

# Evolution de la demande d'irrigation et conséquences sur l'agriculture française dans différents scénarios de changement climatique

Delphine Barberis<sup>1</sup>,  
Pierre-Alain Jayet<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Economie Publique, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850  
Thiverval-Grignon, France

Juin 2017

- 1 Introduction
- 2 Couplage de modèles: approche bio/agro-économique
- 3 Distribution spatiale des résultats de simulation
- 4 Projections climatiques et variation de la demande d'irrigation
- 5 Conclusion

## Introduction

Couplage de  
modèles:  
approche  
bio/agro-  
économique

Distribution  
spatiale des  
résultats de  
simulation

Projections  
climatiques  
et variation  
de la  
demande  
d'irrigation

Conclusion

# INTRODUCTION

## Introduction

Couplage de  
modèles:  
approche  
bio/agro-  
économique

Distribution  
spatiale des  
résultats de  
simulation

Projections  
climatiques  
et variation  
de la  
demande  
d'irrigation

Conclusion

# CHANGEMENT CLIMATIQUE

- Variation interannuelle des précipitations
- Hausse des températures
- Multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes



Conséquences potentiellement néfastes sur

CONTEXTE

## L'EAU

- Demande croissante (tensions et conflits d'usages)  
⇒ risque de renforcement des restrictions de prélèvements
- Intrant clé pour le secteur agricole (1<sup>er</sup> consommateur)  
Intensification des facteurs de production, multiplication des surfaces (notamment irriguées) due à la demande alimentaire croissante
- Pratiques d'irrigation disparates en France  
⇒ Complexification des prises de décision / échelle territoire

# Au vu d'un environnement économique et physique en évolution, intérêt d'évaluer la demande future d'irrigation

Ecole d'été  
2°, Autrans,  
Juin 2017

## OBJECTIF

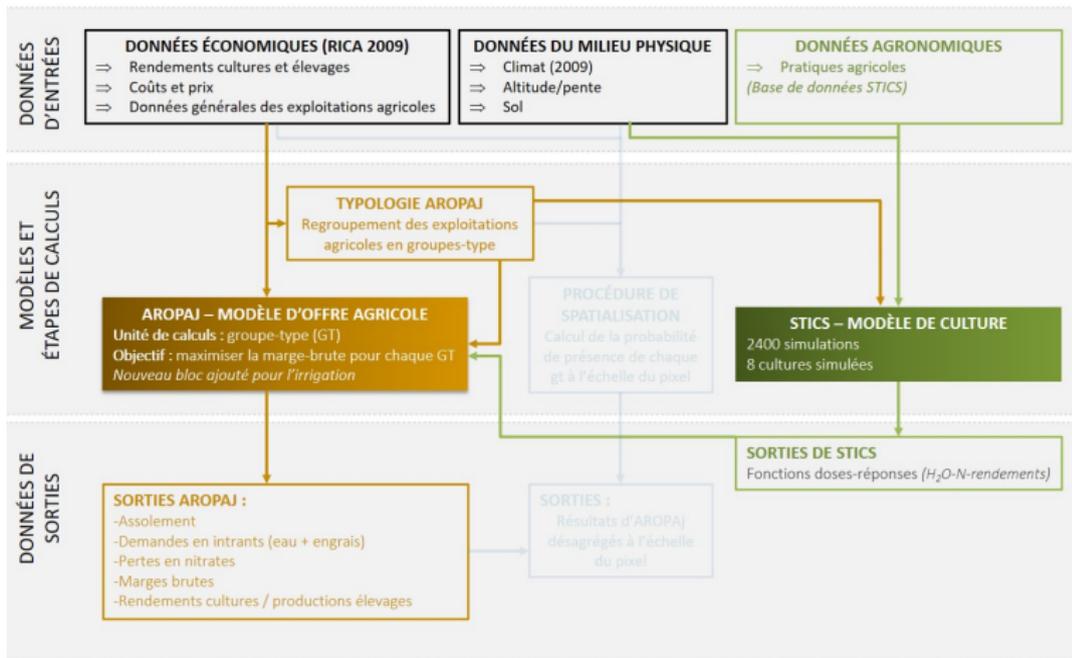
Mise en oeuvre d'une démarche prospective pour une gestion de la ressource compatible avec le maintien de hauts niveaux de production agricole

**l'eau agricole: un problème pour l'UE du Nord ?**

## ENJEUX SCIENTIFIQUES

- Rendre compte de la grande variabilité des systèmes agricoles
- Surmonter les difficultés liées au manque de données concernant les prix/coûts d'accès à l'eau
- Gérer différentes échelles de restitution de résultats

# COUPLAGE DE MODELES: APPROCHE BIO/AGRO-ECONOMIQUE *(AROPA<sub>j</sub>)*



En jaune – module AROPAJ

En vert – module STICS

En bleu – module de spatialisation des résultats



# Intégration de l'intrant "eau"

yield(Water,Nitrogen) - Humblot et al, 2017

Forme fonctionnelle choisie: Mitscherlich-Baule (échelle parcelle)

$$Y = Y_{max} \times (1 - e^{-\sigma(W+W0)}) \times (1 - e^{-\tau(N+N0)})$$

Rendement  
potentiel

$W$ : eau ajoutée ( $m^3$ )

$N$ : azote ajouté ( $T$ )

$Y$ : rendement ( $T$ )

Rôle de l'intrant  
« eau »

$W0$ : eau initiale / précipitation ( $m^3$ )

$N0$ : azote initial / sol ( $T$ )

$Y_{max}$ : potentiel agronomique ( $T$ )

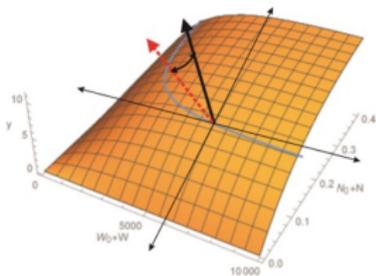
Rôle de l'intrant  
« azote »

$\sigma$ : efficacité ( $m^{-3}$ )

$\tau$ : efficacité ( $T^{-1}$ )

$Y, Y_{max}, W, N$ : quantités par ha

Réponse du rendement aux intrants eau et azote (échelle parcelle)



représentation graphique du vecteur de prix et du vecteur « gradient » perpendiculaire au plan tangent à la surface de production, pour un niveau de rendement observé

Courbe bleue : isoquante

d'après Pierre Humblot 2016

Godard et al, 2008; Leclère et al, 2013 Humblot et al, 2017 - FP5-GENEDEC, GICC, PIREN-Seine

# Intégration de l'intrant "eau"

Focus STICS: obtention des rendements pour différentes applications d'eau d'irrigation

## Introduction

Couplage de modèles:  
approche bio/agro-économique

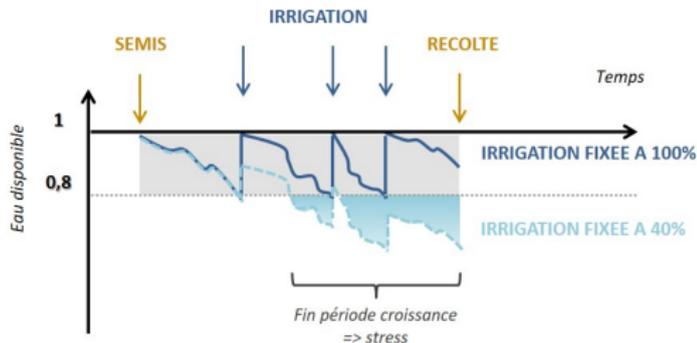
Distribution spatiale des résultats de simulation

Projections climatiques et variation de la demande d'irrigation

Conclusion

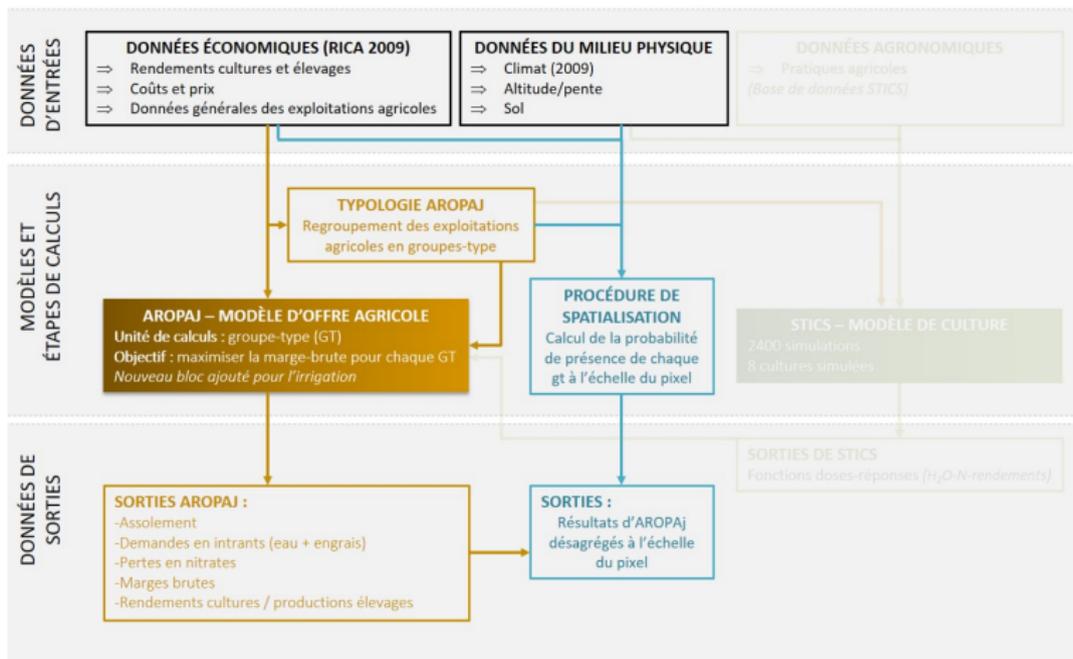
## Méthodologie en 2 étapes :

- **1ère simulation:** quantités d'eau et dates d'applications fixées par STICS
- **Autres simulations :** mêmes dates mais quantité décroissante d'eau



Méthodologie utilisée pour simuler l'impact des différents montants totaux d'irrigation sur les rendements  
d'après Pierre Humblot, 2016

# DISTRIBUTION SPATIALE DES RESULTATS de simulation AROPAJ



*En jaune – module AROPAJ*

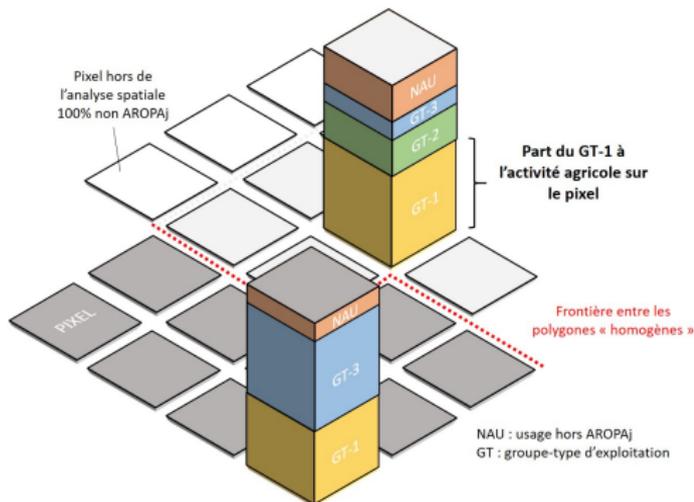
*En vert – module STICS*

*En bleu – module de spatialisation des résultats*

## Localisation probabiliste des GTs

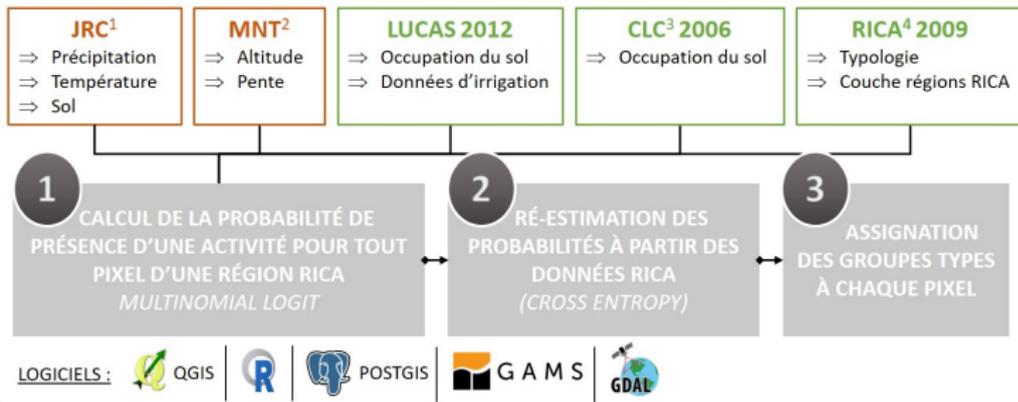
**Problème:** Règles de confidentialité du RICA  $\Rightarrow$  pas d'information a priori sur la localisation de l'échantillon constituant le GT sein de la région

**Méthode:** En associant caractéristiques physiques, observation géo-référencée de l'activité et caractéristiques du GT  $\Rightarrow$  contribution de l'activité agricole du GT à l'échelle du pixel/polygone



# Méthode de calcul en 3 étapes

DATA :



<sup>1</sup> JRC : Joint Research Center - AGR14CAST pour les données climat - échelle 25 km x 25 km, agrégation sur 30 ans / European Soil Database pour les données sols - échelle 1:1 000 000

<sup>2</sup> MNT : Modèle Numérique de Terrain - échelle 30arcsec ~ 1km

<sup>3</sup> CLC : Corine Land Cover - échelle 100 m x 100 m

<sup>4</sup> RICA : Réseau d'Information Comptage Agricole

LUCAS 2012 Données agronomiques

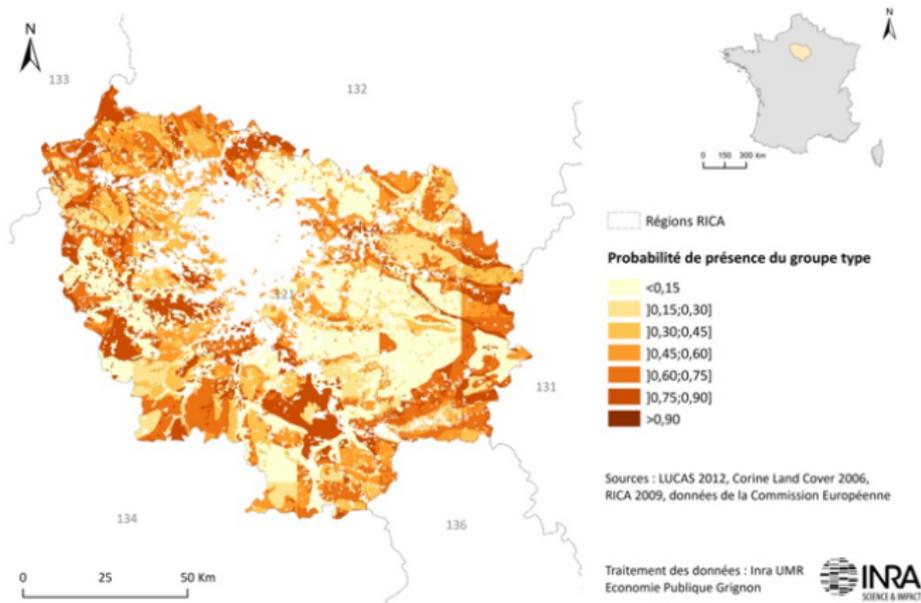
MNT Données du milieu physique

Lungarska et al. 2016, Cantelaube et al. 2012, Chakir et al. 2009 - FP5-GENEDEC, PIREN-Seine, LabEx BASC

**Résultat:** distribution spatiale des sorties AROPAj (par unité de surface) via les probabilités de présence des GT

# Focus cartes probabilité de présence d'un GT

PROBABILITE DE PRESENCE DU GROUPE TYPE 2 SUR LA REGION 121



Introduction

Couplage de  
modèles:  
approche  
bio/agro-  
économique

Distibution  
spatiale des  
résultats de  
simulation

Projections  
climatiques  
et variation  
de la  
demande  
d'irrigation

Conclusion

# Résultats 2009: demande en eau ... ... à l'échelle de la France entière

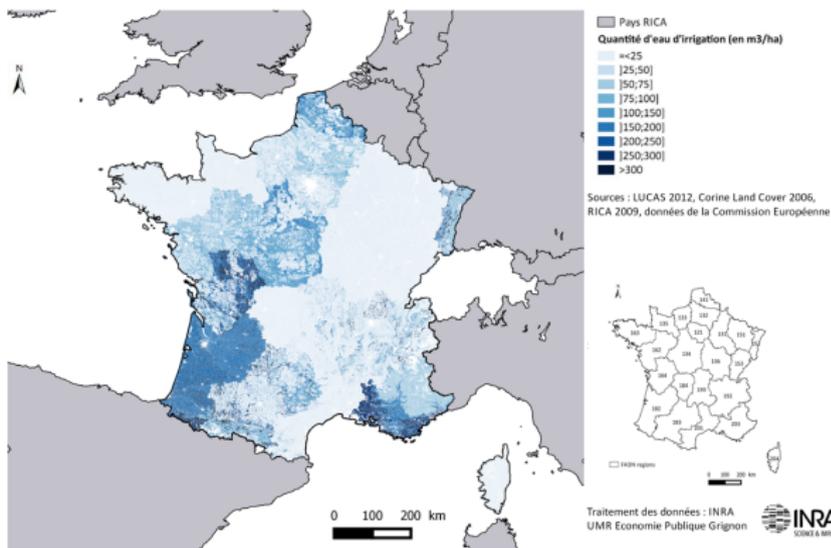
Introduction

Couplage de  
modèles:  
approche  
bio/agro-  
économique

Distibution  
spatiale des  
résultats de  
simulation

Projections  
climatiques  
et variation  
de la  
demande  
d'irrigation

Conclusion

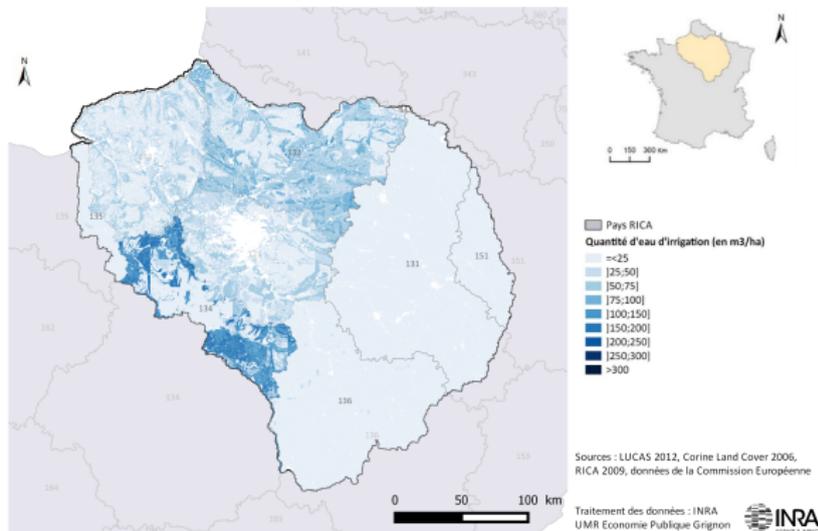


(Fr) : 121 - Île-de-France; 131 - Champagne-Ardennes; 132 - Picardie; 133 - Haute-Normandie; 134 - Centre; 135 - Basse Normandie; 136 - Bourgogne; 141 - Nord-Pas-de-Calais; 151 - Lorraine; 153 - Franche-Comté; 162 - Pays de la Loire; 164 - Poitou-Charentes; ... 204 - Corse

# Résultats 2009 : demande en eau ... ... à l'échelle d'un bassin versant

DEMANDE EN EAU DE 2009 - SCÉNARIO A1B « SANS ADAPTATION »

// SUR LE BASSIN VERSANT DE LA SEINE

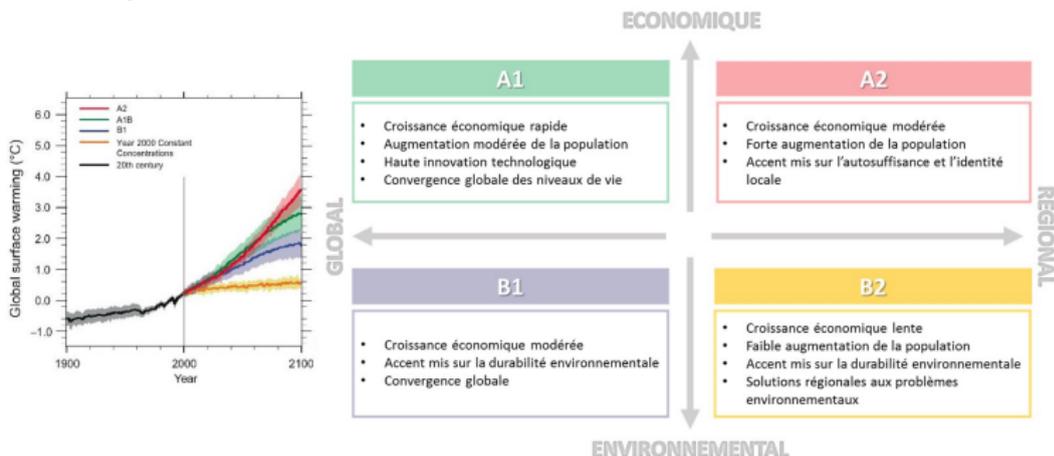


(AESN): 121 - Île-de-France; 131 - Champagne-Ardennes; 132 - Picardie; 133 - Haute-Normandie;  
134 - Centre; 135 - Basse Normandie; 136 - Bourgogne; 151 - Lorraine

# PROJECTIONS CLIMATIQUES ET VARIATION DE LA DEMANDE D'IRRIGATION

# Scénarios et projections climatiques

Sont étudiés 3 scénarios d'évolution, dérivés des projections SRES du GIEC. Ils correspondent à différents niveaux de forçage radiatif: extrême (A2), moyen (B1) et intermédiaire (A1b) par rapport à la référence (1990?). Données climatiques journalières futures obtenues via la désagrégation sur mailles  $8 \times 8 \text{ km}^2$  par le CERFACS des résultats du modèle ARPEGE (Cnm) (pas de temps  $< 1$  heure)



Source : d'après données GIEC et North American Regional Climate Change Assessment Program

## Hypothèses de travail

**Chaque “année climatique” est perçue par les agriculteurs comme étant le climat du moment et intégrée comme tel dans leurs anticipations annuelles.**

Maximisation de la marge brute de l'exploitation agricole (type) => production agricole et demande d'intrants

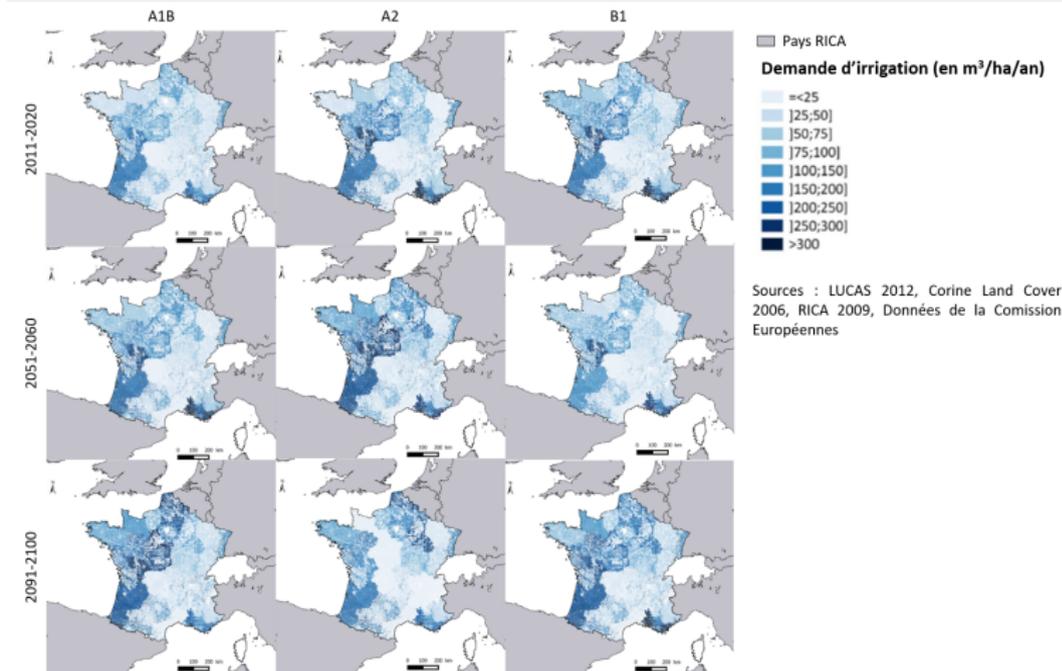
Adaptation **autonome**: effet “intensif” (parcelle) et effet “extensif” (allocation des terres agricoles).

STICS en climat futur: le sol est déterminé par la fonction  $y(W,N)$  sélectionnée en “temps présent”, ainsi que date de semis, choix de variété et sélection du précédent (remis en jeu pour une approche plus fine de l'adaptation, Leclère et al, 2013).

**Rappel: la démarche est prospective** => évaluation de la demande d'irrigation dans un contexte de maximisation de la marge brute des GTs en situation de changement climatique, indépendamment d'une offre qui peut s'avérer limitante.

# Résultats: évolution de la demande d'irrigation

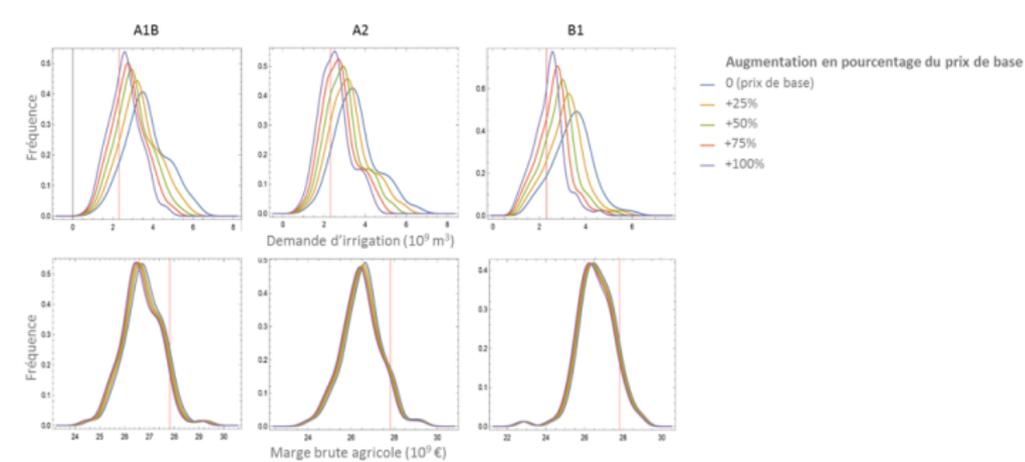
Moyennes décennales sur calculs à pas de temps annuel



# Résultats: effet "prix" de la ressource sur le système productif

## Impact d'une modification du coût d'accès à l'eau en France sur les systèmes agricoles

Pour les 3 projections A2, A1b, B1, application d'un coefficient multiplicateur sur "le prix" de l'eau (+25%/+50%/+75%/+100%/+250%) - équiprobabilité d'occurrence des 91 années 2010-2100



# REMARQUES et CONCLUSION

## Ca marche:

Intégration du facteur "eau" à une approche bioéconomique prospective centrée sur la relation rendements-intrants.

Mobilisation de données physiques et d'un modèle de culture pour élaborer cette relation.

Mobilisation de données physiques et de méthodes d'économétrie pour la désagrégation spatiale des résultats à une échelle fine.

Réalisation de simulations pour 3 projections climatiques (SRES A1b, A2 et B1) de 2010 à 2100

## Application:

Estimation des demandes d'irrigation actuelle et future d'un ensemble de systèmes agricoles d'une grande diversité, à différentes échelles (EM>région/BV/GT>polygone/pixel).

## Quelques commentaires:

- version V5-FADN2009: existence de pratiques d'irrigation variées et concentrées dans l'espace et/ou sur certaines productions dans les parties ouest et sud-est de la France
- futur: hausse moyenne significative de la demande sur la période 2010-2100 pour les 3 scénarios climatiques, mais contrastée: moins de précipitations  $\Rightarrow$  baisse de rendements et/ou hausse/baisse de l'irrigation  $\Rightarrow$  baisse/hausse de marge / ha de culture  $\Rightarrow$  changement d'allocation des terres éventuellement au profit de productions moins gourmandes en eau
- Forte variabilité spatiale et temporelle  $\Rightarrow$  aléa sur la tension sur la ressource, et aléa sur les pollutions azotées ( $N_2O$ ,  $NO_3$ ,  $NH_3$ )
- Hausse des coûts  $\Rightarrow$  baisse de la demande / là encore complexe à analyser / effets directs et indirects au sein de l'exploitation

## PERSPECTIVES :

- Etendre l'approche à l'UE-27 et aux 6 "années RICA" (2007-2012)
- Passer aux RCP / AR5 et données climat IPSL-INERIS-WRF331F
- Rang supplémentaire dans l'adaptation des systèmes de production au CC avec le choix ("optimal") des variétés et des dates de semis
- Systématiser les approches "primales" (prix) et "duales" (quota) pour les intrants  $N$  et  $H_2O$  dans les simulations à partir du modèle agro-économique / ajustement de la demande d'intrants et réallocation entre les productions
- Couplage avec modèles hydrogéologiques (étendre en simplifiant l'approche BV Seine, Bourgeois et al, 2016)