



(Cui et al., PNAS, 2013)

Trois conséquences à l'accumulation d'éléments réactifs dans la Biosphère

- Une augmentation de la fertilité des sols (notamment agricoles)
- Des fuites importantes vers l'environnement
- Des questions au sujet de la disponibilité future des ressources fertilisantes



Plus de 85% des ressources contrôlées par seulement 3 pays

Trois conséquences à l'accumulation d'éléments réactifs dans la Biosphère

- Une augmentation de la fertilité

Un contexte qui rend nécessaire le bouclage des cycles des éléments

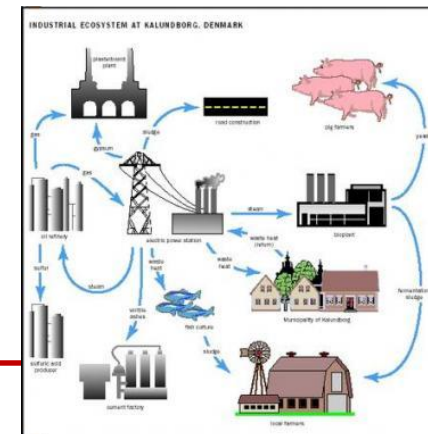
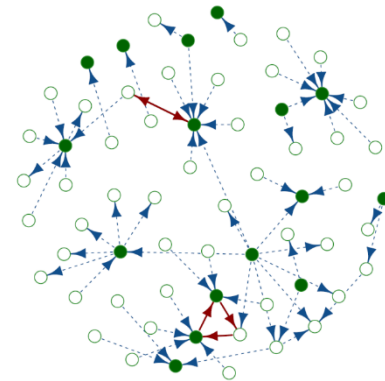
- À l'échelle locale
- Pour limiter les fuites vers l'environnement
- Pour valoriser les processus de recyclage et préserver les ressources fertilisantes



Plus de 85% des ressources contrôlées par seulement 3 pays

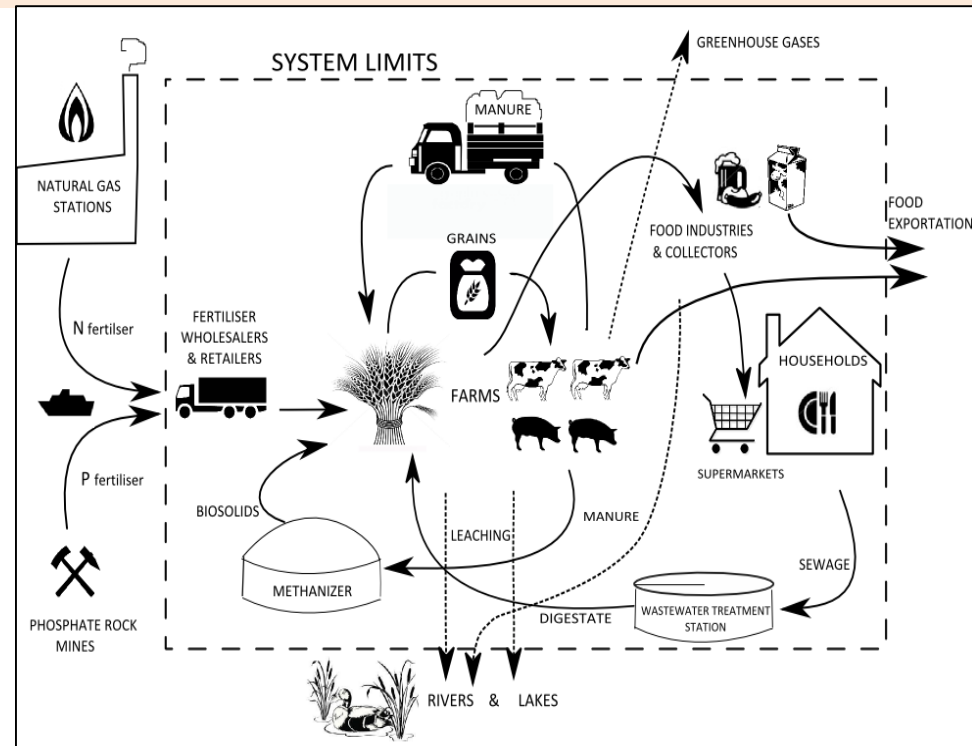
Le bouclage des grands cycles : un enjeu majeur pour les agronomes

- Des progrès agronomiques majeurs pour accompagner le bouclage des cycles aux échelles fines
 - À la parcelle : nombreux outils d'aide à la décision
 - À l'exploitation : bilans entrées/sorties, valorisation des PRO,...
- Des progrès moindres à l'échelle du territoire
 - Des leviers qui existent pour boucler les cycles à cette échelle...
 - ... rendus plus pertinents par
 - La spécialisation des exploitations
 - Le développement de projets de méthanisation, de bioraffinerie
 - La montée des enjeux d'économie circulaire



Un nouvel objet d'étude pour les agronomes : les filières agricoles dans les territoires

- Les filières agricoles dans les territoires apparaissent comme un niveau d'organisation pertinent pour envisager un meilleur bouclage local du cycle des éléments
- Toutefois, l'absence de modèle dynamique...
 - simulant les échanges de matières
 - entre acteurs au sein de filières variées
 - dans les territoires
- ... est un obstacle à la conception de modalités innovantes d'organisation de la production bouclant mieux les cycles de la matière



Disponible en ligne : www.cahiersagricultures.fr

ARTICLE DE SYNTHÈSE / REVIEW ARTICLE

OPEN ACCESS

Écologie et économie des interactions entre filières agricoles et territoire : quels concepts et cadre d'analyse ?

Science of the Total Environment 543 (2016) 467–479

Sophie Madelrieux^{1,*}, Nico



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



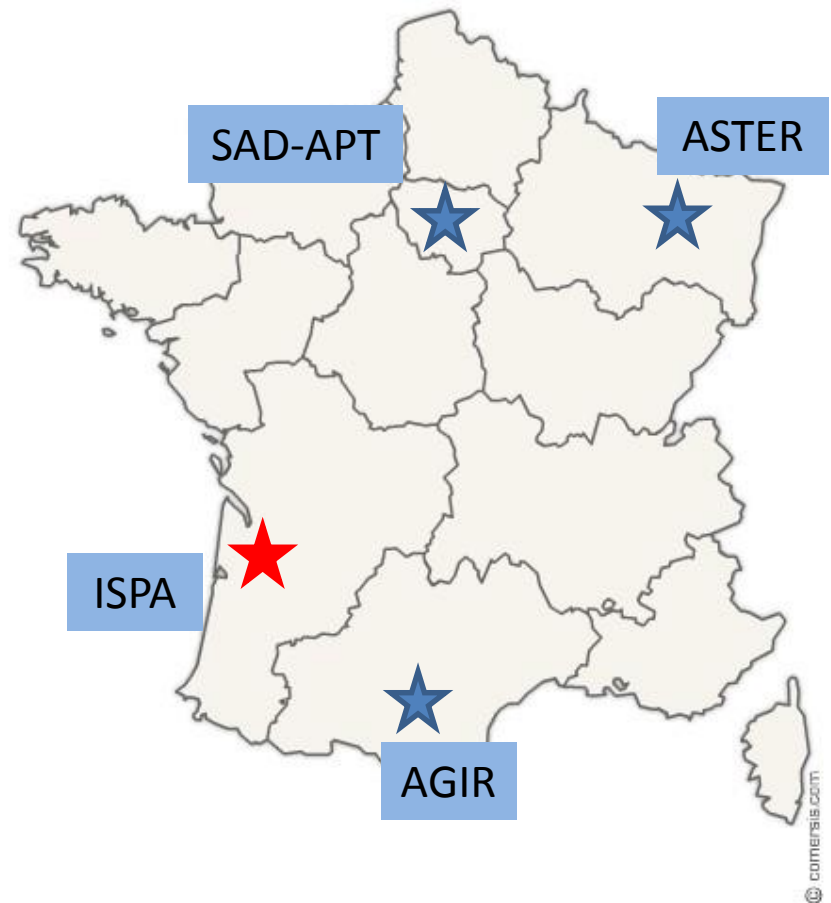
Towards an Agro-Industrial Ecology: A review of nutrient flow modelling and assessment tools in agro-food systems at the local scale

Hugo Fernandez-Mena^{a,b,*}, Thomas Nesme^a, Sylvain Pellerin^b

^a Bordeaux Sciences Agro, Univ. Bordeaux, UMR 1391 ISPA, F-33175 Gradignan, France
^b INRA, UMR 1391 ISPA, F-33883 Villenave d'Ornon, France

Le projet OTP-Serv : simuler les flux de matières agricoles dans les territoires

- **Objectif du projet**
 - Développer et tester un modèle simulant les flux de matières agricoles entre acteurs au sein de filières dans les territoires
 - Concevoir différents scénarios d'organisation de la production agricole... et les évaluer à l'aide du modèle
 - **En terme de degré de bouclage des cycles**
 - **En termes de services rendus par les agroécosystèmes associés aux flux de matière**
- **Organisation**
 - Financement : méta-programme EcoServ
 - Coordination : ISPA (Bordeaux)
 - Durée : 2015-2017
 - Association à la thèse de H. Fernandez-Mena

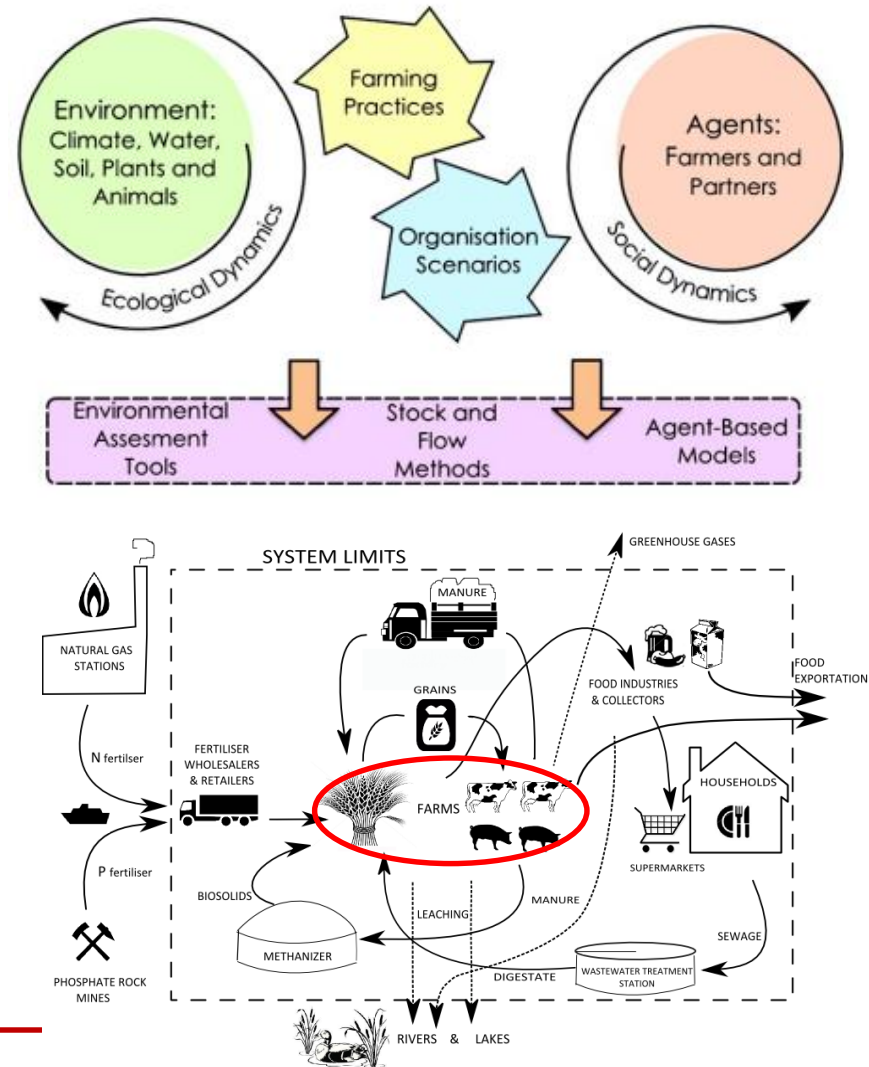


PRÉSENTATION DU MODÈLE

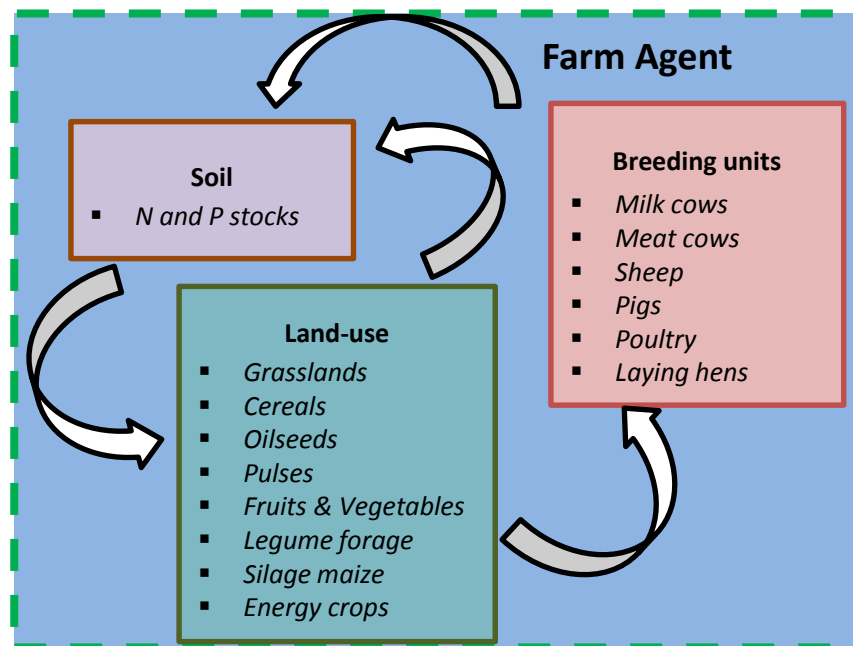
Principes généraux

- Développement d'un modèle couplant
 - Un modèle multi-agent simulant les interactions
 - Entre acteurs
 - Entre les acteurs et le milieu naturel
 - Une analyse des stocks et flux d'éléments minéraux
 - Une estimation des impacts environnementaux
- Périmètre du système d'étude
 - Les fermes du territoire
 - Et leurs partenaires immédiatement amont et aval (dans ou en dehors du territoire)

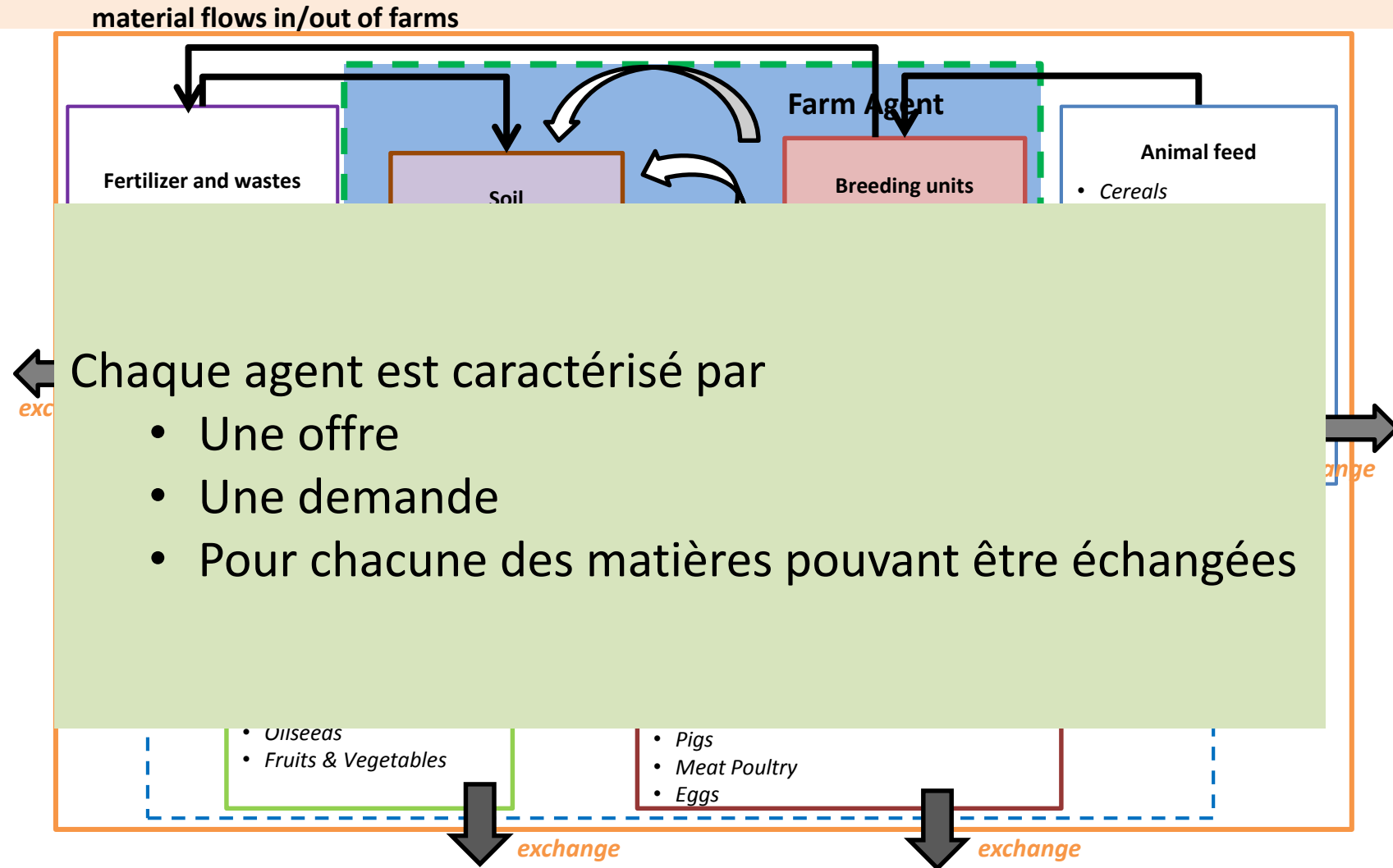
Agro-Industrial Ecology



Représentation des agents modélisés

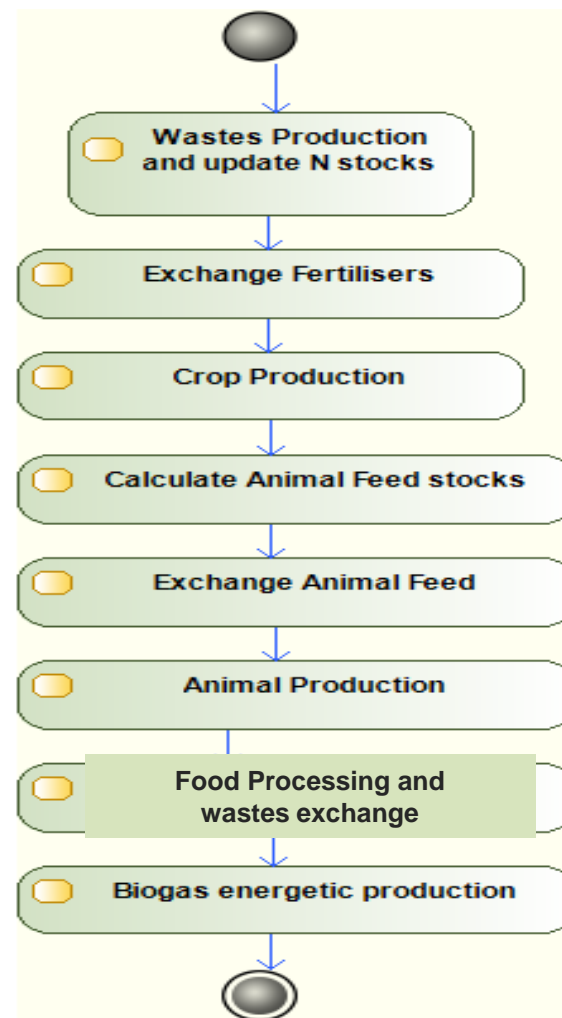


Représentation des agents modélisés



Processus modélisés

- **A chaque pas de temps, le modèle simule**
 - La production de déchets (yc fumiers) et le besoin en fertilisants des fermes
 - L'échange de déchets et fertilisants (pour fertilisation et méthanisation)
 - La production végétale
 - Les besoins en aliments des animaux
 - L'échange de produits végétaux (pour alimentation des animaux et méthanisation)
 - La production animale
 - L'échange de déchets des IAA
 - La méthanisation et production d'énergie
- **Caractéristiques du modèle**
 - Pas de temps : annuel
 - Résolution : l'agent économique



Processus modélisés

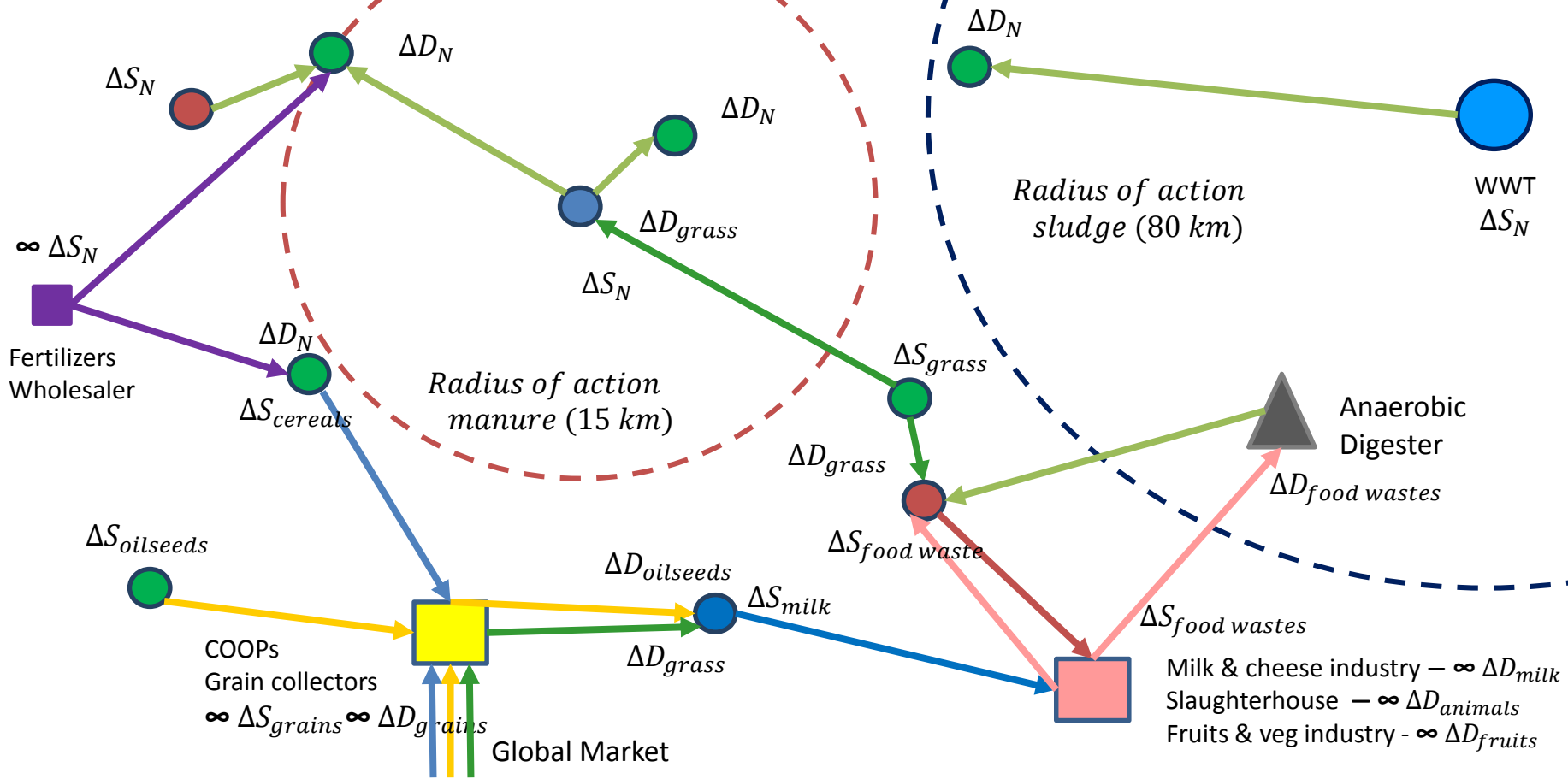
- A chaque pas de temps, le modèle simule
 - La production de déchets (yc fumiers) et le besoin en fertilisants des fermes
 - L'échange de déchets et fertilisants (pour fertilisation et méthanisation)
 - La production végétale
 - Les besoins en aliments des animaux
 - L'échange de produits végétaux (pour alimentation des animaux et méthanisation)
 - La production animale
 - L'échange de déchets des IAA
 - La méthanisation et production d'énergie
- Caractéristiques du modèle
 - Pas de temps : annuel
 - Résolution : l'agent économique
- Le cœur du modèle : simuler la probabilité que 2 agents échangent de la matière, en fonction de
 - Leur proximité spatiale
 - La correspondance de leur offre et demande
 - Leur historique d'échange
 - Leurs préférences personnelles
 - **Pour les différentes matières**
 - **Pour les différents usages**
- Les processus simulés sont très simples
 - Productions fondés sur des données statistiques
 - Feedback entre fertilisation des sols et rendement
 - Utilisation de facteurs d'émission
 - Pas de processus économique

$$\text{Probability (bp)}_{i,j} = \text{Proximity}_{i,j} * \text{Material_Load_Balance}_{i,j} * \text{Preference}$$

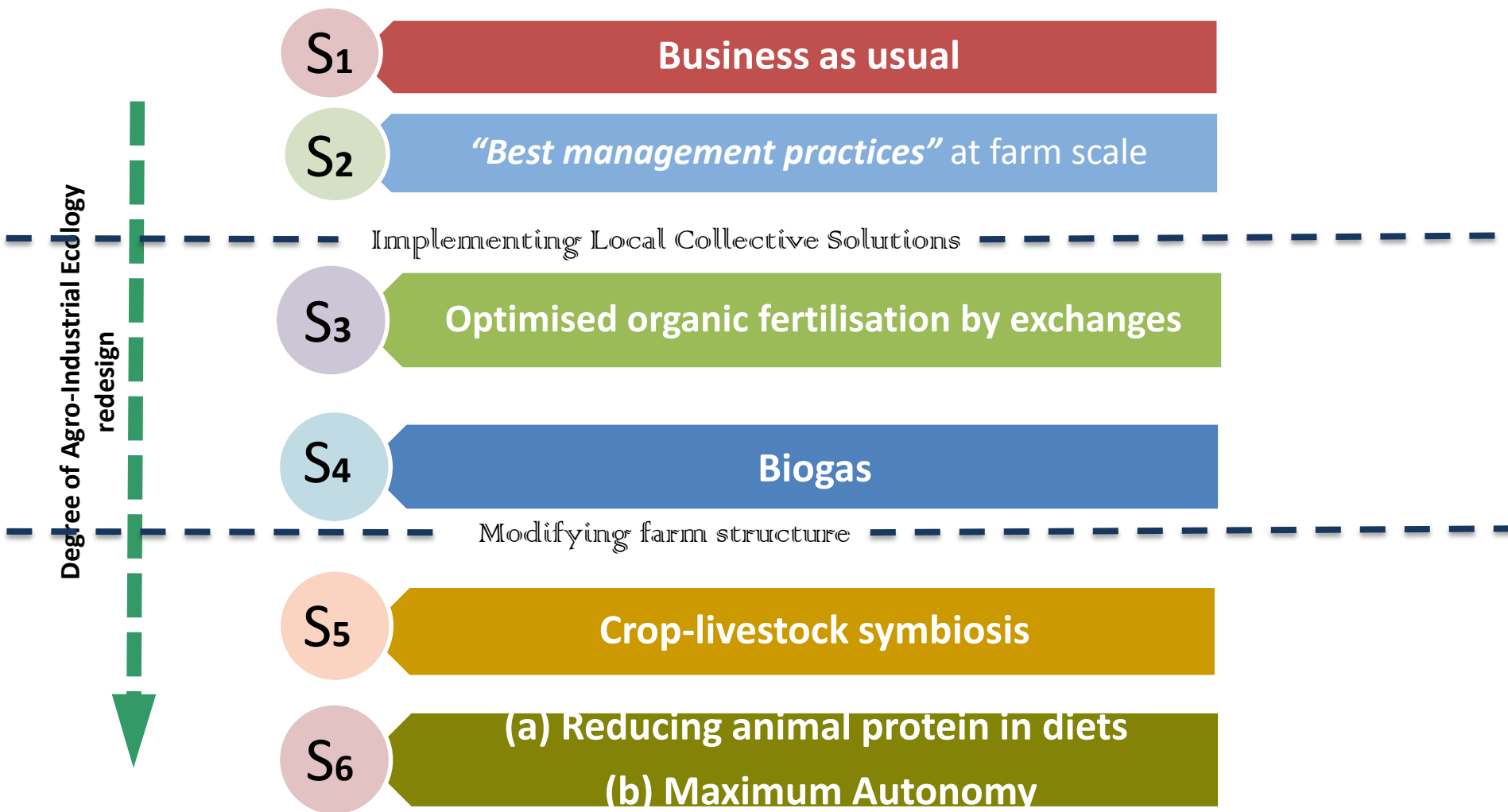
$$\text{Proximity} = \left(\frac{1}{\text{Distance}^a} \right);$$

$$\text{Material Load Balance} = \left(\frac{|\Delta Si + \Delta Dj|}{\max[\Delta Si, \Delta Dj]} \right);$$

Preference coefficients for uses or materials



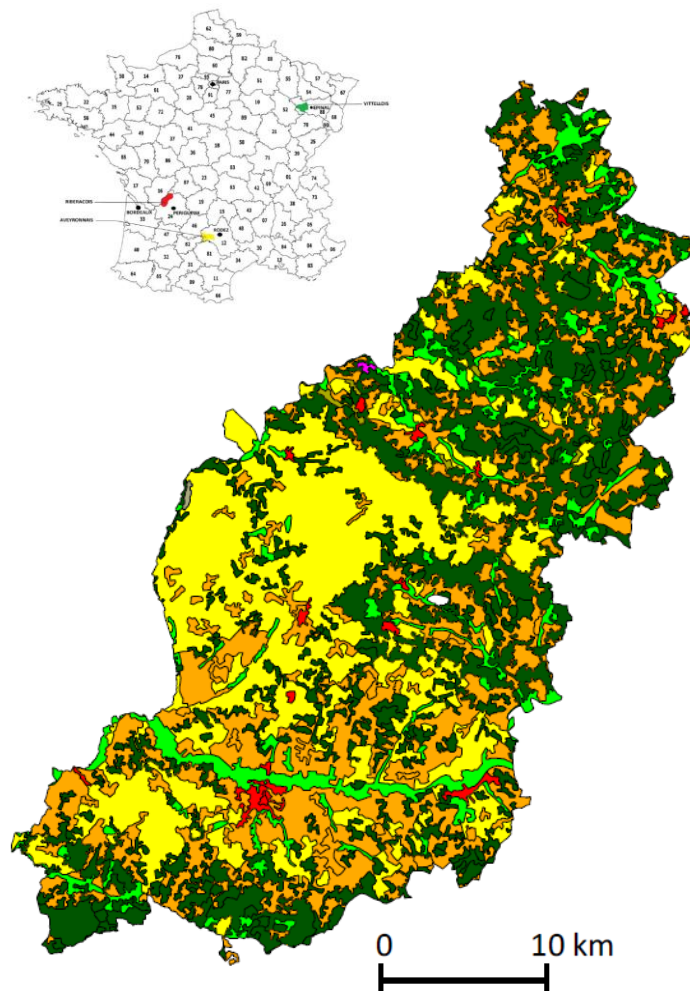
Couplage du modèle avec différents scénarios d'organisation de la production agricole dans les territoires



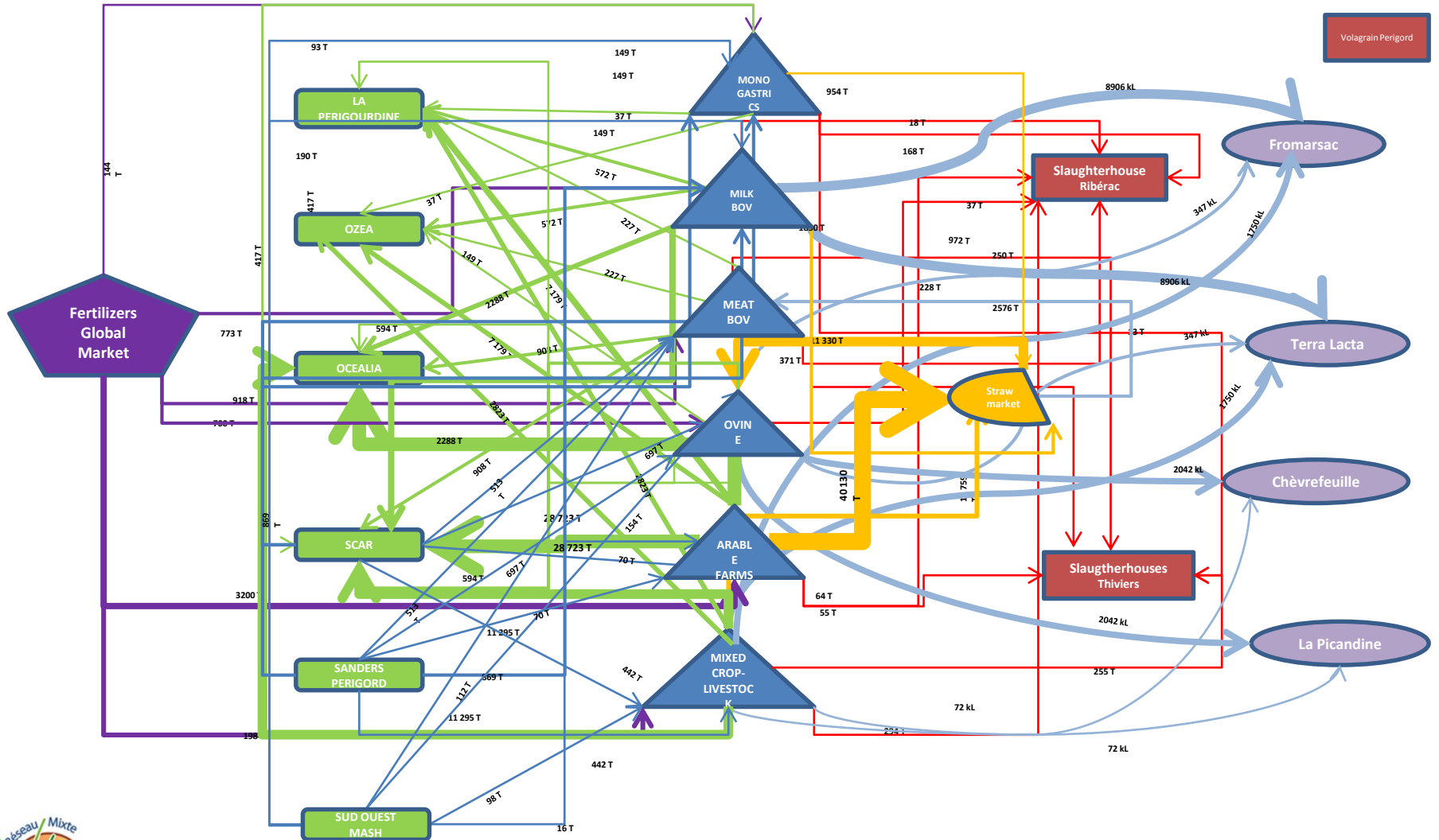
APPLICATION ET PREMIERS RÉSULTATS

Application du modèle au territoire du Ribéracois

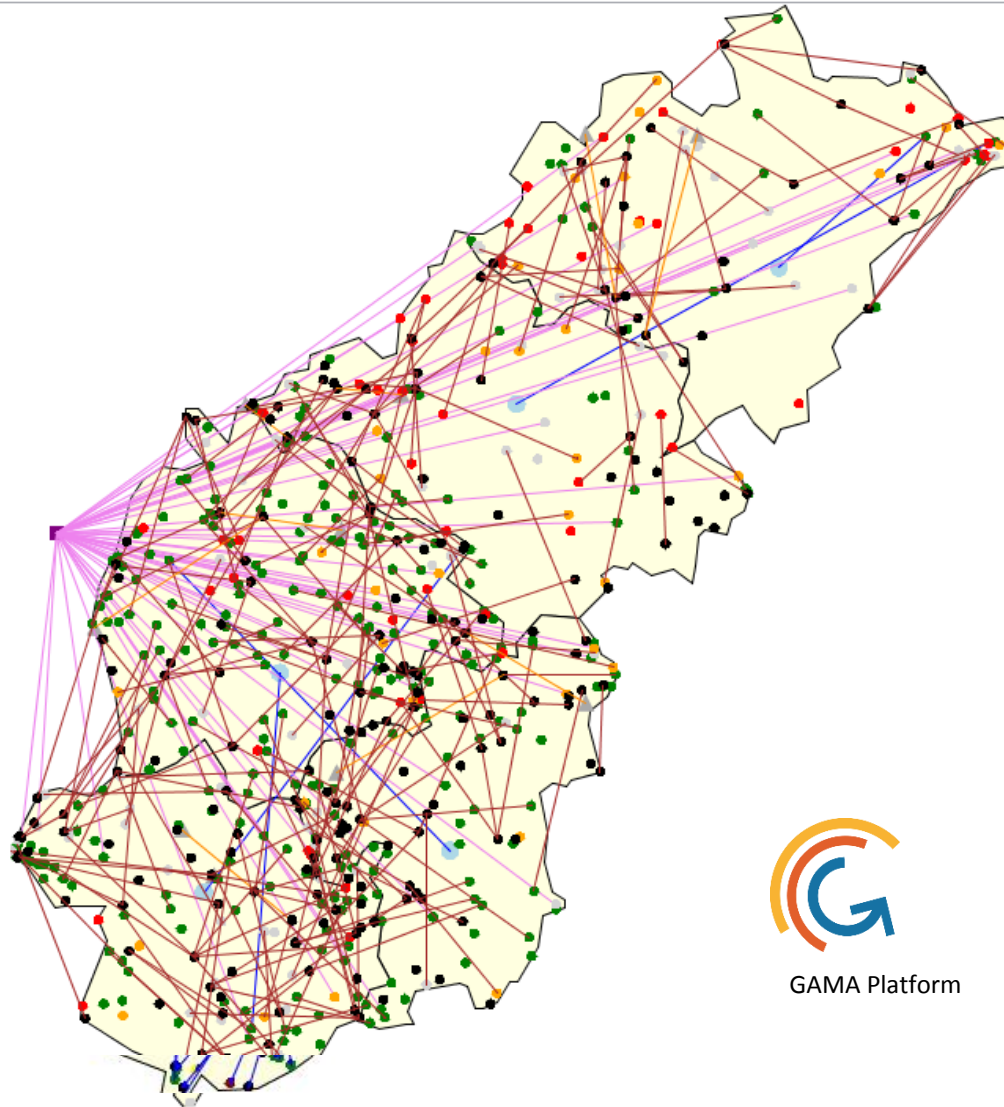
- **Territoire d'étude**
 - Orientations de production diversifiées
 - Environ 1000 km²
 - Enjeu d'autonomie, d'ancrage local et de maintien de l'élevage
- **Large diversité d'acteurs**
 - ~800 exploitations d'orientations diverses
 - 6 coopératives collectrices de grains
 - 2 abattoirs
 - 4 laiteries
 - ~10 stations d'épuration
 - 1 méthaniseur



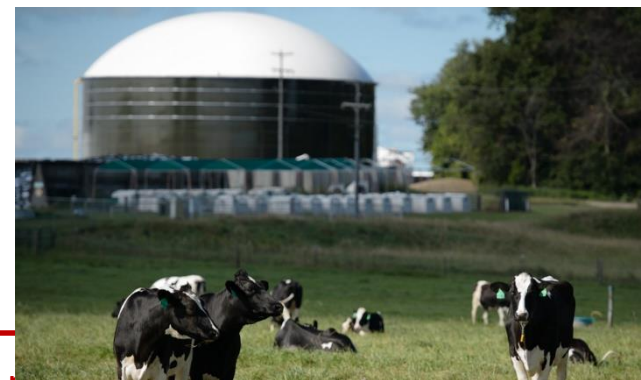
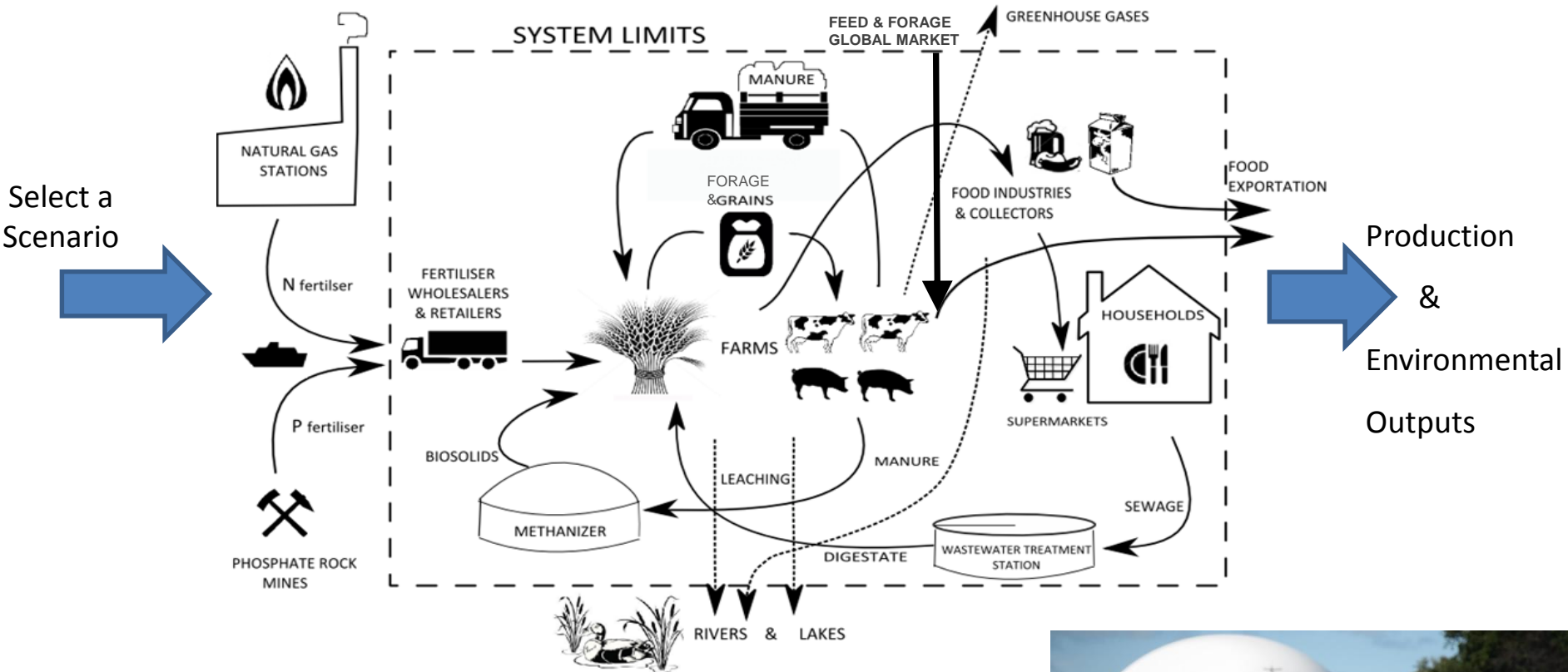
Flux de matières estimés entre groupes d'agents dans le territoire



Modélisation des flux de matières entre acteurs



Simulation d'un scénario d'organisation de la production agricole

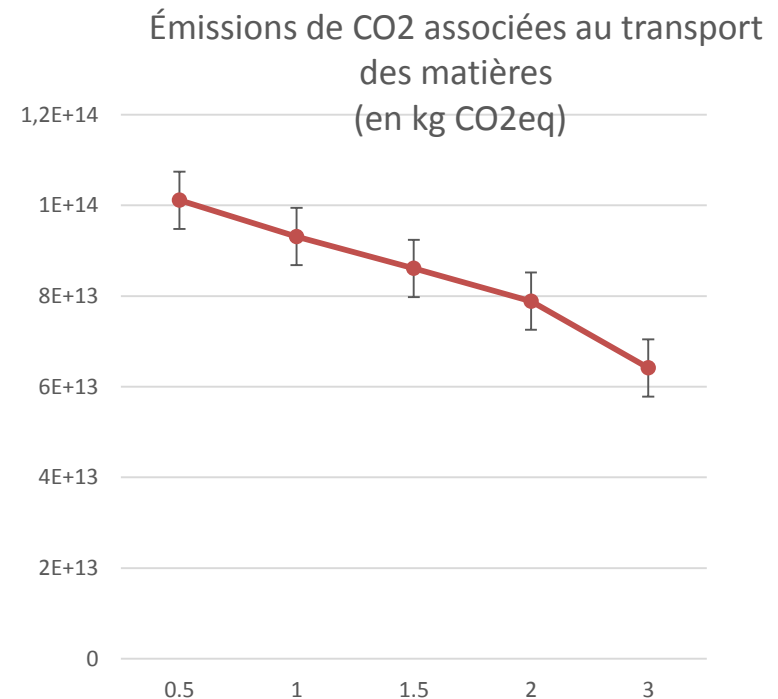
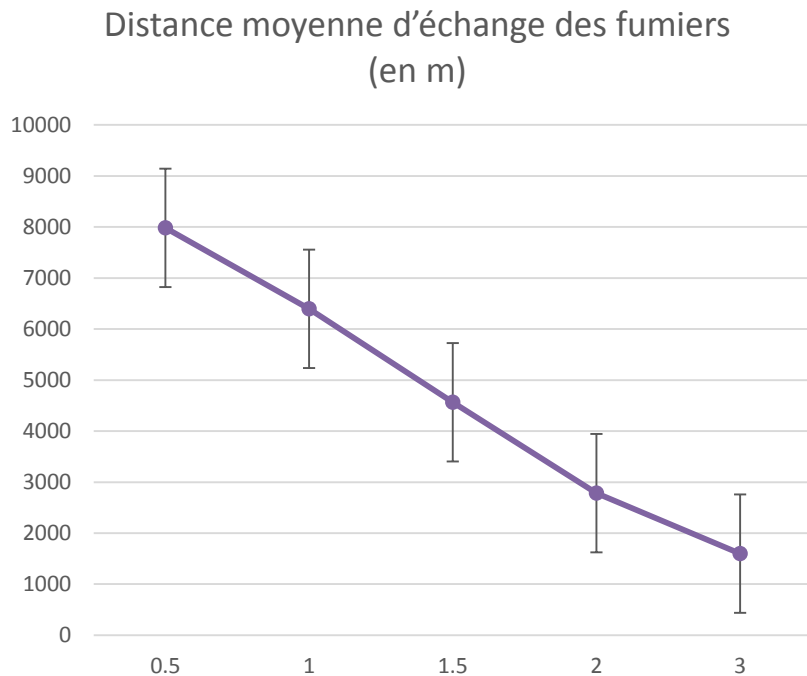


Premiers résultats

Indicator	Baseline	With anaerobic digester simulation
Forage_district_balance (kt DM/yr)	-44	-46
Deficit_in_feed_by_products (t DM/yr):	19.0	19.1
Total_biogas_produced (m3/yr)	0.0	2381
Food_processing_wastes_for_digestion (t DM/yr)	0.0	12
food_processing_wastes_for_animal feed (t DM/yr)	20.5	19.1
total_N_recycled_from_manure (tN/yr)	159.7	213.8
total_N_manure_recycled_through_digestion (tN/yr)	0.0	0.3
total_N_used_from_chemical_fertiliser (tN/yr)	4226.9	4180.7
C_stored_in_soils (kt C/yr)	17.1	16.8
CO2_Soil_and_Residues_Mineralisation (kt CO2e/yr)	65.7	65.0

Analyse de sensibilité (en cours) : Effet de l'exponentiel de la distance sur les échanges de matières entre agents

$$\text{Probability (bp)}_{i,j} = \left(\frac{1}{\text{Distance}^a} \right) * \text{Material_Load_Balance}_{i,j} * \text{Preference}$$



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

thomas.nesme@agro-bordeaux.fr