



De l'exploitation agricole à la région

Modèle régional

Aude RIDIER

ModelEco

Modèle–exploitation *versus* Modèle–région

	Points Positifs	Points Négatifs
Modèle d'exploitation	<ul style="list-style-type: none">• Echelle de décision• Passage à l'échelle parcelle	<ul style="list-style-type: none">• Faible généralisation
Modèle–Région (unité décision = Région)	<ul style="list-style-type: none">• Hétérogénéité : sol, climat,• Passage à l'échelle parcelle	<ul style="list-style-type: none">• Pas d'entrée exploitation• Pas d'hétérogénéité des structures
Modèle Hybride (unité décision = exploitation)	<ul style="list-style-type: none">• Hétérogénéité : sol, climat, structures• Passage à l'échelle parcelle• Interactions entre exploitations• Résultats à multiples échelles	<ul style="list-style-type: none">• Défis méthodologiques / changement d'échelle

Modèle–exploitation *versus* Modèle–région

	Points Positifs	Points Négatifs
Modèle d'exploitation	<ul style="list-style-type: none">• Echelle de décision• Passage à l'échelle parcelle	<ul style="list-style-type: none">• Faible généralisation
Modèle–Région (unité décision = Région)	<ul style="list-style-type: none">• Hétérogénéité : sol, climat,• Passage à l'échelle parcelle	<ul style="list-style-type: none">• Pas d'entrée exploitation• Pas d'hétérogénéité des structures
Modèle Hybride (unité décision = Exploitation)	<ul style="list-style-type: none">• Hétérogénéité : sol, climat, structures• Passage à l'échelle parcelle• Interactions entre exploitations• Résultats à multiples échelles	<ul style="list-style-type: none">• Défis méthodologiques / changement d'échelle

Plan du cours

- ▶ **Séquence 1 – Modèle régional et prise en compte de l'hétérogénéité**
- ▶ **Séquence 2 – Modèle régional et calibrage**
- ▶ **Séquence 3 – Modèle régional : étude de cas**

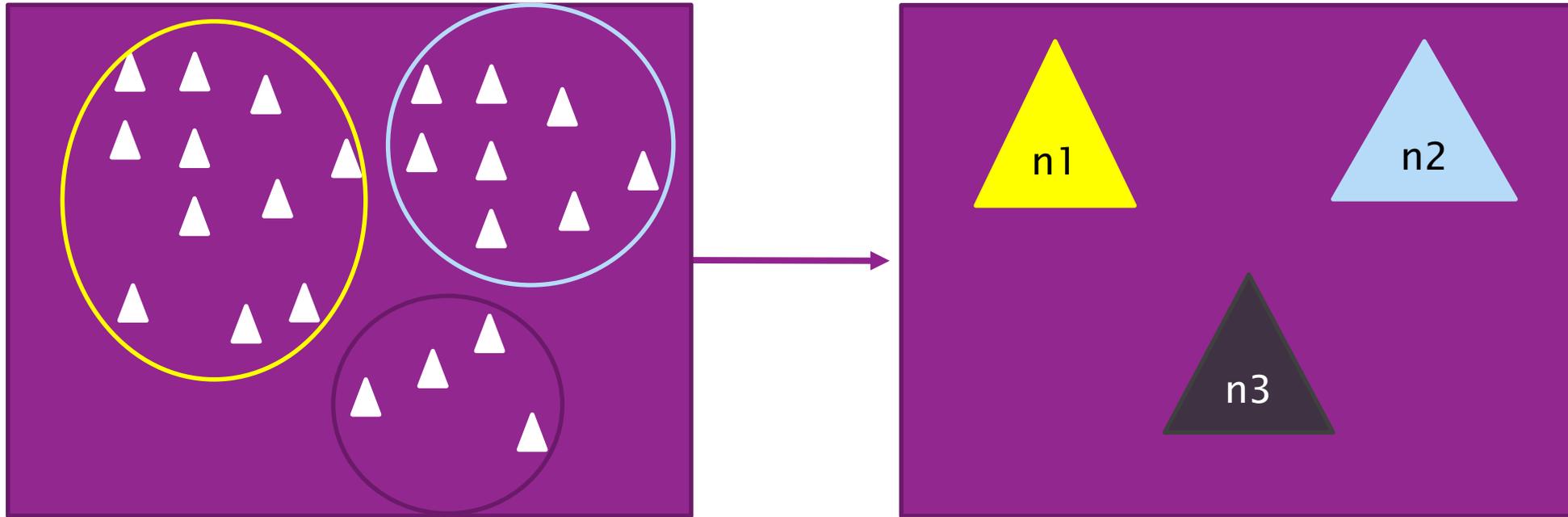
Séquence 1

Modèle régional et prise en compte de l'hétérogénéité

Aude RIDIER

ModelEco

Modèle régional et prise en compte de l'hétérogénéité



k exploitations

x_k^* : vecteur d'activités de l'exploitation k

3 exploitations représentatives

n_i : nombre d'exploitations du type i

x_i^* : vecteur d'activités de l'exploitation i

Biais d'agrégation : $|\sum_i n_i x_i^* - \sum_k x_k^*|$

Typologie et minimisation du biais d'agrégation

- ▶ **Théoriquement** : conditions d'exacte agrégation à l'intérieur d'un **type** (Day, 63)
 - Homogénéité technologique : $A_k = A$
 - Homogénéité pécuniaire : $c_k = \gamma_k c$
 - Homogénéité institutionnelle : $b_k = \lambda_k b$
- ▶ **Empiriquement** :
 - Classement des exploitations ayant les mêmes activités, les mêmes ressources (taille, structure) et les mêmes technologies (productivité, coûts de production, performance)
 - Echelle région : biais d'agrégation demeure

Méthodes typologiques

► Choix des variables

Critères privilégiés : dépendent de la question posée

Variables souvent utilisées :

- Dotations en facteurs de production (taille)
- Combinaisons de production (spécialisé vs diversifié)
- Techniques et pratiques (intensif, extensif)

► Classement des méthodes

	Positiviste	Constructiviste	Mixte
Choix des critères classants ou clés	Analyse de données	Dire d'experts	Analyse de données Dire d'experts
Affectation individus-classe	Classif Statistique	Agrégative Segmentation	Classif Statistique Agrégative Segmentation
Données	<u>Enquêtes statistiques</u> ou autres	Enquêtes statistiques ou <u>autres</u>	Enquêtes statistiques ou autres

Illustration : étude de cas modèle autonomie protéique (projet TERUNIC)

► Objectifs

- Evaluer les possibilités de développement de cultures légumineuses
- Tenant compte des potentiels de production des ≠ zones et de de vulnérabilité des sols à la pression N organique
- Légumineuses utilisables en alimentation animale par différents systèmes de production (bovins, porcs, volailles)
- L'interaction animal-végétal importe ; alimentation, gestion des effluents, possibilité d'échanges (transport)

► Choix méthodologique / typologie

- Consultation d'une 20aine d'experts / identification de variables de fonctionnement / autonomie protéique.
- Test de la représentativité des types sur BDD (INOSYS, DRAAF)

Illustration : étude de cas modèle autonomie protéique (projet TERUNIC)

▶ **Partie végétale**

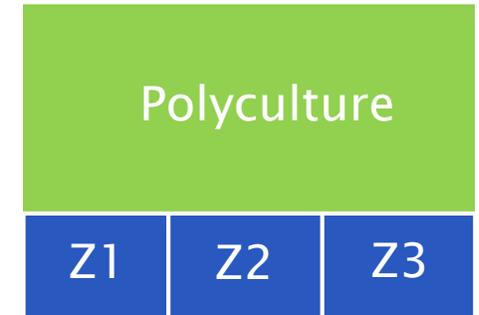
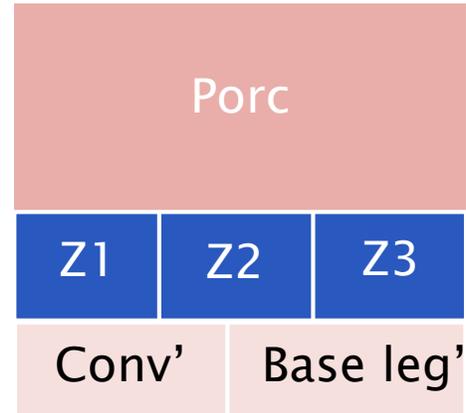
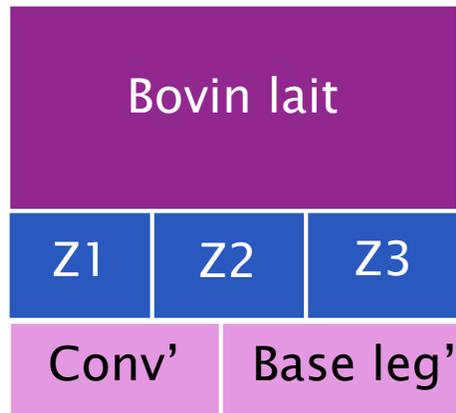
Identification de rotations dominantes et de rendements par culture selon les zones géographiques

▶ **Partie animale**

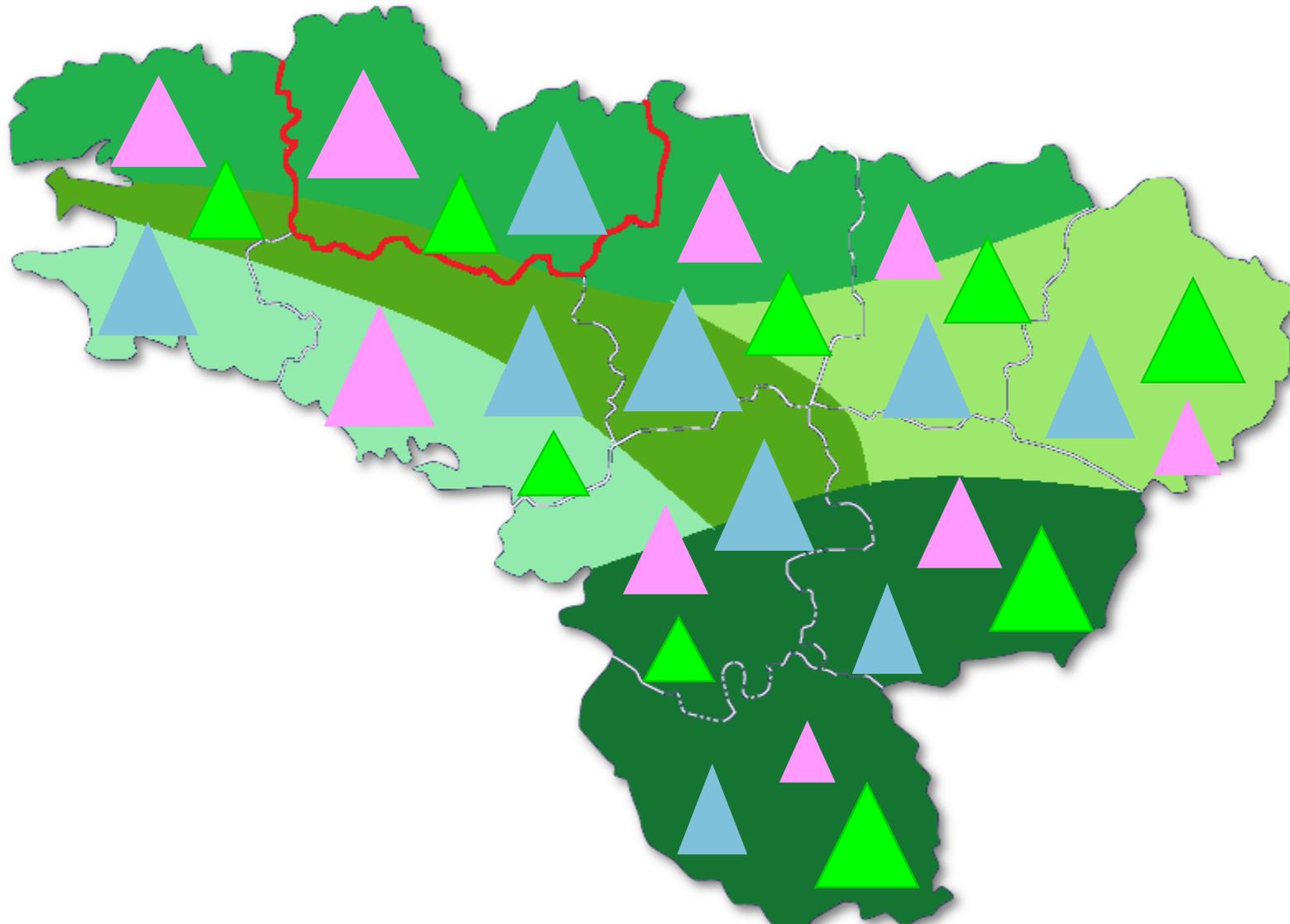
Typologie de fonctionnement avec les experts

- Très complexe : > 80 types !
 - Beaucoup non représentatifs statistiquement
- ▶ **Au final** : Croisement des critères de zone pédoclimatique avec principaux systèmes de production animale : 9 types
- ▶ Chaque type = un ensemble d'activités (actuelles + alternatives/légumineuses) + potentiels de rendement végétaux selon zone

Méthode : typologie des exploitations



Modèle régional / autonomie protéique



Séquence 1

Modèle régional et prise en compte de l'hétérogénéité

Exemples de modèles Classés selon la stratégie / typologie

Aude RIDIER

ModelEco

Séquence 1

Modèle régional et prise en compte de l'hétérogénéité

Exercices #1.1 et #1.2

Aude RIDIER

ModelEco

Exercice # 1.1

Exploitation–Région *versus* Plusieurs exploitations représentatives?

En quoi les résultats agrégés de deux modèles d'exploitations différentes

Sont différents des résultats d'une seule exploitation–région dotée des mêmes ressources et des mêmes technologies ?

Cas de deux exploitations de grandes cultures

Exercice # 1.2

Plusieurs exploitations représentatives

Agrégation de deux exploitations représentatives

On peut faire varier les hypothèses sur la disponibilité des technologies
(et la mobilité des facteurs)

Cas d'une exploitation d'élevage et d'une exploitation de grandes cultures

Conclusion de la séquence 1

- ▶ **Problème** : passage de l'exploitation à la région
- ▶ **Typologies d'exploitations** : garder l'entrée « Exploitation » (notion d'exploitation **représentative**)
 - Pertinent si problème **d'innovation, d'attitude, d'adoption,...**
 - Pertinent si on veut prendre en compte des **interactions** entre exploitations
 - Convient pour le passage **parcelle<->exploitation** mais données parcelles par toujours dispo à l'exploitation et inversement
 - Minimiser le biais d'agrégation : conditions d'homogénéité contraignantes souvent relâchées
- ▶ **Agrégation** de plusieurs modèles d'exploitations représentatives
 - Fonction objectif = somme des fonctions-objectifs + attributs collectifs possibles
 - Plusieurs hypothèses possibles sur : **mobilité des facteurs (terre,..) et des technologies**
 - Ne conduisant pas aux mêmes résultats
- ▶ Agrégation= étape préalable à la construction d'un modèle d'équilibre (sectoriel)

Séquence 2

Modèle régional et calibrage

Aude RIDIER

ModelEco

Définition et principe du calibrage

- ▶ Calibrage d'un modèle régional issu de l'agrégation de n exploitations représentatives
 - Pour une année de référence, ou une moyenne d'années
 - Ecart [résultats du modèle pour l'année de base] / [décisions observées]
 - Si trop élevé: modèle inadéquate pour la simulation de scénarios (→ validation)
- ▶ Tests de calibrage : déviation Observé / Simulé : **Pourcentage de Déviation Absolue**

$$PAD (\%) = 100 \times \frac{\sum_i |C_{oi} - C_i|}{\sum_i C_{oi}}$$

C_{oi} Valeur C observée du montant de l'activité i

C_i Valeur C simulée de l'activité i

Les causes de déviation

Deux sources possibles

- Mauvaise spécification du modèle (fonction-objectif ou contraintes)
- Mauvaise connaissance des données (coefficients techniques, prix, valeur des ressources).

Exemple : diverses causes à explorer en cas de surproduction d'une activité (H&N, 1986) ;

1	Rendements de production trop élevés (erreur d'évaluation des données)
2	Sous-estimation des besoins en inputs (coefficients techniques erronés)
3	Sous-estimation des prix des inputs (prix erronés)
4	Erreurs de rendements et de coûts sur les activités concurrentes
5	Mauvaise spécification de la fonction de la fonction objectif et du modèle de décision de l'agriculteur (ex : non prise en compte du risque)
6	Sur-estimation des ressources disponibles

Analyse des déviations et des erreurs du modèle

Causes	Analyse
Sous-estimation des rendements ou des prix	<ul style="list-style-type: none">• Tests de sensibilité
Coefficients techniques erronés ou incomplets	<ul style="list-style-type: none">• Spécification des activités : multiplier les choix techniques d'activités à rendements constants• Spécification des contraintes : introduire des contraintes flexibles qui ont du sens du point de vue la technologie et sont susceptibles de rester toujours valables
Spécification de la fonction-objectif	<ul style="list-style-type: none">• Prise en compte du risque : introduction d'une fonction objectif quadratique (NLP) et d'un paramètre de calibrage (Φ)• Modification du modèle comportemental (cf module avancé)

Le calibrage parfait du modèle : Programmation Mathématique Positive

- ▶ **La PMP, une alternative intéressante :**
 - Calibrage parfait au temps t (validation du modèle, au moins au temps t)
 - Si très peu de données
 - Si la question du calibrage parfait est prioritaire : modèle régional ou sectoriel
- ▶ **Principes :**
 - Introduire dans la fonction-objectif du modèle un terme non linéaire
 - Qui agrège toute l'information permettant d'expliquer les déviations entre la solution simulée et la solution observée au temps t chez les agriculteurs
 - Afin d'obtenir exactement la situation observée : d'où l'appellation programmation positive
- ▶ **Hypothèse :** les résultats observés résultent d'une maximisation de profit incluant une fonction de coût dont les paramètres ne sont pas accessibles mais peuvent être estimés à partir de la solution duale du problème de PM écrit avec des contraintes de calibrage

Principe de la Programmation Mathématique Positive

Programmation linéaire

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n (p_j y_j - c_j) x_j$$

Sous contraintes :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i ; (\lambda_i) i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0 ; j = 1, 2, \dots, n$$

Information nécessaire :

$p_j, y_j, \underline{c_j}, a_{ij}, b_i$

Programmation linéaire / contraintes de calibrage

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n (p_j y_j - c_j) x_j$$

Sous contraintes :

$$x_j \leq x_j^0 (1 + \varepsilon) ; (\mu_j)$$

Information nécessaire :

$p_j, y_j, \underline{x_j^0}$

Programmation Mathématique Positive

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n (p_j y_j x_j - C(x_j))$$

$$C(x_j) = f(x_j, x_j^0, \mu_j)$$

Hypothèses de résolution du problème PMP

- ▶ L'allocation initiale de surfaces observée est optimale
- ▶ Les contraintes techniques de la production sont prises en compte dans la fonction de coût $C(x)$
- ▶ La fonction de coût est non linéaire; forme mathématique possible :

$$C(x_j) = \alpha_j x_j + \frac{1}{2} \beta_j x_j^2$$

- ▶ Problème de détermination des paramètres α et β
- ▶ Une solution mathématique est $\alpha_j = c_j - \mu_j$ et $\beta_j = \frac{2\mu_j}{x_j^0}$

Séquence 2

Modèle régional et calibrage

Exercices #2.1

Aude RIDIER

ModelEco

Séquence 1

Modèle régional – Etude de cas

Thèse de Julia JOUAN Projet TERunic (2017–2020)

UMR SMART LERECO, AGROCAMPUS OUEST INRA, Rennes



UNION EUROPÉENNE



Région
PAYS
de la
LOIRE

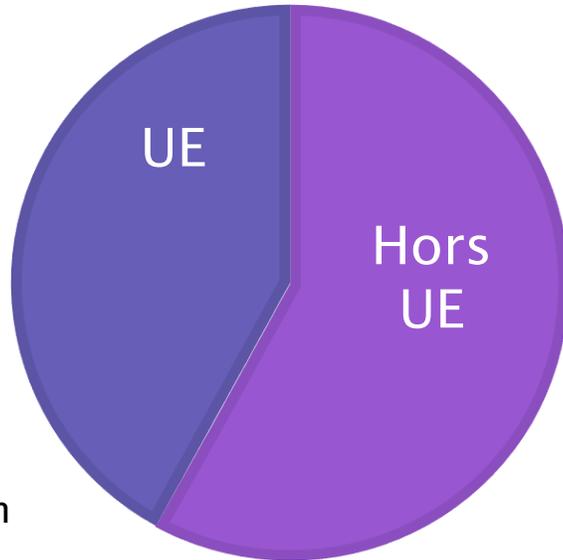
CE PROJET EST COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN AGRICOLE
POUR LE DÉVELOPPEMENT RURAL. L'EUROPE INVESTIT DANS LES ZONES RURALES

Aude RIDIER

ModelEco

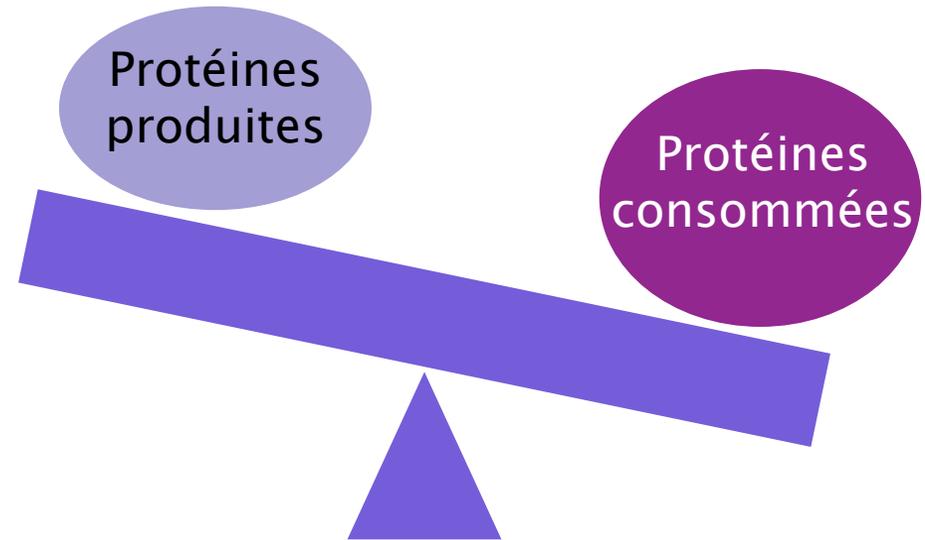
I. Contexte : l'autonomie protéique

Matières Riches en Protéines (T)



European Commission 2017

58% des MRP consommées dans l'UE sont importées



Déficit en autonomie protéique



Déforestation
Utilisation d'OGM
Sécurité alimentaire

I. Contexte : les légumineuses

Légumineuses => plantes riches en protéines

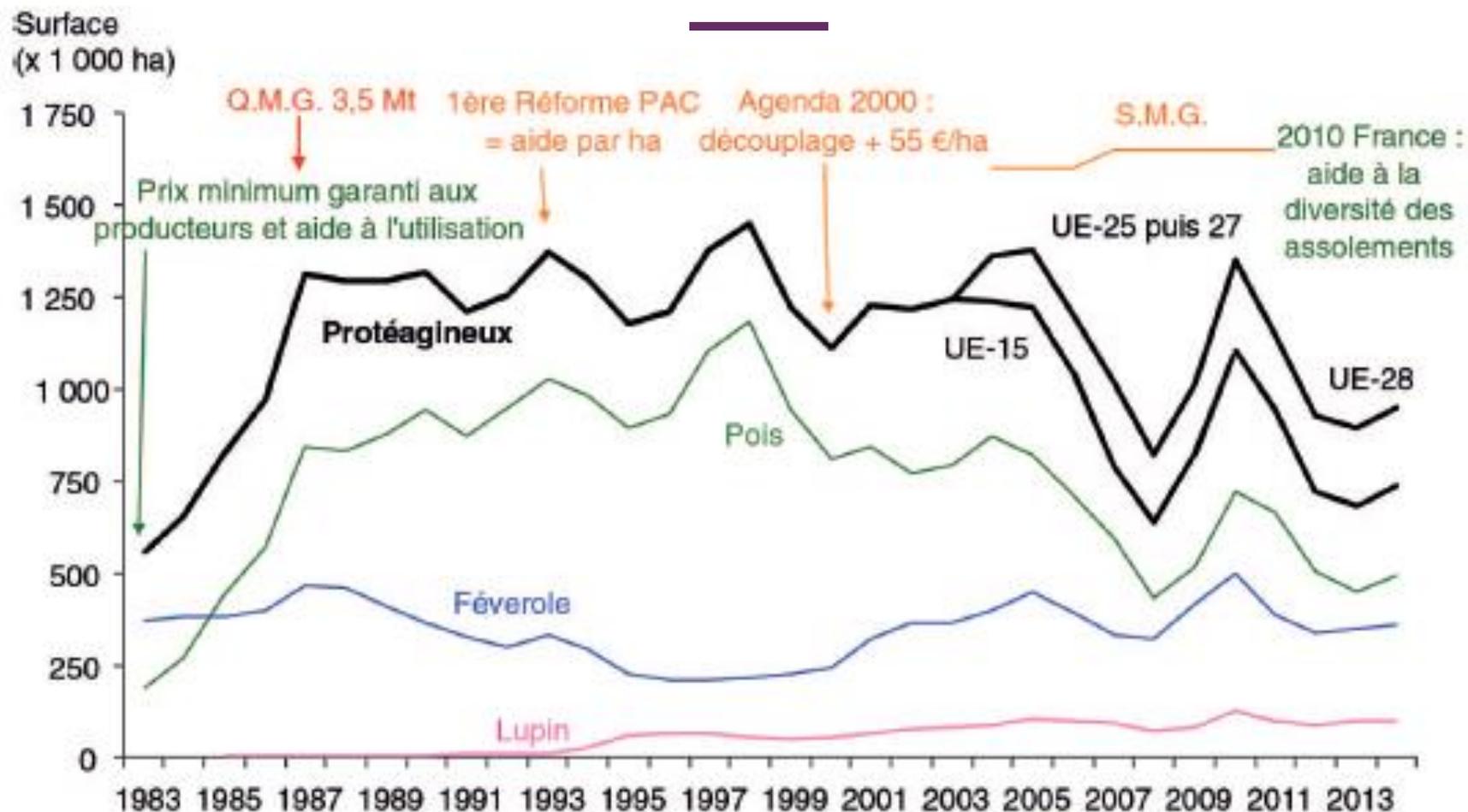
Légumineuses graines :
protéagineux (pois, féverole,
lupin) + soja



Légumineuses fourragères :
luzerne, sainfoin, pois fourrager



I. Contexte – Problématique



Evolution des surfaces de protéagineux en lien avec les évolutions réglementaires (Schneider et al, 2015)

I. Contexte : les légumineuses



*Marge brute annuelle
moins élevée*



*Rendements perçus comme
fortement variables*



Epandage limité



*Augmentation de
l'autonomie protéique*



*Impacts positifs sur
l'environnement*

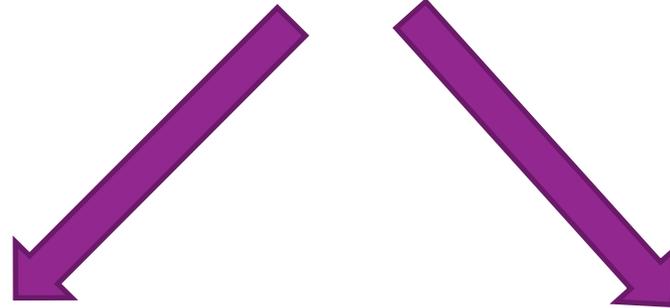


Effet précédent

I. Contexte – Problématique

Objectif général :

Evaluer *ex-ante* les conséquences de l'accroissement des surfaces de légumineuses



Economiques

Environnementales

I. Contexte – Etat de l’art

Modèle bio-économique :



✓ Analyse prospective de changements non observés, à la différence des modèles économétriques (Jacquet et al., 2011)

✓ Analyse de changements techniques fins

✓ Analyse impacts économiques et environnementaux (Janssen and van Ittersum, 2007)

✓ Problématique des légumineuses

✗ Modèles uniquement à l’échelle de la parcelle (Reckling et al., 2016) ou de l’exploitation (Schläfke et al., 2014; Mahmood et al., 2017)

I. Contexte – Etat de l’art

Modèle **bio-économique hybride** (Britz et al., 2012) :



échelle où les décisions sont prises



échelle où les résultats des politiques publiques sont analysables



Autre problématique que les légumineuses



Diversité pédo-climatique non prise en compte

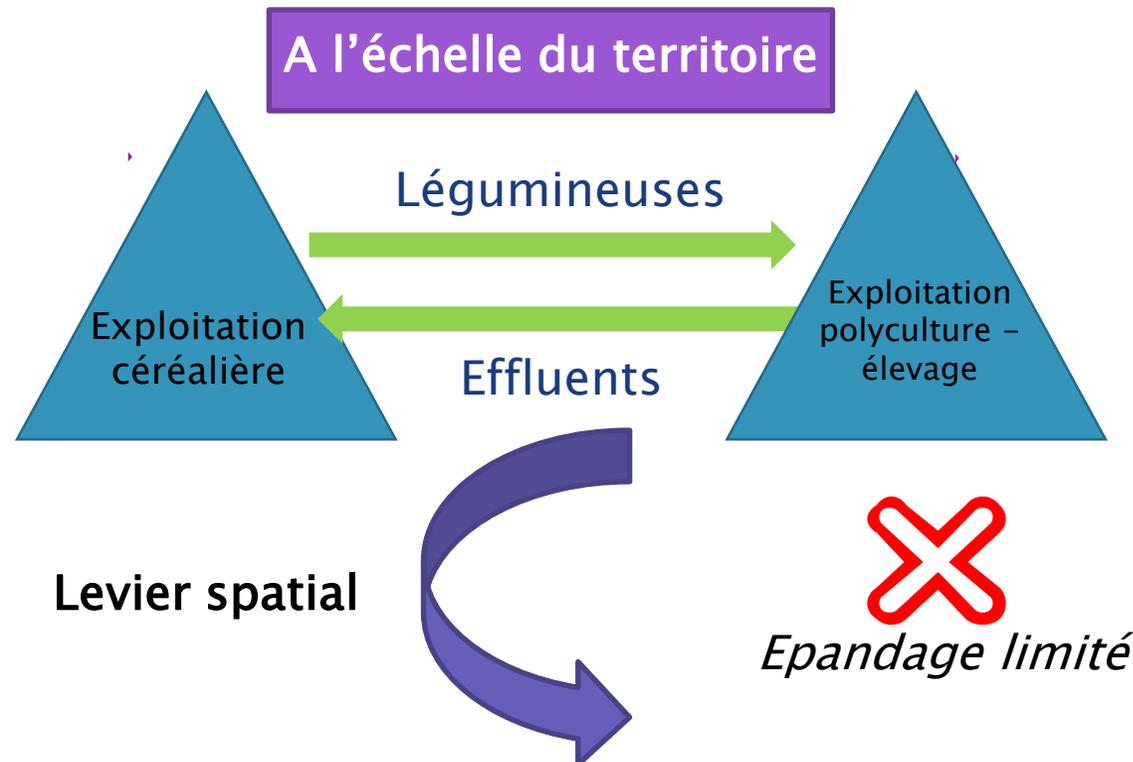


- Découplage aides (Galko and Jayet, 2011)
- Verdissement PAC (Gocht et al., 2017)

II. Questions de recherche et objectifs

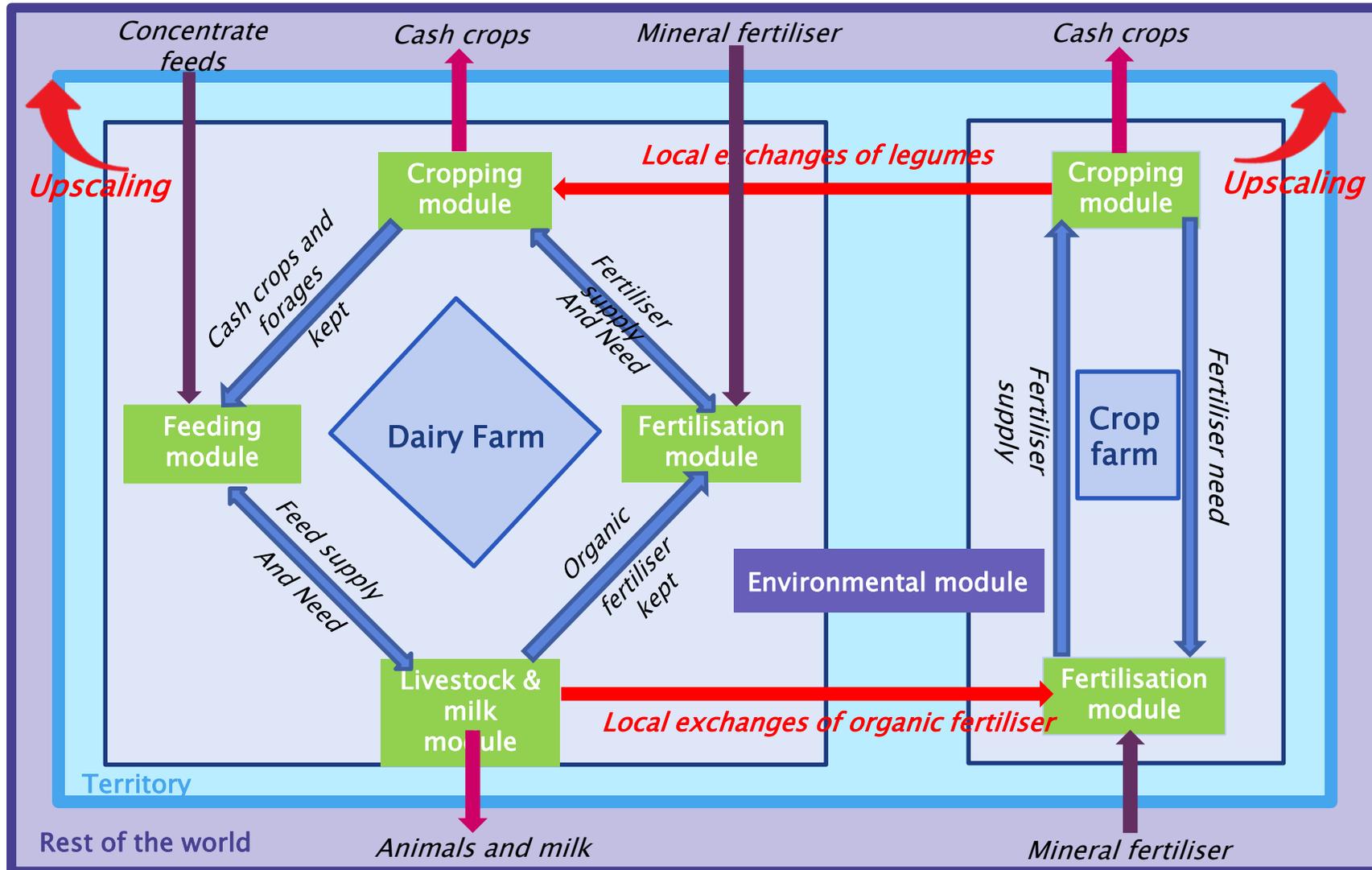
Hypothèse :

L'augmentation des surfaces en légumineuses a des conséquences économiques et environnementales positives, à condition que la complémentarité entre exploitations soit mise à profit.



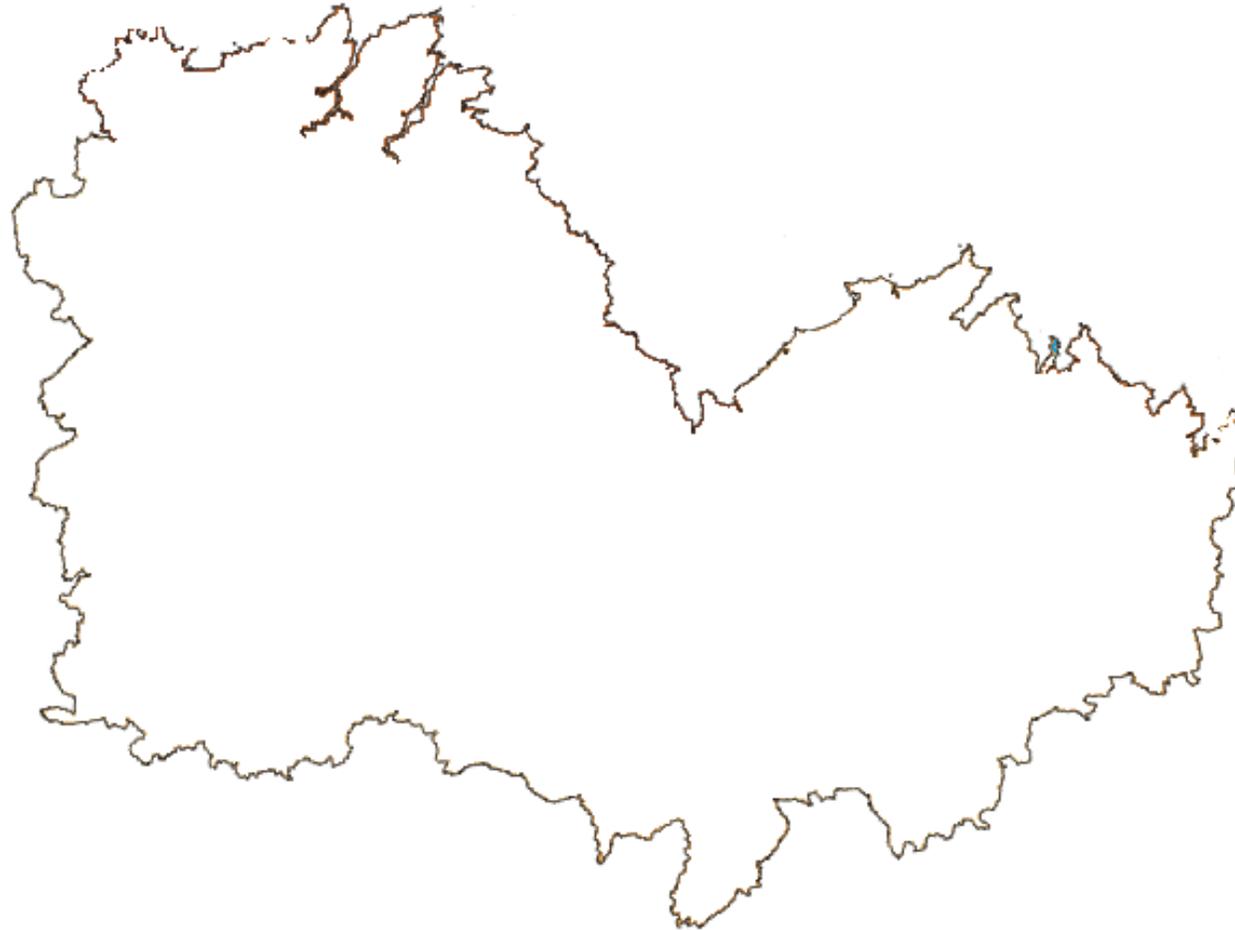
III. Méthode : le modèle SYNERGY

(Jouan, Carof, and Ridier 2017)



III. Méthode : étude de cas

Les Côtes d'Armor



III. Méthode : étude de cas

Les Côtes d'Armor

Diversité pédoclimatique

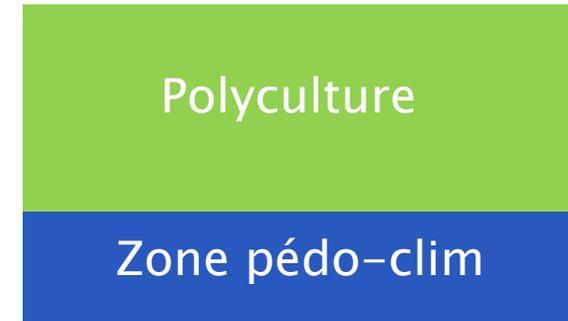
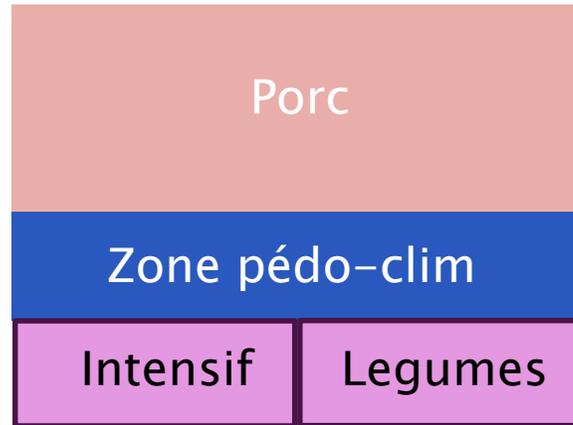
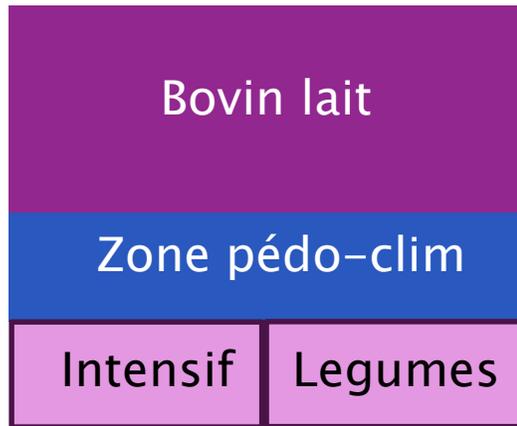


Rendements
différenciés par
zone

III. Méthode : étude de cas

Les Côtes d'Armor

Diversité des exploitations agricoles



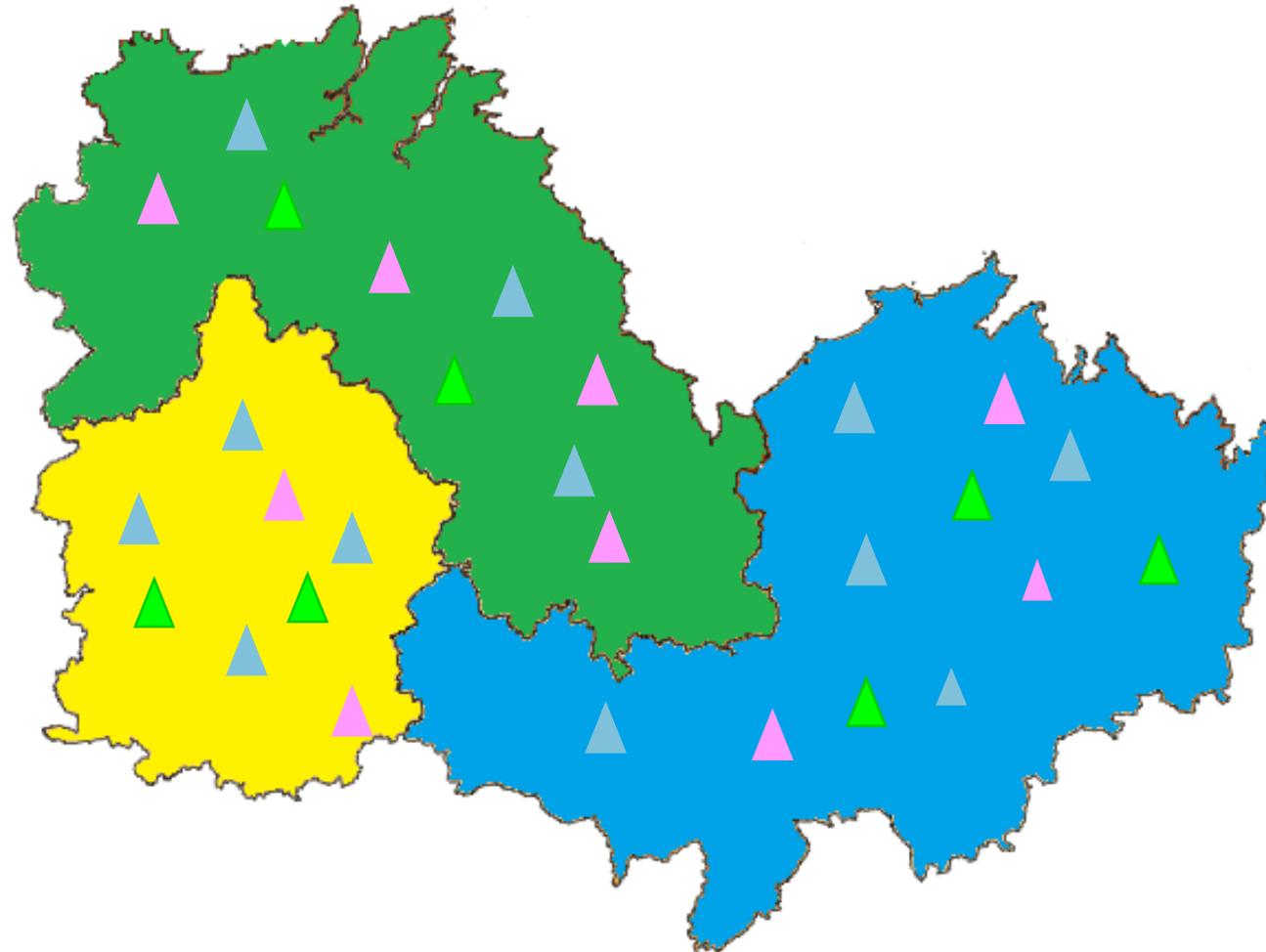
III. Méthode : étude de cas

Les Côtes d'Armor



III. Méthode : étude de cas

Les Côtes d'Armor



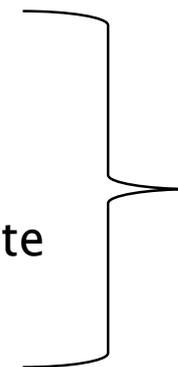
IV. Perspectives : résultats attendus

Le Grand Ouest

- Simulation de différents scénarios qui peuvent jouer sur la production des légumineuses

- 3 types de résultats :

- ✓ économique : profit
- ✓ technique : autonomie protéique
- ✓ environnemental : indicateurs de l'utilisation de l'azote
SYNE & SYNB (Godinot et al., 2015, 2014)



2 échelles :

Exploitation-type



Région

Séquence 3

Modèle régional étude de cas

Exercices #3.1 Modèle régional effet de l'augmentation de la part de légumineuses

Aude RIDIER

ModelEco

Nom du modèle	Référence	Vue d'ensemble	Echelle	Problématique générale	Problématique environnementale	Statique / dynamique	Optimisation	Fonction objective	Points positifs	Points négatifs
MOSAICA	<i>(Chopin et al. 2015)</i>	modèle régional bio-économique	parcelles > exploitations-type > région	Conséquences de politiques agricoles sur la répartition des cultures dans une région	qualité de l'eau et du sol, changement climatique, biodiversité, protection du paysage	statique	PL	Maximisation de l'utilité totale (fonction espérance-variance Markowitz-freund)	-Diversité des systèmes de production -Nombreux indicateurs environnementaux -Spatialement explicites	Coefficients techniques et conditions pédo-climatiques identiques dans les différents types d'exploitations
AROPAJ	<i>(Galko and Jayet 2011)</i>	modèle régional bio-économique	exploitations-type > régions > UE	Découplage des aides de la PAC	Gaz à effet de serre	statique	PL	Maximisation de la marge brute totale	-Diversité des systèmes de production -Prise en compte des conditions pédo-climatiques (altitude) -Agrégation à l'échelle européenne	Cultures pérennes non étudiées alors qu'elles peuvent représenter une part importante de l'agriculture dans certaines régions
	<i>(Jacquet, Butault, and Guichard 2011)</i>	modèle régional bio-économique	région > France	Diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires	Diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires	statique	PL	Maximisation de la marge brute totale	Changements techniques fins Evaluation des mesures potentielles d'atténuation	Pas d'échelle exploitation Seulement productions végétales

Nom du modèle	Référence	Vue d'ensemble	Echelle	Problématique générale	Problématique environnementale	Statique / dynamique	Optimisation	Fonction objective	Points positifs	Points négatifs
DRAM	(Helming 1998)	modèle régional bio-économique	régions (assimilées à des exploitations comprenant plus ou moins d'élevage) > Pays-Bas	Effets des taxes sur l'utilisation des intrants azotés	Azote	statique	NLP	Maximisation de la marge brute totale	-Echanges de fourrages et d'effluents (marché régional) -Changements techniques fins	Pas d'échelle exploitation
ACRE	(Henseler et al. 2009)	modèle régional bio-économique	cantons (assimilés à des exploitations comprenant plus ou moins d'élevage) > bassin versant	Impacts du changement climatique et des politiques agricoles sur l'utilisation des terres agricoles	changement climatique	statique	NLP	Maximisation de la marge brute totale	-Diversité des productions -Spatialement explicite	Pas d'échelle exploitation
	(Bartolini et al. 2007)	modèle régional bio-économique	exploitations-types > région	Evaluer les impacts de scénarios de politique de l'eau sur la durabilité de systèmes agricoles irrigués	utilisation de l'eau, biodiversité, azote et pesticides	statique	PL	Fonction objectif multicritère (maximisation du revenu de l'exploitation et de la diversification des cultures, minimisation du travail)	Analyse multi-objective avec indicateurs économiques, environnementaux et sociaux	Elevage non modélisé

Merci de votre attention
