

INRAE

➤ Place des agricultures européennes  
dans le monde à l'horizon 2050

Entre enjeux climatiques  
et défis de la sécurité alimentaire



# Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050

Colloque de restitution de l'étude – 14 Février 2020

## ➤ Introduction

**Eric Lainé**

*Président de Pluriagri*



INRAE

➤ Place des agricultures européennes  
dans le monde à l'horizon 2050

Entre enjeux climatiques  
et défis de la sécurité alimentaire



# Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050

Colloque de restitution de l'étude – 14 Février 2020

## ➤ **Élaboration des scénarios**

- **Cadre d'analyse**
- **Projections à 2050 des variables clefs du système**
- **Les scénarios de référence**



INRAE

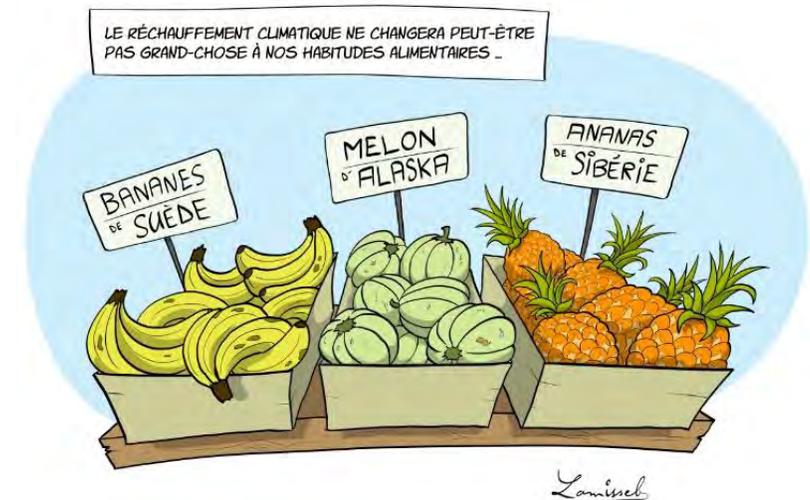
➤ Cadre d'analyse de l'étude

**Anaïs Tibi**

(INRAE, UAR DEPE) – *coordinatrice de l'étude*

# ➤ Genèse de l'étude et objectifs

- Une étude sur la contribution des **agricultures européennes** à la **disponibilité alimentaire mondiale** à l'horizon **2050**...  
→ Tenir compte de la diversité des systèmes agricoles européens
- ... compte tenu des **effets du changement climatique** sur la **production agricole**
  - Des mécanismes connus mais des effets **difficiles à quantifier** → **incertitudes**
  - Modulation de l'évolution des rendements sous l'effets des pratiques agricoles, techniques, progrès génétique...  
→ rôles respectifs de ces facteurs ?



# > Dispositif de l'étude (Janvier 2018 – Février 2020)

Conduite par la **Direction de l'Expertise scientifique collective, de la Prospective et des Études d'INRAE**  
→ Éclairage de la décision publique, participation au débat public

## Une équipe projet

- Coordination scientifique et méthodologique de l'étude, organisation du colloque
- Élaboration des scénarios, réalisation des simulations, interprétation des résultats

## Une vingtaine d'experts et contributeurs scientifiques

- climatologie, agronomie, sciences animales, pédologie, génétique, hydrologie...
- **Analyse de la littérature scientifique internationale**  
→ quantification des effets du changement climatique

## Un groupe de scénarisation

- 11 professionnels agricoles et 2 experts scientifiques
- **Expertise technique** sur le choix des hypothèses d'évolution des variables du système



→ **Résumé (12p), Rapport de synthèse (160p)**

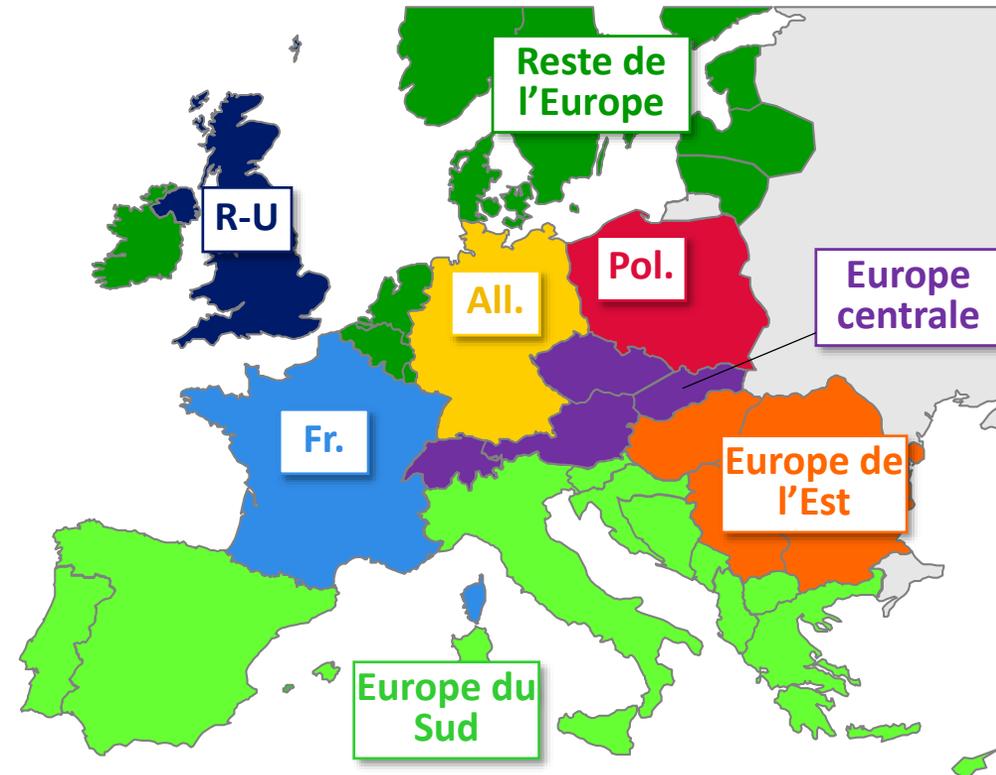
+ **Rapports sur les méthodologies de projection et sur le volet d'analyse bibliographique**

## > Démarche

Projection des termes de l'équation "**Ressources = Emplois**" à l'horizon 2050

$$Production + Importations = Usages + Exportations + Pertes \& Gaspillages + \Delta Stock$$

- Utilisation d'un **modèle de bilan de produits agro-alimentaires : GlobAgri-AE2050**
- Monde découpé en **21 régions dont 8 en Europe**



## > Les variables clefs du système

Variables  
d'entrée

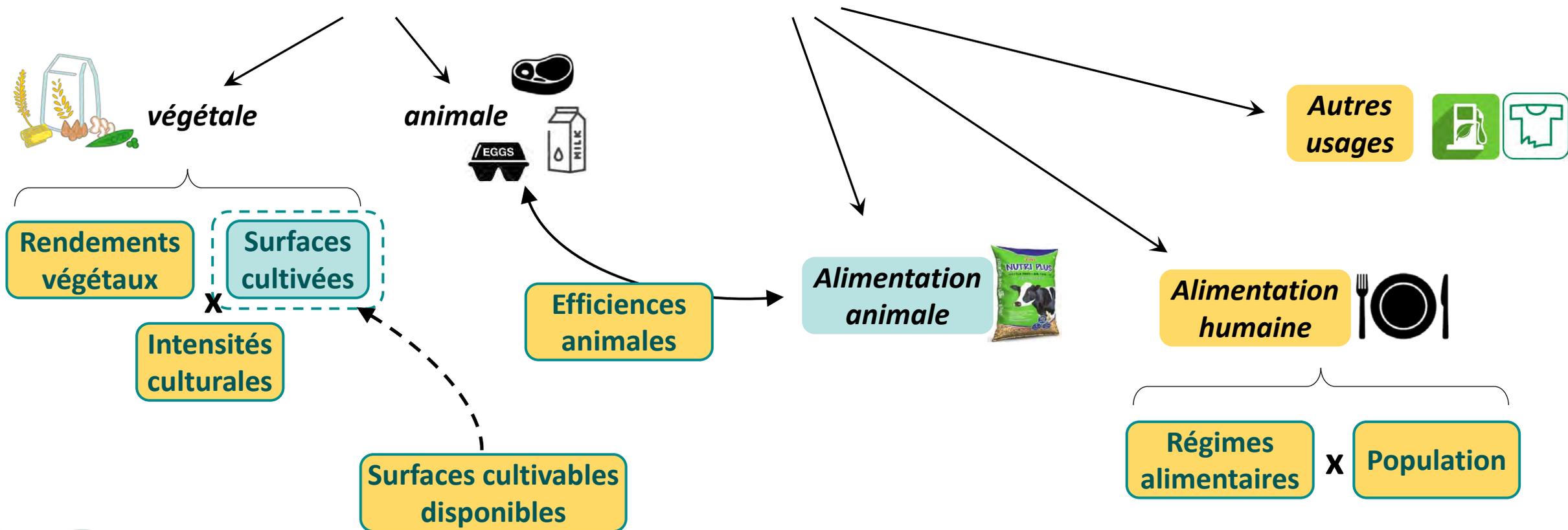
$$Production + Importations = Usages + Exportations + Pertes \& Gaspillages + \Delta Stock$$



# > Les variables clés du système

Variables  
d'entrée

$$Production + Importations = Usages + Exportations + Pertes \& Gaspillages + \Delta Stock$$



## > Principes de projection des variables d'entrée en 2050

- Situation initiale = **année "2010"** (moy. 2009-11)
- Des scénarios répondant à une **logique essentiellement « tendancielle »** (*versus scénarios de rupture*) :
  - Hypothèse générale : **maintien des mêmes mécanismes économiques, sociaux et politiques d'aujourd'hui**
  - Projection des variables à 2050 **≠ simples extrapolations** : prolongement des tendances passées avec ajustements pour représenter certains enjeux et/ou tenir compte d'incertitudes
  - Scénario de **CC "tendanciel"** découlant d'une trajectoire d'émission de GES "laisser faire" (RCP6.0 du GIEC)

"2010" → 2050	[CO <sub>2</sub> ]	Température moy. annuelle	Pluviométrie annuelle
<b>Europe</b>	+87,2 ppm (+22 %)	+1,1 °C [+0,8 ; +1,4]	-2 % [-9 ; +5]
<b>Monde</b>		+1,3 °C [+1,0 ; +1,7]	+2 % [-4 ; +10]

INRAE

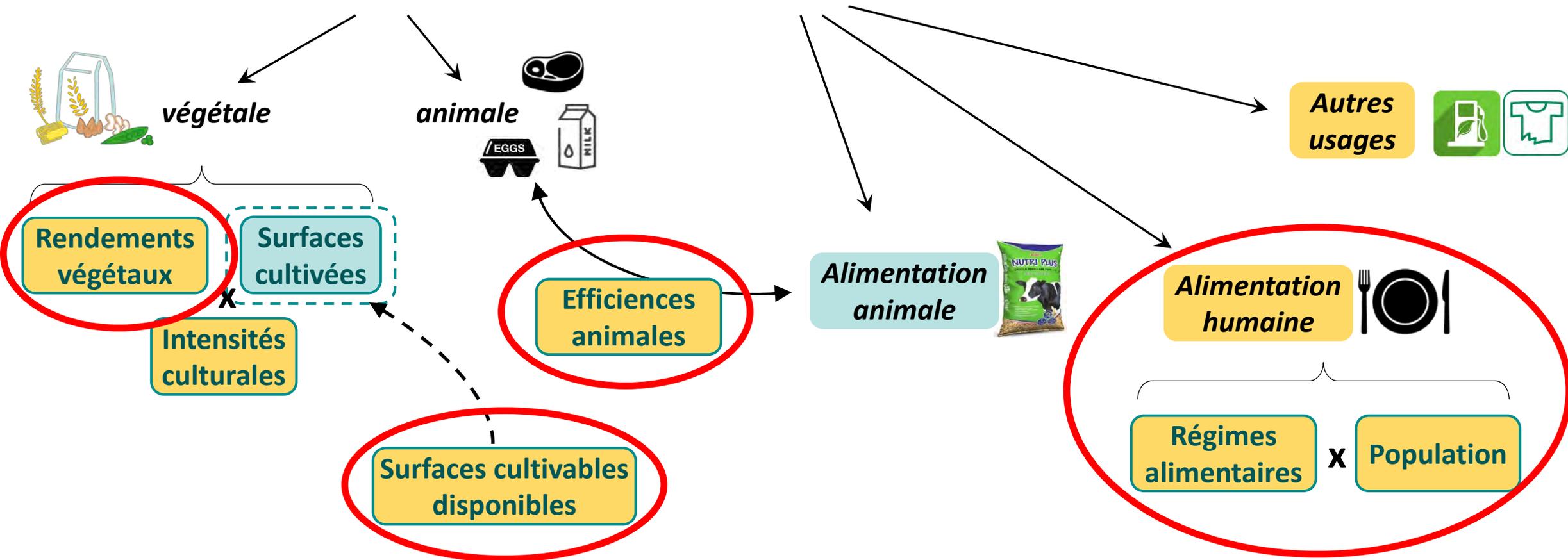
➤ Projections à 2050 des variables clefs du système



# > Les variables clefs du système

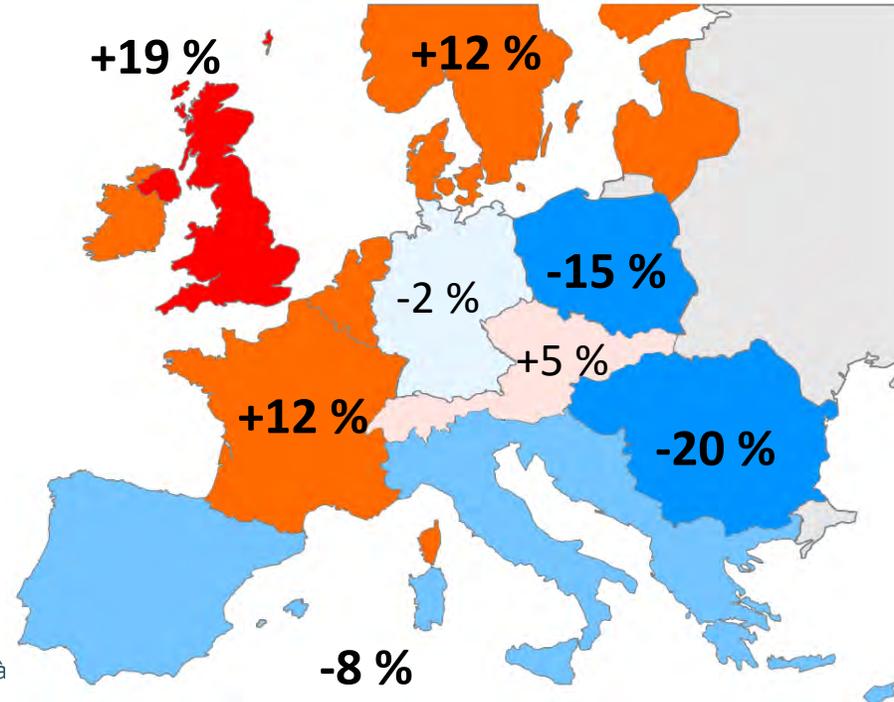
Variables d'entrée

$$Production + Importations = Usages + Exportations + Pertes \& Gaspillages + \Delta Stock$$



## > Demande alimentaire humaine

- **Démographie** = projections médianes de l'ONU (*World Population Prospects 2017*)  
→ **9,5 milliards d'habitants en 2050 (+40 %)**
  - Stagnation en **Chine** : 1,4 milliard hab.
  - **Inde et reste de l'Asie** dépassent la Chine : +840 millions hab.
  - Explosion démographique en **Afrique subsaharienne** : +156 % soit +1,2 milliard hab.
  - **Europe** : stagnation de la population totale (535 millions hab.) mais situations régionales contrastées



## > Demande alimentaire humaine

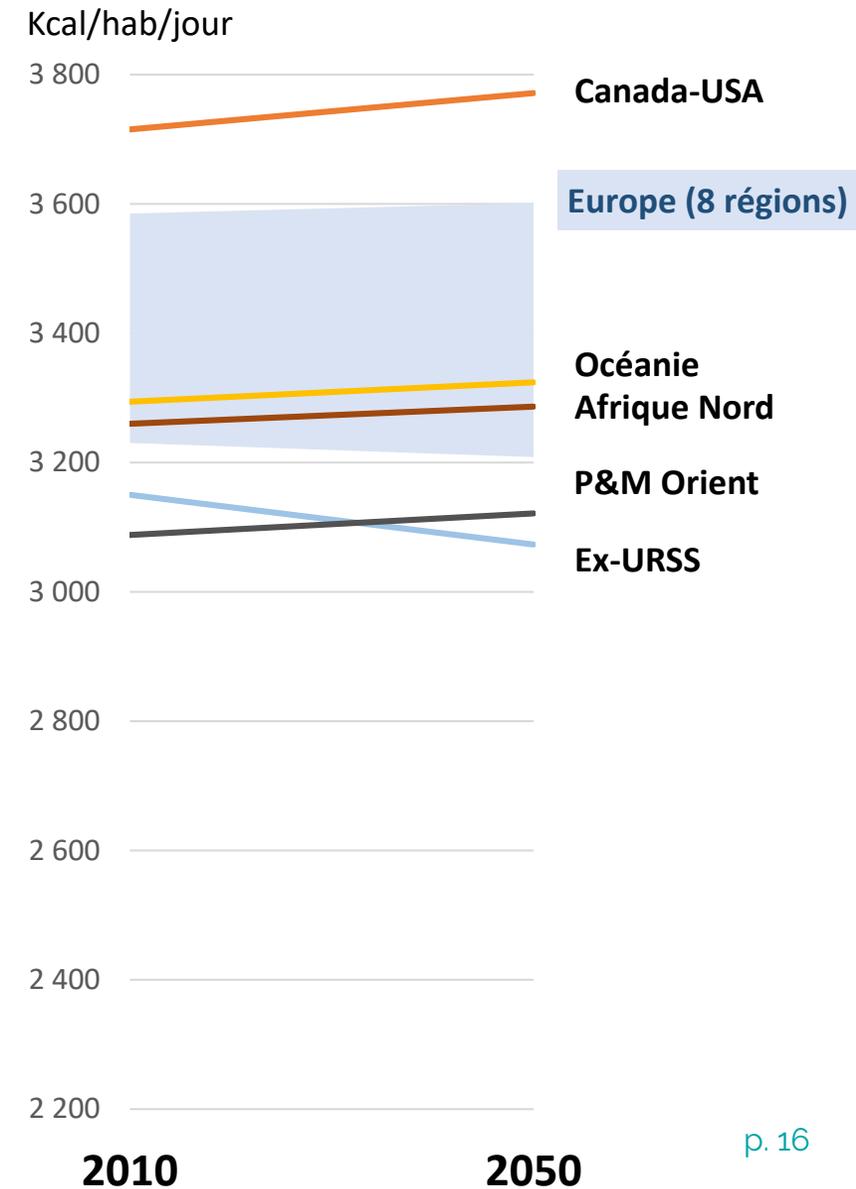
- **Démographie** = projections médianes de l'ONU (*World Population Prospects 2017*)  
→ **9,5 milliards d'habitants en 2050 (+40 %)**
  - Stagnation en **Chine** : 1,4 milliard hab.
  - **Inde et reste de l'Asie** dépassent la Chine : +840 millions hab.
  - Explosion démographique en **Afrique subsaharienne** : +156 % soit +1,2 milliard hab.
  - **Europe** : stagnation de la population totale (535 millions hab.) mais situations régionales contrastées
- **Régimes alimentaires** = niveau des apports énergétiques totaux (en Kcal/hab./jour)  
structure de consommation (répartition des produits agricoles dans les apports)
  - Raisonement en **calories disponibles** par habitant et par jour, *versus* calories consommées  
↔ **inclut les pertes et gaspillages** de produits alimentaires au niveau du ménage
  - **Deux hypothèses contrastées d'évolution des régimes à l'horizon 2050**  
→ Effets d'une rupture des comportements alimentaires sur les besoins régionaux en surfaces cultivées ?

## ➤ Régimes "tendanciels" en 2050

- **Prolongement des tendances passées, poursuite des transitions nutritionnelles en cours**

Source = rapport FAO (2012)

- ➔ **Stabilisation des apports totaux en Europe, dans les autres régions développées, en Afrique du Nord et au Proche et Moyen-Orient**  
+ Structures de consommation quasi inchangées



## ➤ Régimes "tendanciels" en 2050

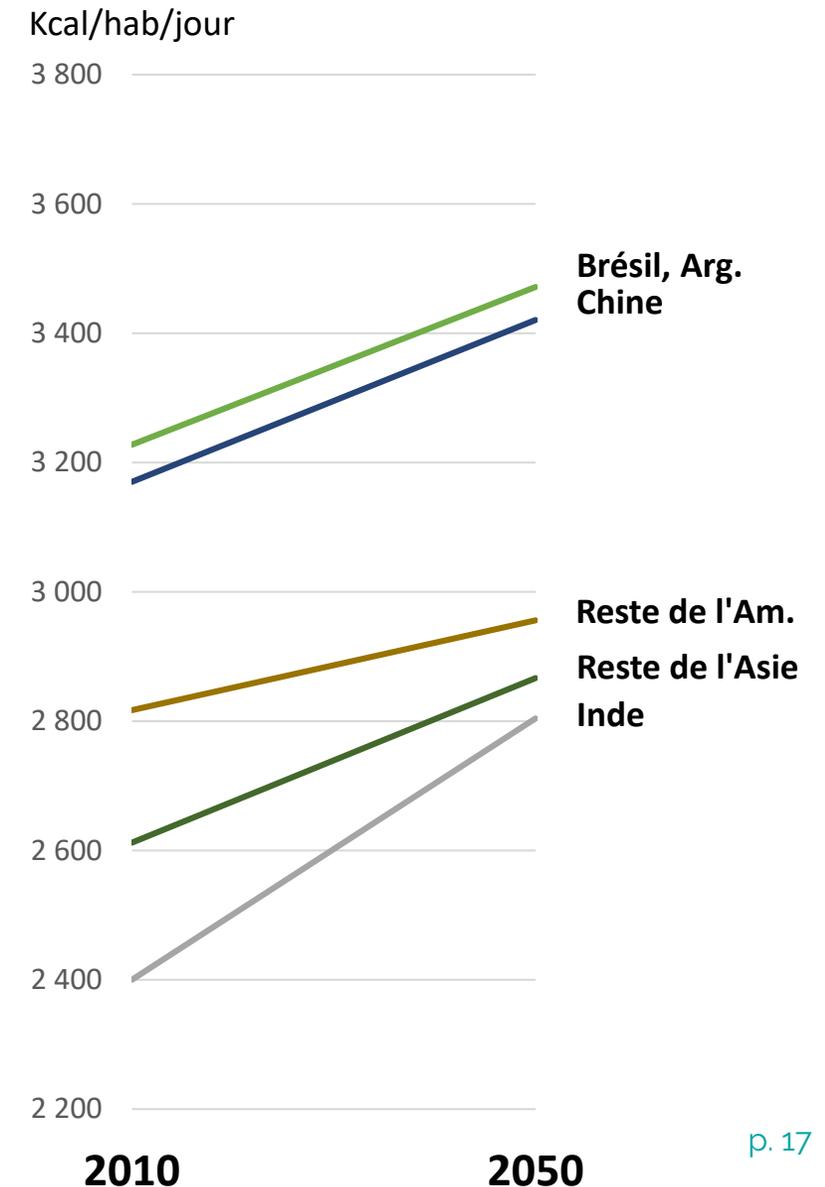
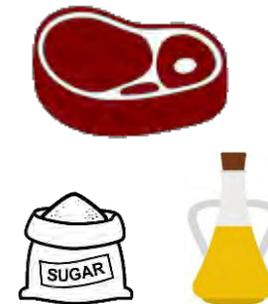
- **Prolongement des tendances passées, poursuite des transitions nutritionnelles en cours**

Source = rapport FAO (2012)

→ **Stabilisation des apports totaux en Europe**, dans les autres régions développées, en **Afrique du Nord** et au **Proche et Moyen-Orient**  
+ Structures de consommation quasi inchangées

→ **Poursuite de l'augmentation dans les autres régions**

- **Chine et Amérique latine** : transition déjà avancée en "2010"
- **Inde et reste de l'Asie** : transition en cours en "2010"



## ➤ Régimes "tendanciels" en 2050

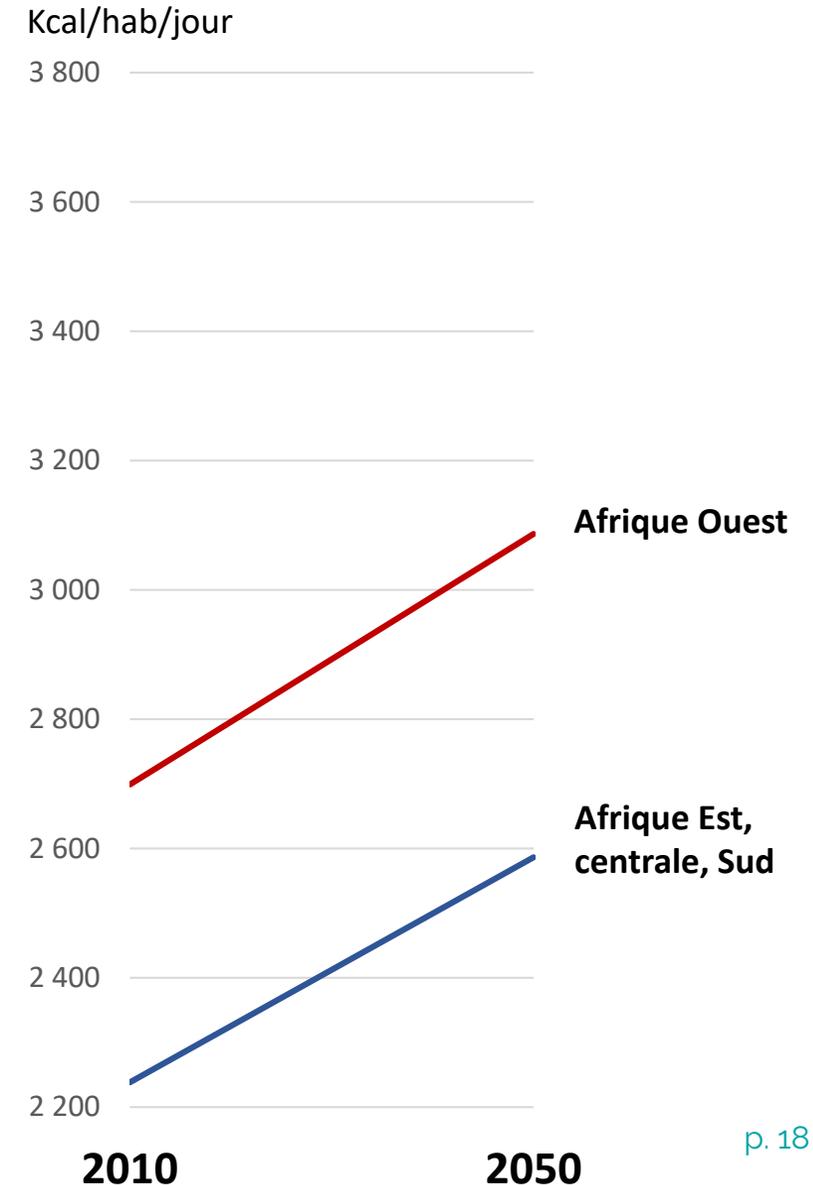
- **Prolongement des tendances passées, poursuite des transitions nutritionnelles en cours**

Source = rapport FAO (2012)

→ **Stabilisation des apports totaux en Europe**, dans les autres régions développées, en **Afrique du Nord** et au **Proche et Moyen-Orient**  
+ Structures de consommation quasi inchangées

→ **Poursuite de l'augmentation dans les autres régions**

- **Chine et Amérique latine** : transition déjà avancée en "2010"
- **Inde et reste de l'Asie** : transition en cours en "2010"
- **Afrique subsaharienne** : transition à peine entamée
  - régimes pauvres en produits animaux
  - besoins énergétiques non satisfaits en Afrique de l'Est, centrale et du Sud



## ➤ Régimes "tendanciels" en 2050

- **Prolongement des tendances passées, poursuite des transitions nutritionnelles en cours**

Source = rapport FAO (2012)

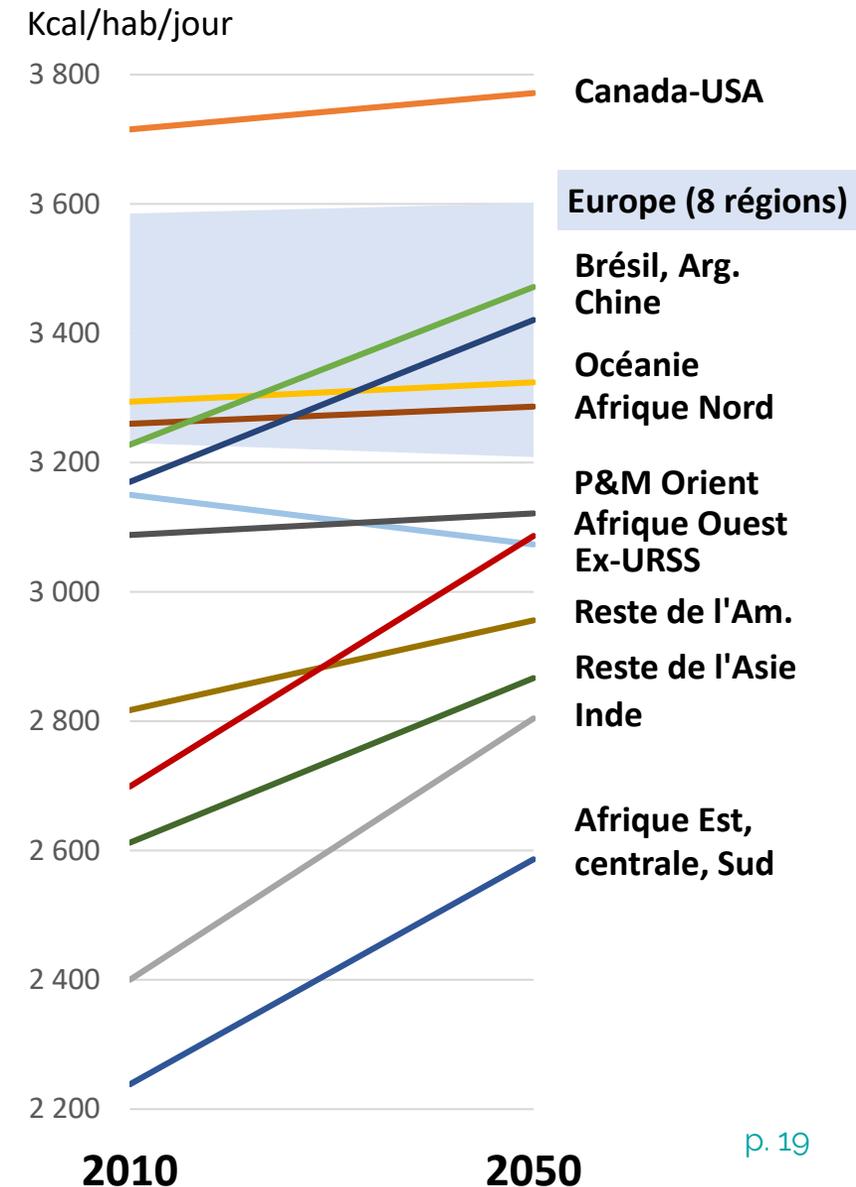
➔ **Stabilisation des apports totaux en Europe**, dans les autres **régions développées**, en **Afrique du Nord** et au **Proche et Moyen-Orient**

+ Structures de consommation quasi inchangées

➔ **Poursuite de l'augmentation dans les autres régions**

- **Chine et Amérique latine** : transition déjà avancée en "2010"
- **Inde et reste de l'Asie** : transition en cours en "2010"
- **Afrique subsaharienne** : transition à peine entamée
  - ➔ régimes pauvres en produits animaux
  - ➔ besoins énergétiques non satisfaits en Afrique de l'Est, centrale et du Sud

*In fine* : **faible réduction des disparités régionales**



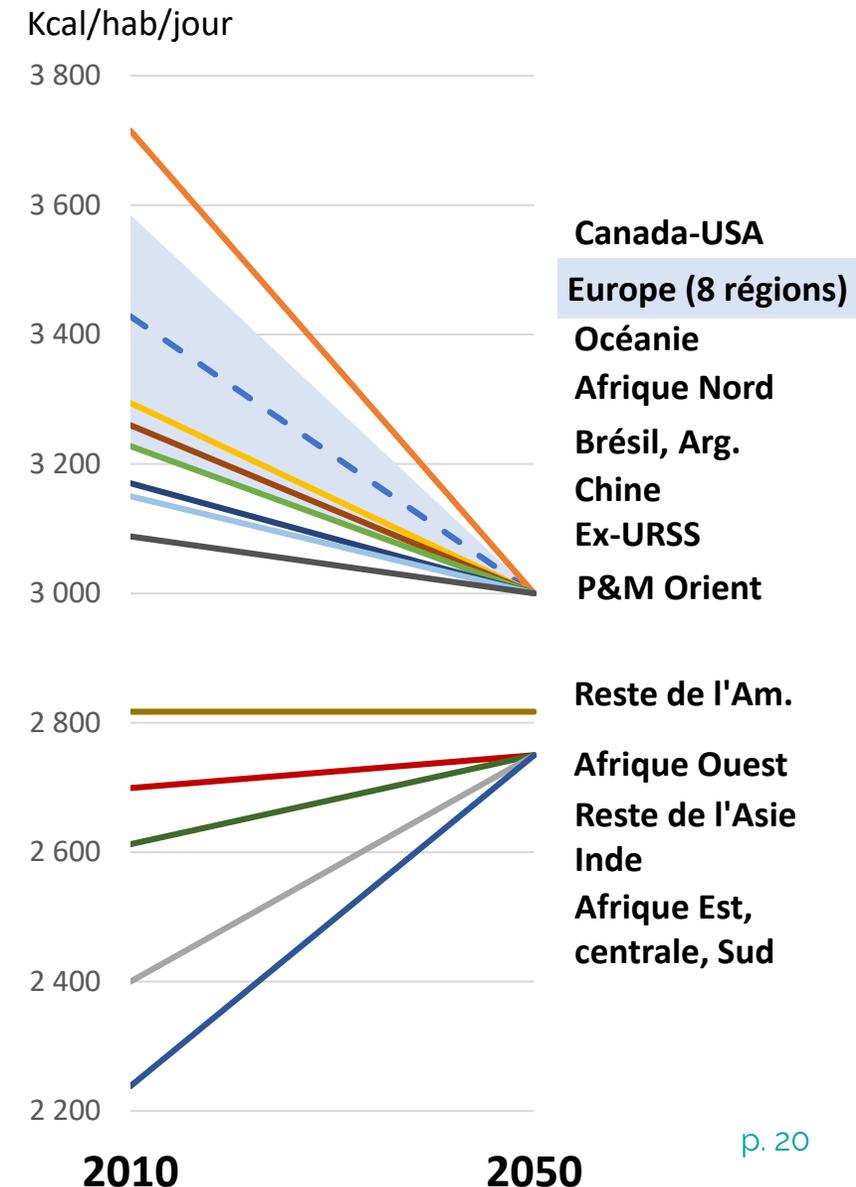
## ➤ Régimes "sains" en 2050

- **Transition radicale vers des régimes plus favorables à la santé (recommandations OMS)**

Source = hypothèse "healthy" de la prospective Agrimonde-terra (Inra-Cirad)

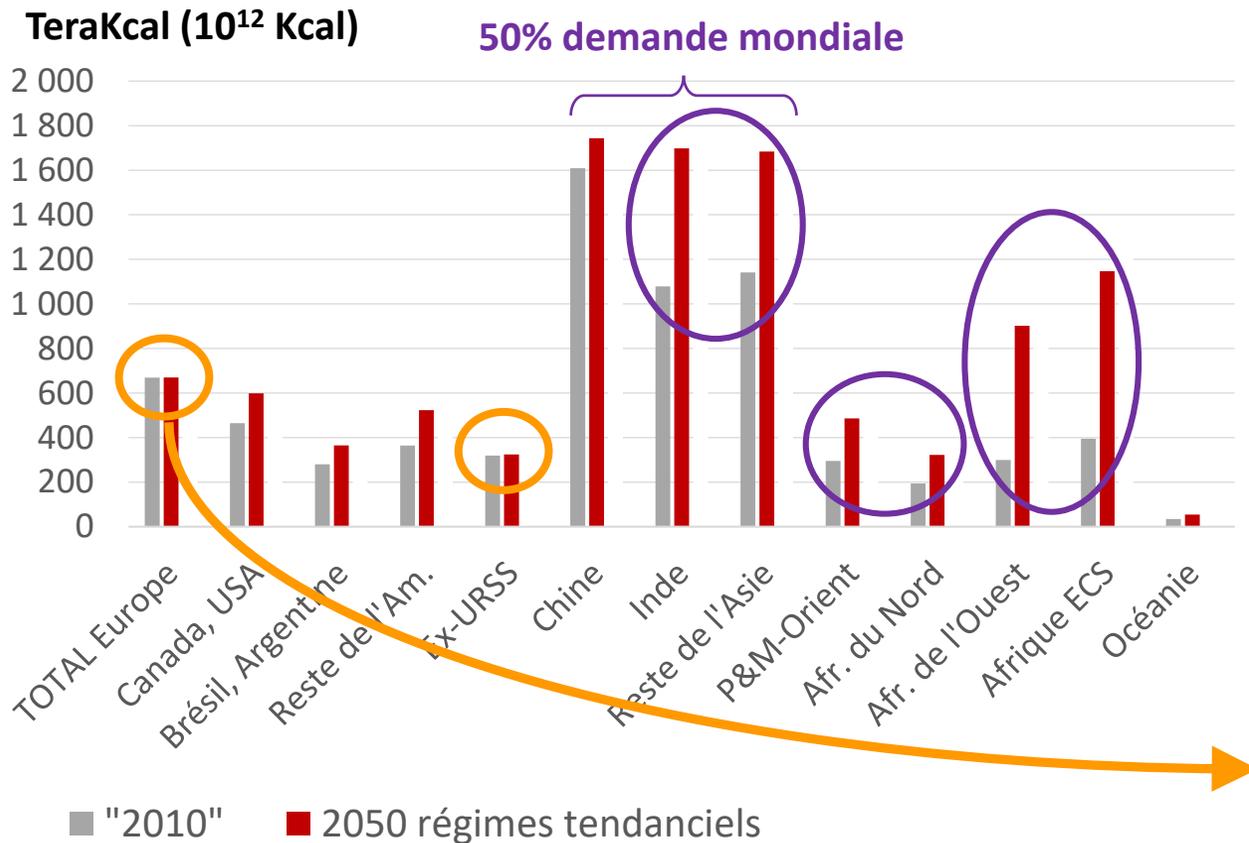
- Consommations = besoins énergétiques quotidiens  
→ **convergence des apports entre 2 750 et 3 000 kcal/hab/j**  
NB : rattrapage nutritionnel de l'Afrique de l'Est, centrale et du Sud
- Diète plus équilibrée et diversifiée  
→ **trajectoires de rupture**
  - **Europe, autres régions développées, Brésil-Argentine** : diminution produits animaux, sucres et huiles
  - Régions d'**Afrique** et **Inde** : **augmentation produits animaux**

*In fine* : **réduction des disparités** mais maintien de spécificités régionales

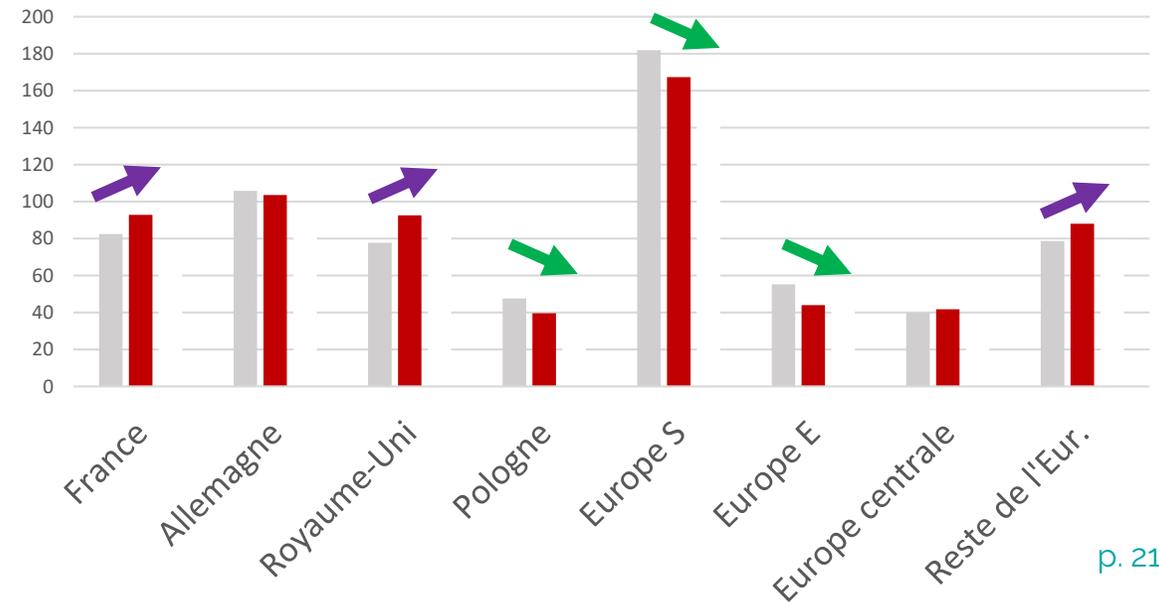


# ➤ Bilan : la demande alimentaire en 2050 sous régimes "tendanciels"

A l'échelle mondiale : **+47 % si régimes "tendanciels"** (rôle majoritaire de la **démographie**)



- ≈ Triplement en **Afrique subsaharienne**
- **Reste de l'Asie et Inde** rattrapent la **Chine**
- Forte augmentation en **Afrique du Nord** et **P&M-Orient**
- **Europe** et **ex-URSS** = stagnation de la demande

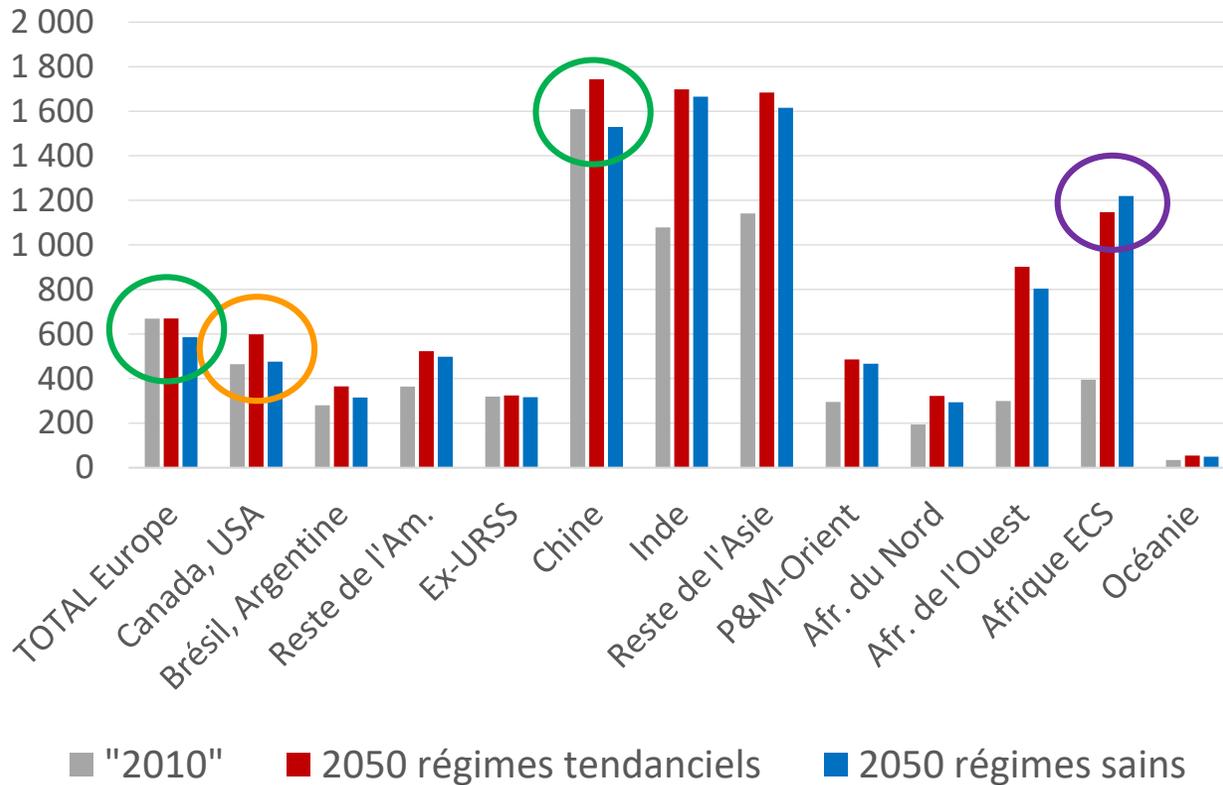


# > Bilan : la demande alimentaire en 2050 sous régimes "sains"

A l'échelle mondiale : **+47 % si régimes "tendanciels"** et **+38 % si régimes sains**

→ Atténuation du besoin en produits agricoles dans la plupart des régions

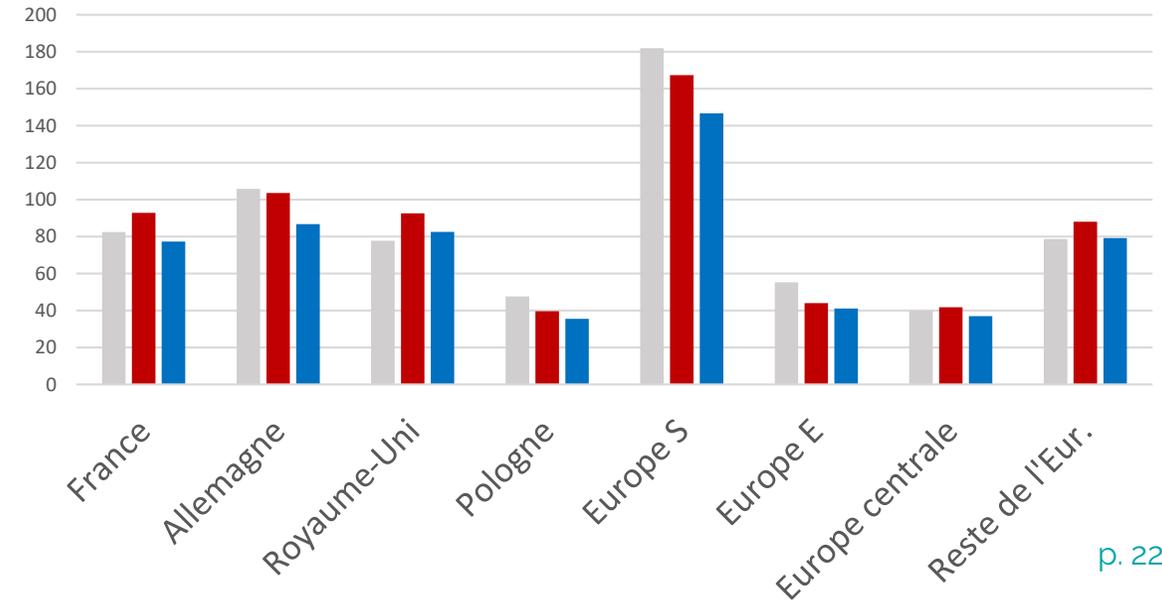
TeraKcal (10<sup>12</sup> Kcal)



→ **Canada-USA** = stagnation / "2010"

→ **Chine et Europe (tot)** = diminution / "2010"

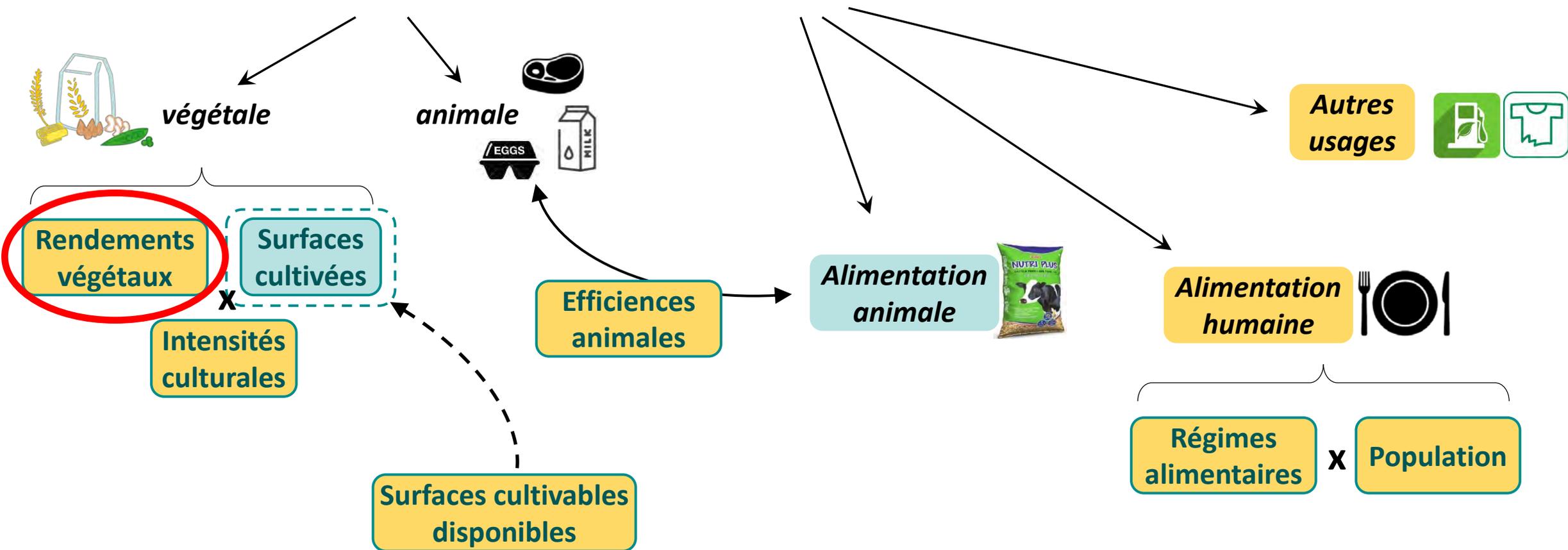
EXCEPTION = **Afrique de l'Est, centrale et du Sud** : augmentation supplémentaire de la demande / régimes "tendanciels"



# > Les variables clefs du système

Variables d'entrée

$$Production + Importations = Usages + Exportations + Pertes \& Gaspillages + \Delta Stock$$



# INRAE

## ➤ Cadre d'analyse de l'étude

**Hervé Guyomard**

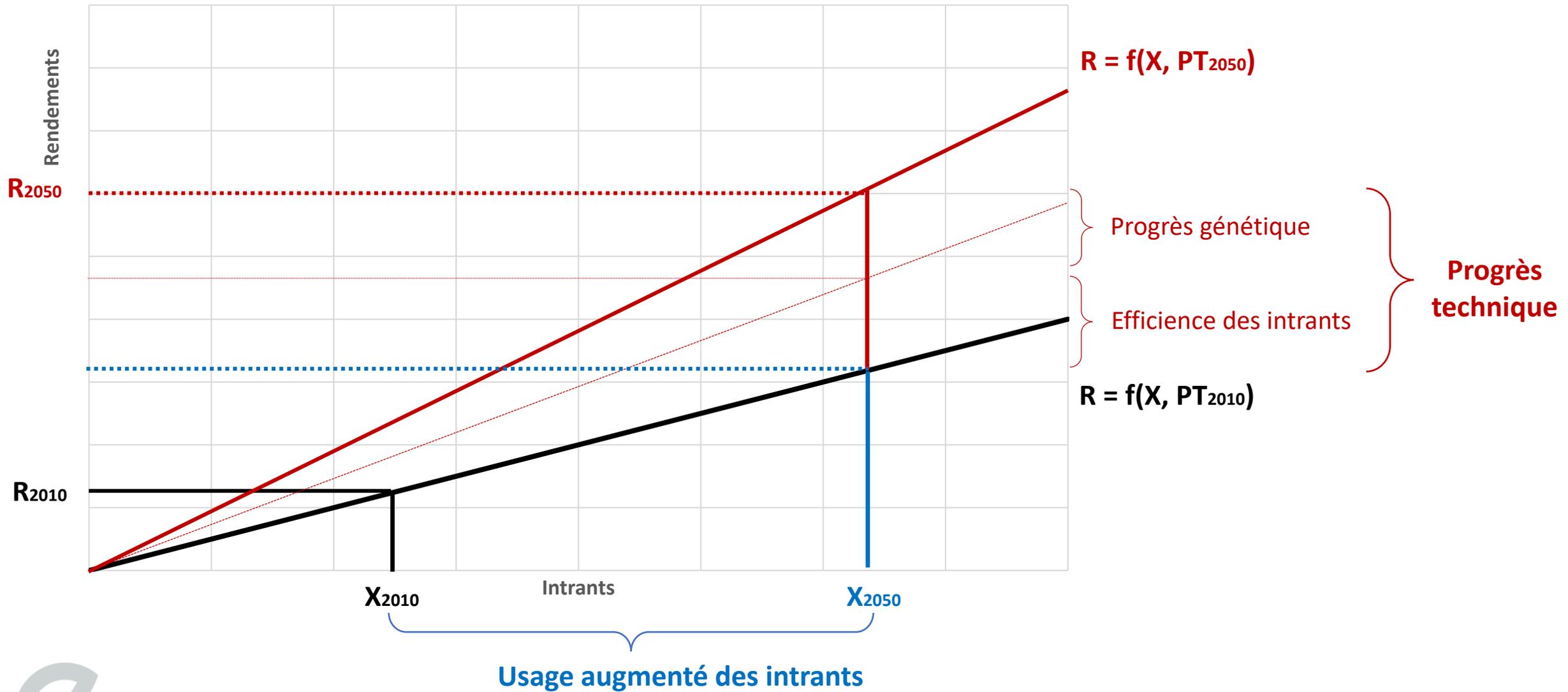
(INRAE, SDAR "Bretagne-Normandie") – *co-pilote scientifique*

**Philippe Debaeke**

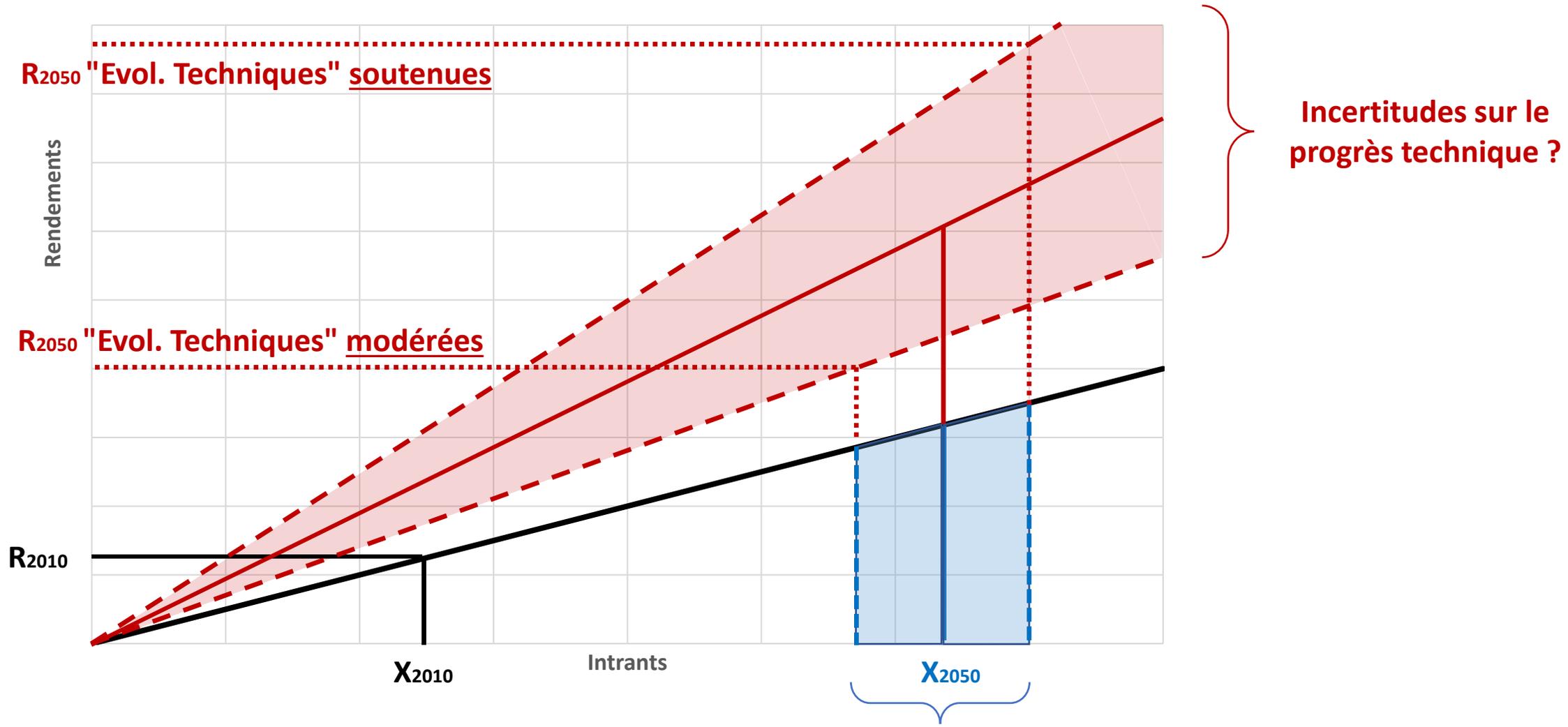
(INRAE, UMR AGIR) – *co-pilote scientifique*



# ➤ Impact des évolutions techniques sur les rendements (1)



# ➤ Impact des évolutions techniques sur les rendements (1)

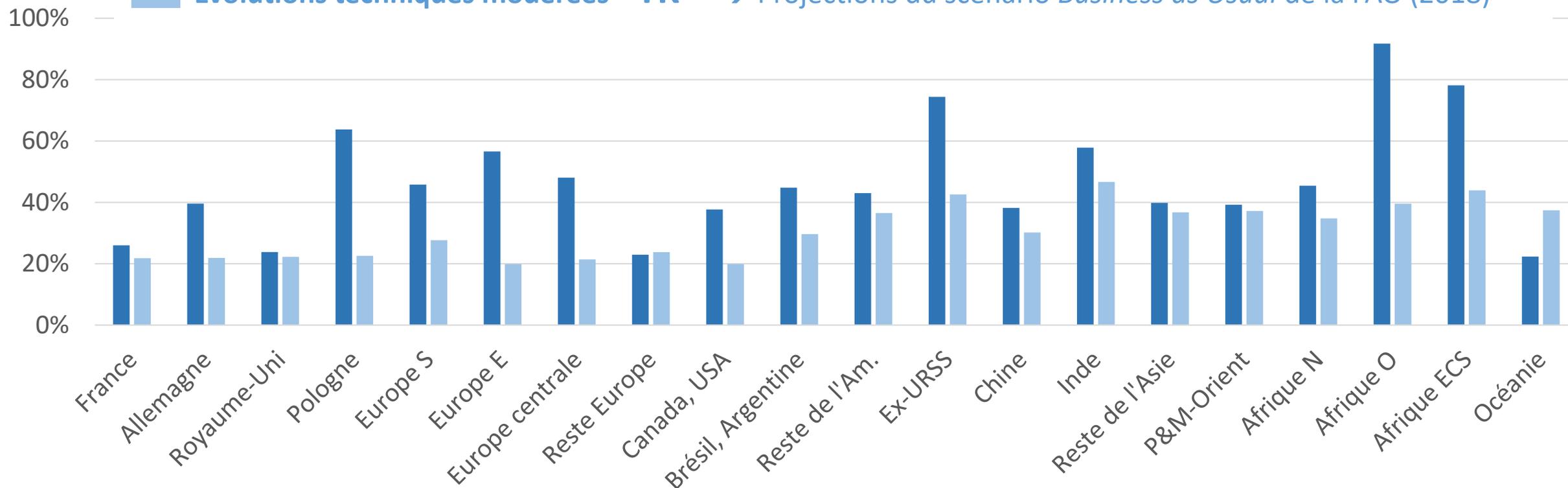


## ➤ Impact des évolutions techniques sur les rendements (3)

Impact en 2050 en % par rapport à « 2010 »

■ Évolutions techniques soutenues "TK+" → Projections ajustées à partir de la FAO (2012)

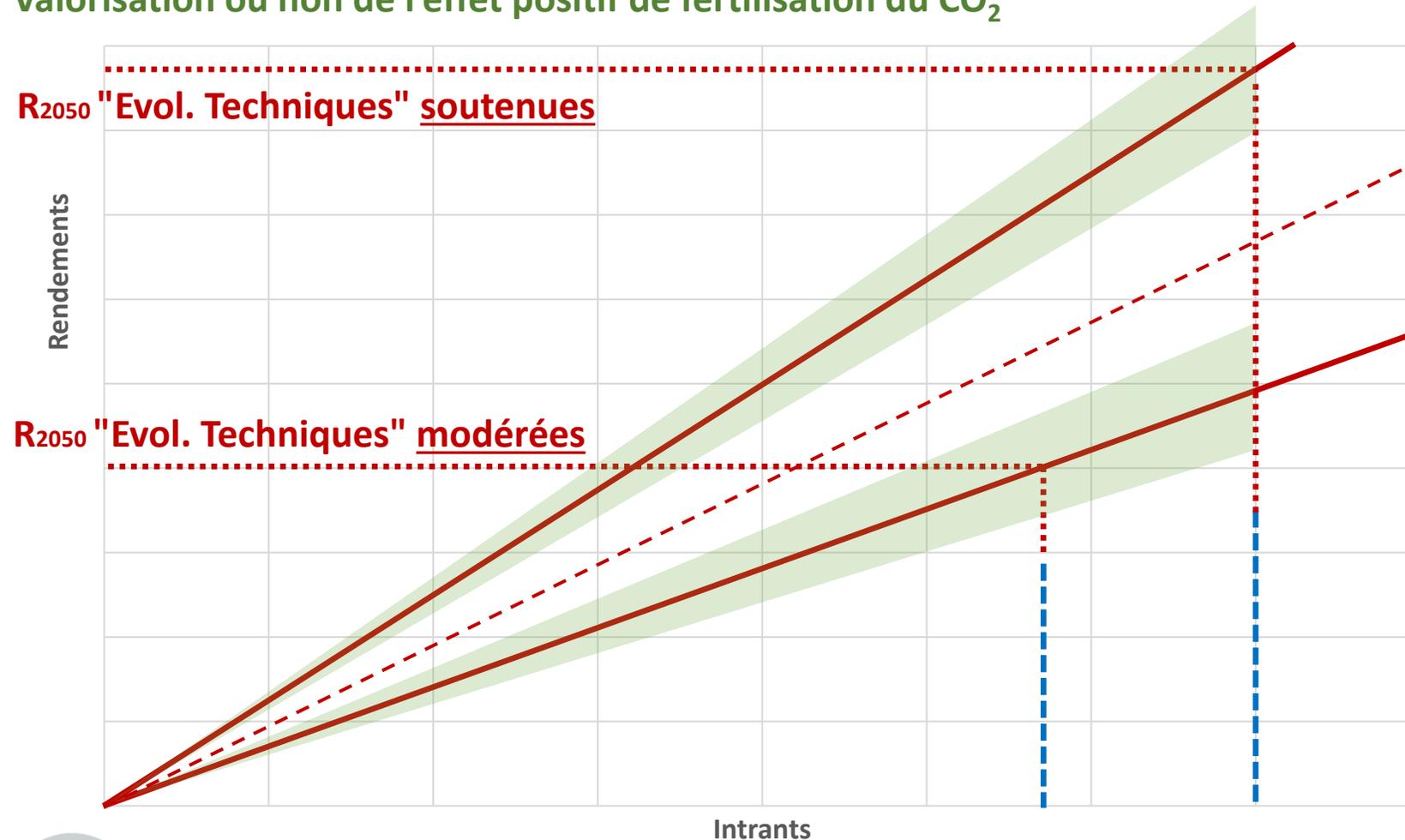
■ Évolutions techniques modérées "TK-" → Projections du scénario *Business as Usual* de la FAO (2018)



**Projections des rendements moyens toutes cultures confondues (hors fourrages)  
pondérés par les surfaces de chaque culture en « 2010 »**

# ➤ Impact du changement climatique sur les rendements : T°, P et [CO<sub>2</sub>]

Variations de P et de T° sur la base d'un modèle statistique distinguant les plantes en C3 vers C4 ds différentes régions  
Valorisation ou non de l'effet positif de fertilisation du CO<sub>2</sub>



**Rendements "HAUTS" :**

TK+  
+ effets T° et P  
+ valorisation du CO<sub>2</sub>

**Rendements "BAS" :**

TK-  
+ effet T° et P  
+ pas de valorisation du CO<sub>2</sub>

## ➤ Principales variables climatiques impactant le rendement des cultures

- La **température** croissante : réduit la durée de cycle + effet dépressif des températures élevées à certains stades
- Les **précipitations** : en déficit ou en excès, elles pénalisent la croissance + jouent sur la survie des cultures
- La **teneur en CO<sub>2</sub>** de l'atmosphère (croissante) : augmente la réponse photosynthétique (« fertilisation carbonée »), plus fortement pour les cultures en C3 (ex. blé) qu'en C4 (ex. maïs)



La **valorisation au champ de l'effet CO<sub>2</sub>** dépend de la satisfaction des besoins en eau et en azote des plantes et varie selon les génotypes

→ il existe une incertitude sur l'expression "réelle" de cet effet au champ

Brisson et Levrault (2010) ; Porter *et al.* (2014) ; Kimball (2016)

## ➤ Prédiction des variations de rendement selon le changement climatique

Modèle statistique établi à partir d'une **analyse quantitative de 16 synthèses publiées (2008-2018)**  
(Makowski *et al.*, soumis *EJA*)

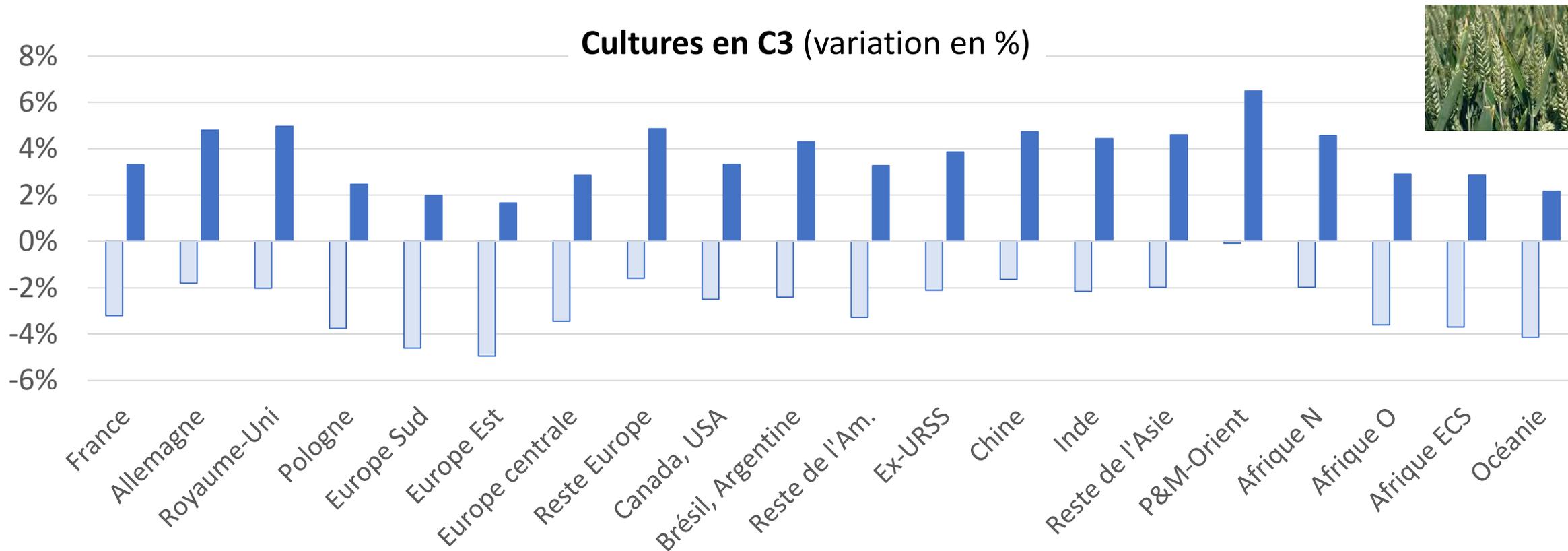
→ Paramètres estimés des équations statistiques reliant les variations des rendements  
à celles des variables climatiques sélectionnées ( $T^\circ$ , P,  $[CO_2]$ )

	Variation du rendement (%)	
	Modèle « cultures C3 » (blé, soja, riz...)	Modèle « cultures C4 » (maïs, sorgho...)
<b>Effet marginal d'une augmentation de <math>T^\circ</math> de <math>+1^\circ C</math></b>	-2,395	-4,330
<b>Effet marginal d'une augmentation de P de <math>+1\%</math> *</b>	0,265	<i>Non significatif</i>
<b>Effet marginal d'une augmentation de <math>[CO_2]</math> de <math>+1</math> ppm</b>	0,090	0,020
<b>Effet marginal de l'interaction <math>T^\circ \times [CO_2] \times</math> **</b>	-0,014	<i>Non significatif</i>

\* Cumul des précipitations durant la saison de croissance des cultures

\*\* Pas d'effet significatif des autres interactions entre paramètres climatiques

# ➤ Variation des rendements entre "2010" et 2050 sous l'effet d'un changement climatique tendanciel (RCP6.0), selon la valorisation de l'effet du CO<sub>2</sub>



■ Effet du CC tendanciel sans valorisation de l'effet CO<sub>2</sub>

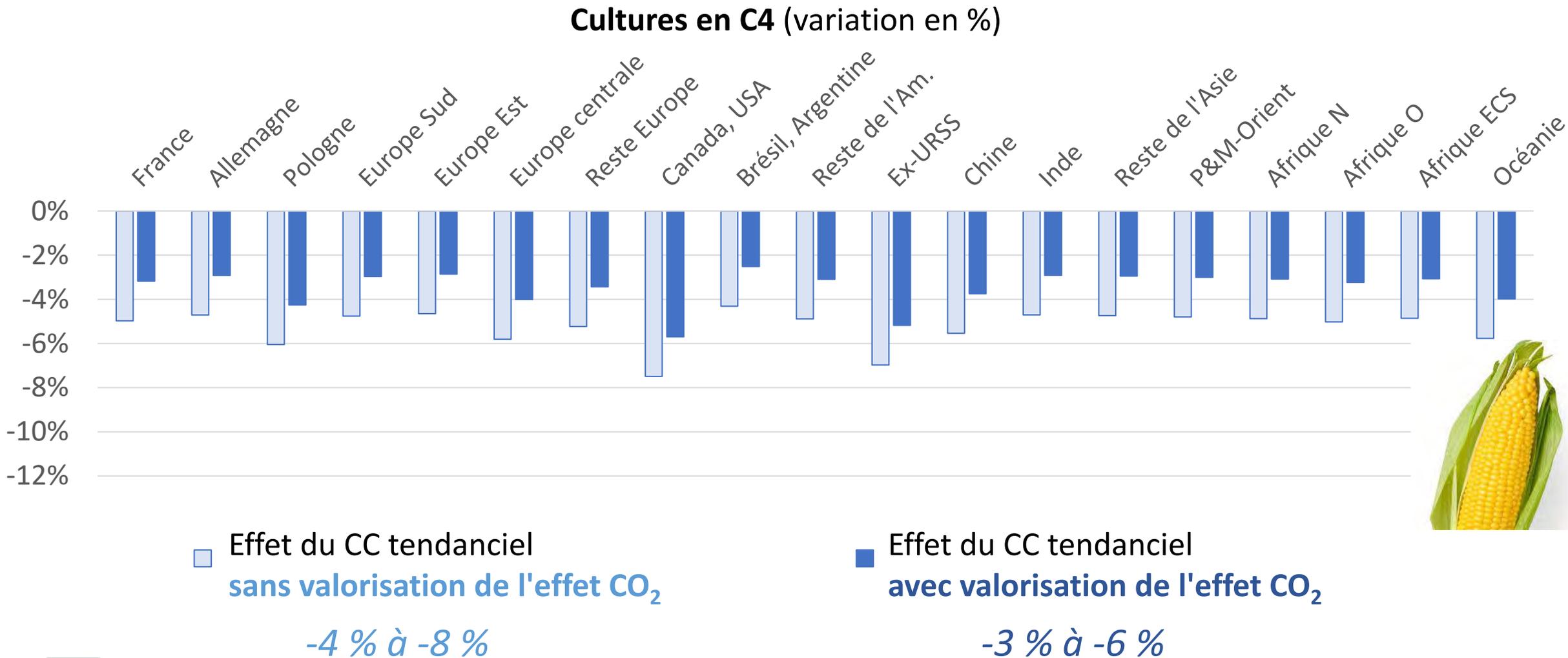
-5 % à 0 %

■ Effet du CC tendanciel avec valorisation de l'effet CO<sub>2</sub>

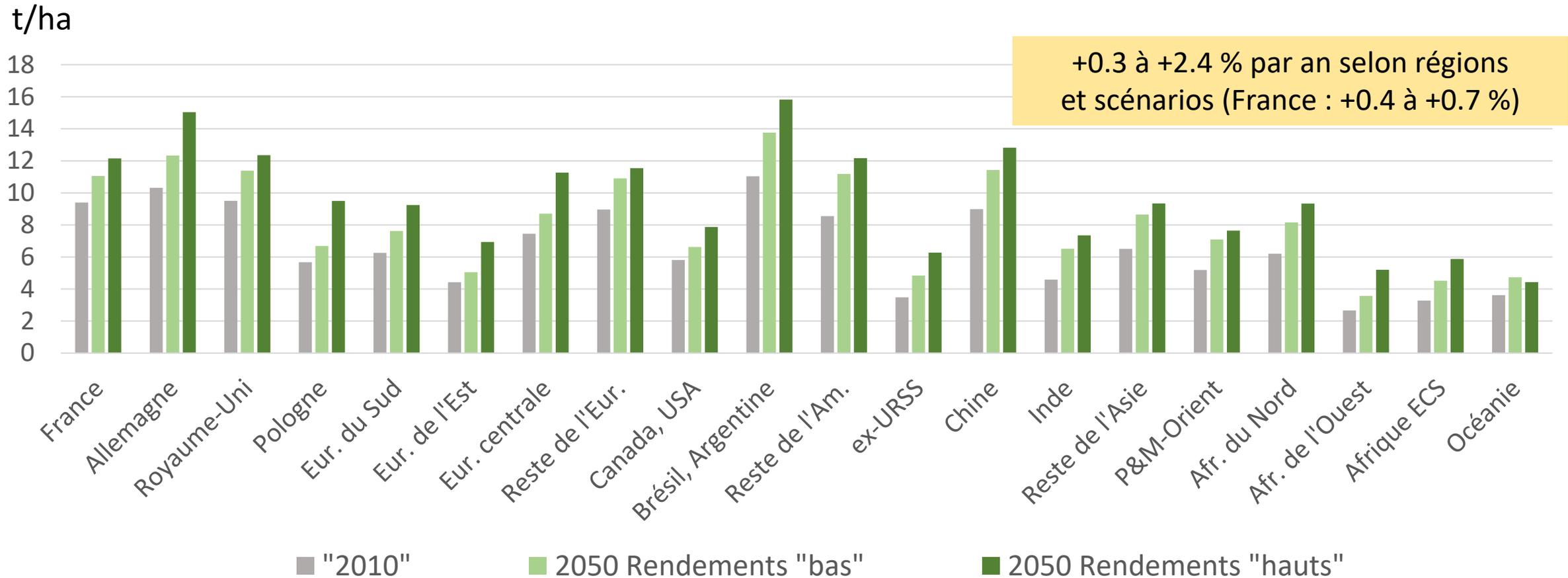
+2 % à +6 %



➤ Variation des rendements entre "2010" et 2050 sous l'effet d'un changement climatique tendanciel (RCP6.0), selon la valorisation de l'effet du CO<sub>2</sub>



➤ Rendements moyens régionaux (toutes cultures hors fourrages) en "2010" et 2050 : effets conjugués des évolutions techniques et du changement climatique



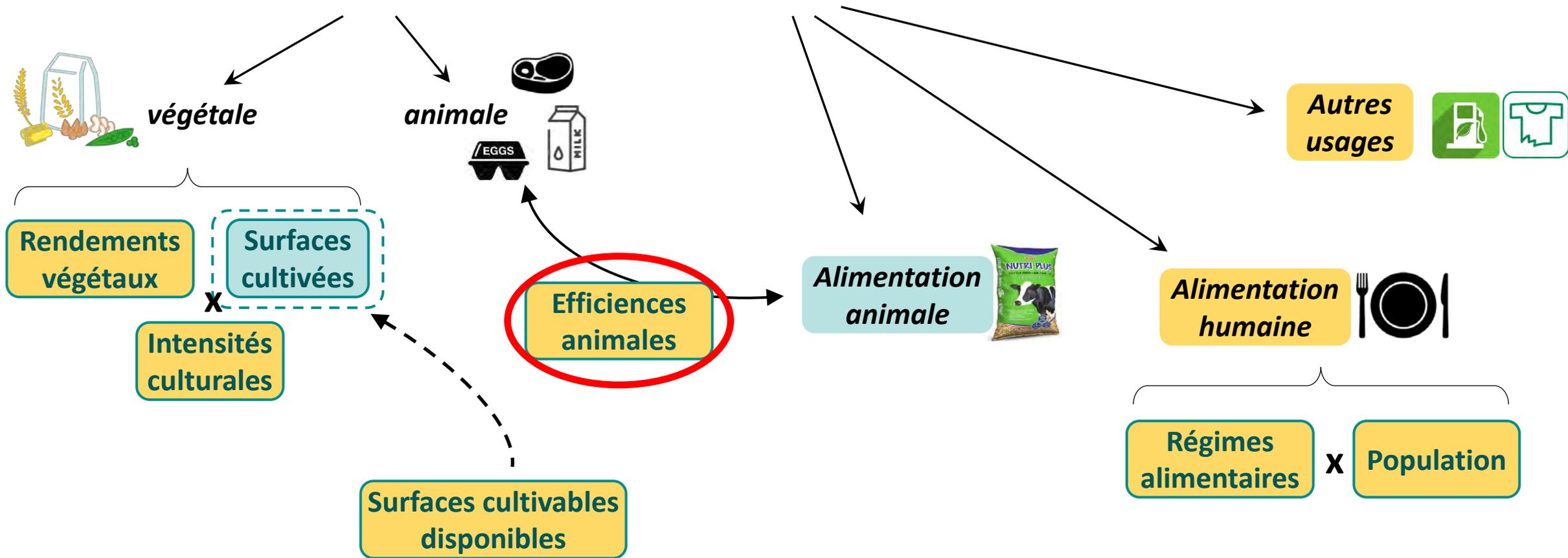
**Rendements BAS** : évolutions techniques plus modérées + absence de valorisation de l'effet CO<sub>2</sub> → **+14% à +42%**

**Rendements HAUTS** : rythme soutenu des évolutions techniques + valorisation de l'effet CO<sub>2</sub> → **+29% à +95%**

# > Les variables clefs du système

Variables d'entrée

$$Production + Importations = Usages + Exportations + Pertes \& Gaspillages + \Delta Stock$$



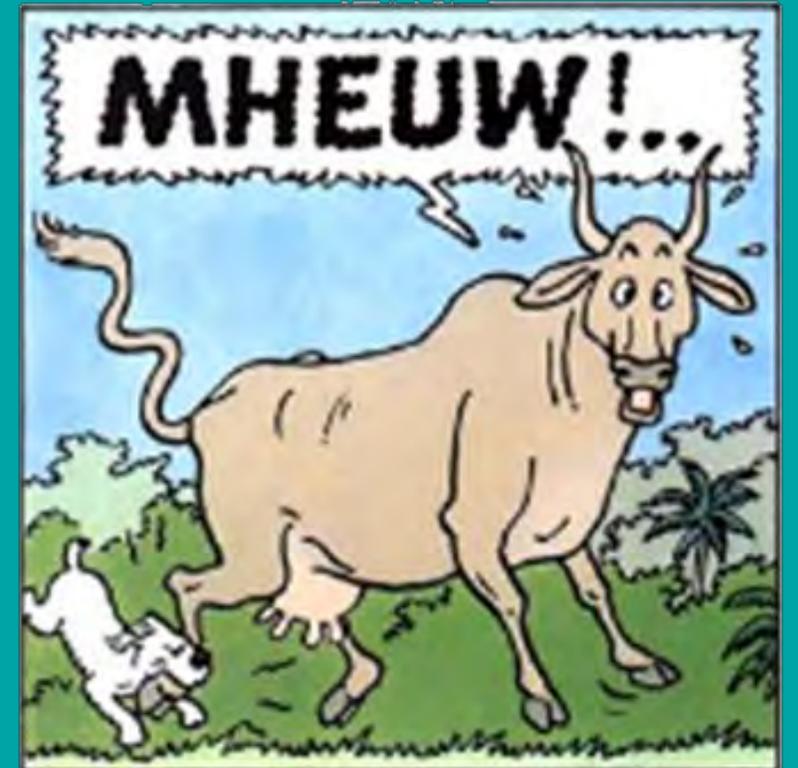
# INRAE

## ➤ Cadre d'analyse de l'étude

**Philippe Faverdin**

(INRAE, UMR PEGASE)

*Expert scientifique "productions animales"*



# ➤ Calcul des coefficients d'efficacité alimentaire des ruminants

• Coefficient d'efficacité = kg MS aliment / kg de produit (lait ou viande)

• Des coefficients difficiles à estimer pour les ruminants

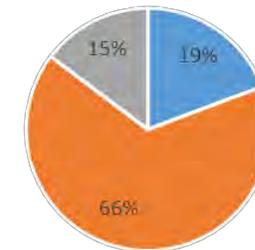
- Consomment principalement des fourrages
- Statistiques mondiales imprécises et parfois incohérentes

• GIEC : une méthodologie (tier2) applicable à toutes les régions

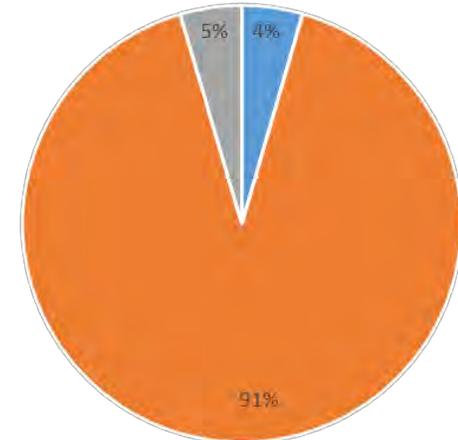
- Estimation des consommations basée sur les besoins en énergie
- Facilite la séparation des coefficients pour le lait et la viande
- Sensible principalement :
  - à la production de lait (statistiques FAO)
  - au poids vif des animaux (GLEAM + modèle démographique & croissance)
  - à la digestibilité de la ration (échelle annuelle)
    - Digestibilité des prairies en fonction des températures de la zone
    - Fonction des matières premières autrement (tables de valeurs des aliments)



Vaches laitières  
1 Md T MS



Bovins viande  
3,4 Md T MS



- Aliments concentrés
- Prairies perm.+occas.+résidus
- Fourrages cultivés

• Composition des rations après optimisation des équilibres de matières premières

## ➤ Des efficacités très variables en 2010

Les efficacités s'améliorent avec les productivités :

- Lait : La quantité de lait par vache laitière
- Viande : La quantité de viande par bovin

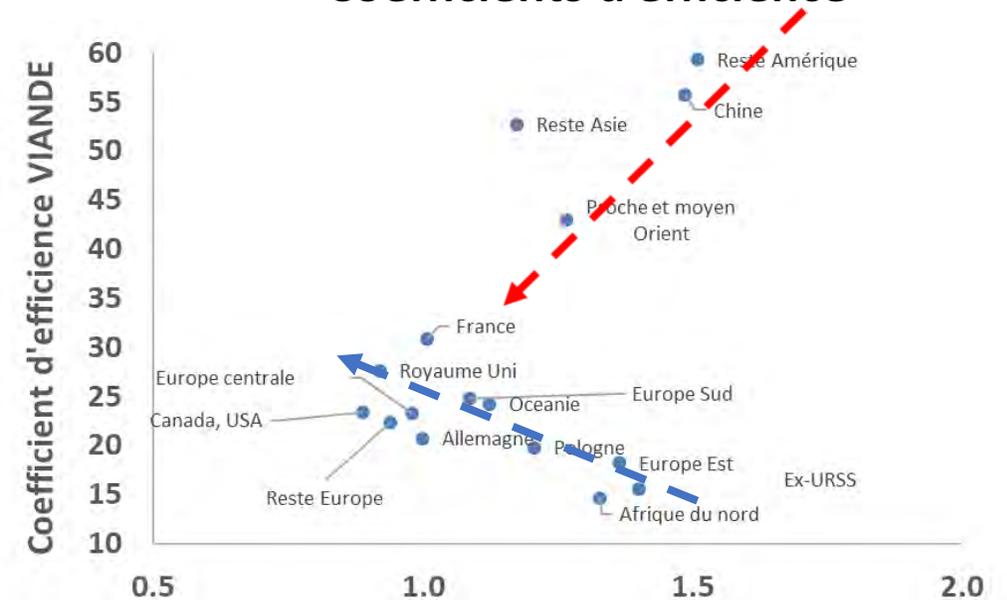
Pour les faibles productivités animales,

- **Accroissement simultané des productivités lait et viande**
- **Amélioration conjointe des efficacités**

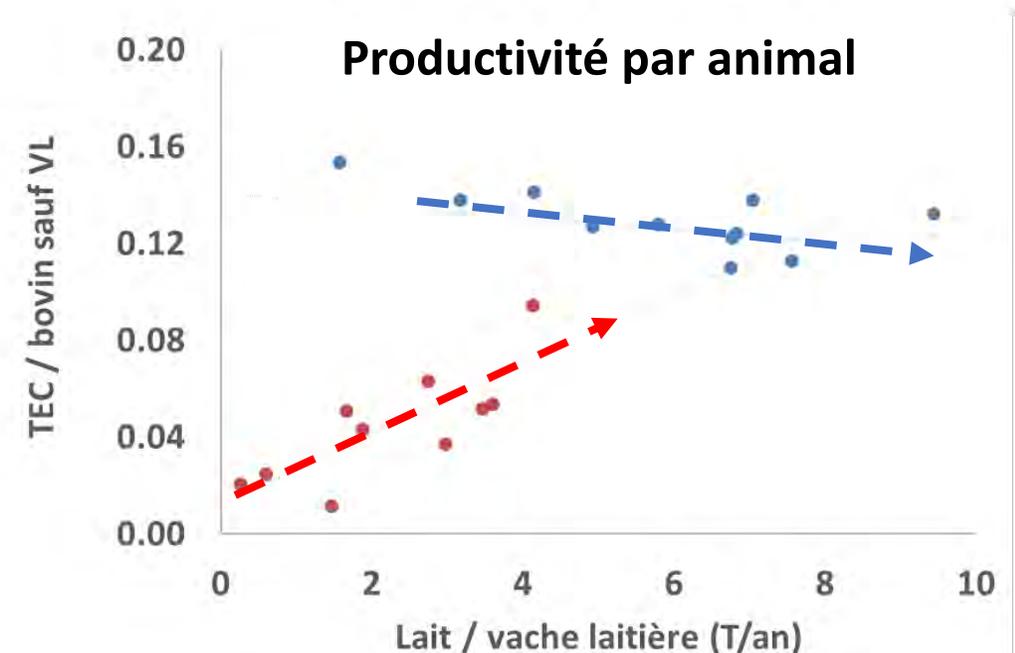
Pour les productivités plus élevées des vaches laitières,  
il y a une tension entre les deux indicateurs lait et viande

← moins de viande issue des vaches laitières,  
Plus de viande issue de vaches allaitantes

### Coefficients d'efficacité



### Coefficient d'efficacité LAIT



## ➤ Projections à 2050

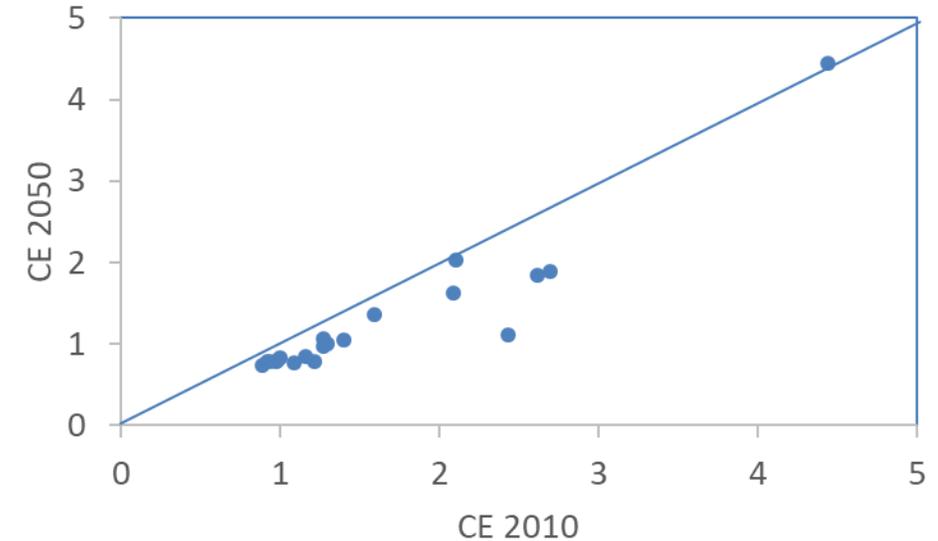
### Calcul des coefficients en 2050

- Calcul des effectifs bovins requis pour équilibrer :
  - Les **productions**, fonction des régimes et de la démographie
  - Les **productivités** du lait/vache qui augmentent, celles de la viande/bovin qui stagnent (majoritairement)
  - L'évolution de la **digestibilité des fourrages** (fonction de la température)

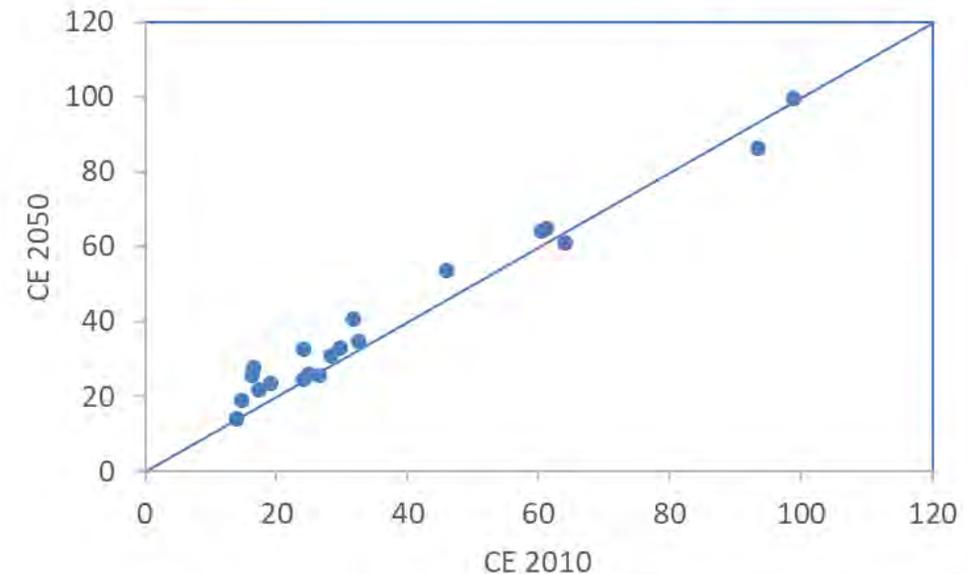
### Impact sur les Efficacités en 2050 par rapport à 2010

- Une **amélioration des efficacités pour le lait** (← augmentation de productivité des vaches)
- Une **dégradation des efficacités pour la viande** (← plus de vaches allaitantes pour produire la viande)

Coefficient d'efficacité LAIT



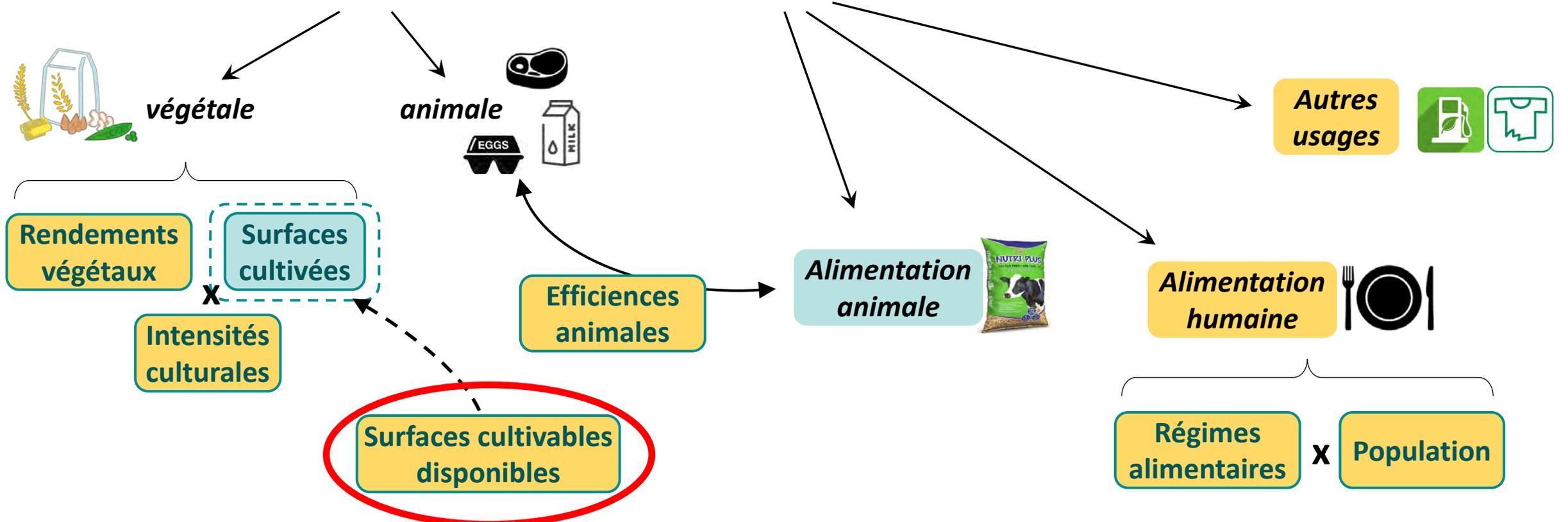
Coefficient d'efficacité VIANDE



# > Les variables clefs du système

Variables d'entrée

$$Production + Importations = Usages + Exportations + Pertes \& Gaspillages + \Delta Stock$$



Annette Bérard (INRAE, UMR EMMAH) – *experte scientifique "sols"*

# INRAE

## ➤ Cadre d'analyse de l'étude

**Annette Bérard**

(INRAE, UMR EMMAH) – *experte scientifique "sols"*



## ➤ Méthodologie

- Données de référence : portail IIASA-FAO - GAEZ (Global Agro-Ecological Zones)

→ potentialités agricoles fonction de :

- climat (présent ou futur)
  - qualité des terres (présent)
  - besoins des cultures (présent ou futur)
- } *Suitability Index* (SI >40)

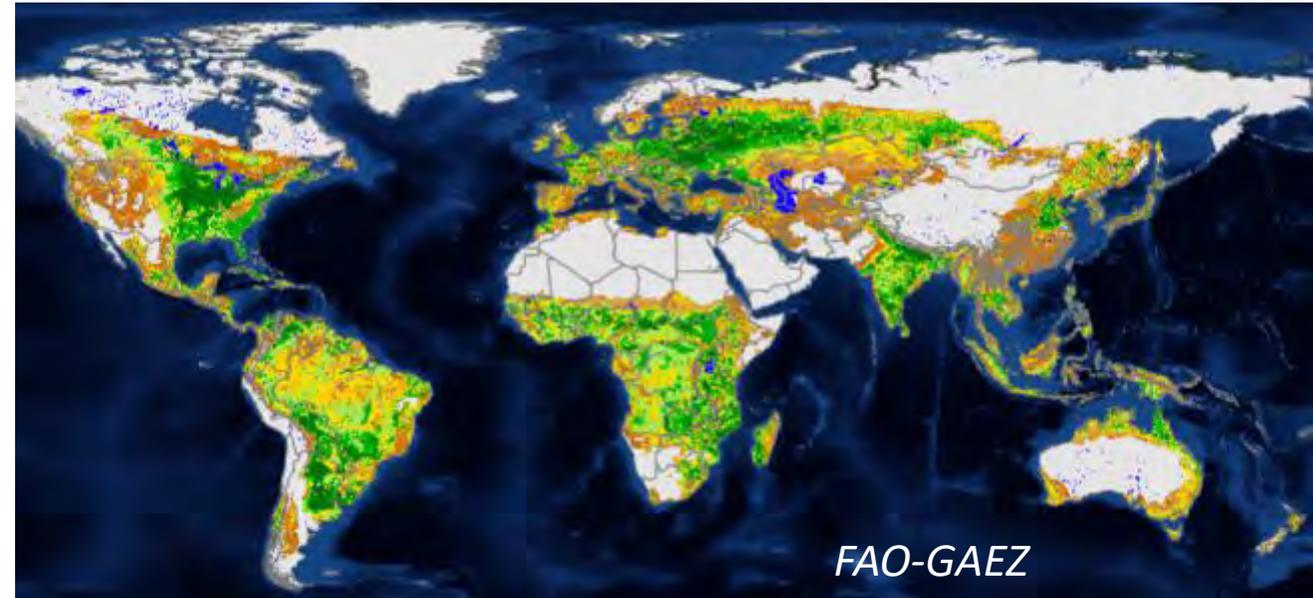
→ différentes classes d'aptitude de terres spatialisées

- Peu de littérature sur le sujet

Comparaison données GAEZ / projections biblio existantes

→ Validité des données du portail GAEZ utilisées

*Indice d'aptitude des cultures de céréales pluvial (1961-1990)*



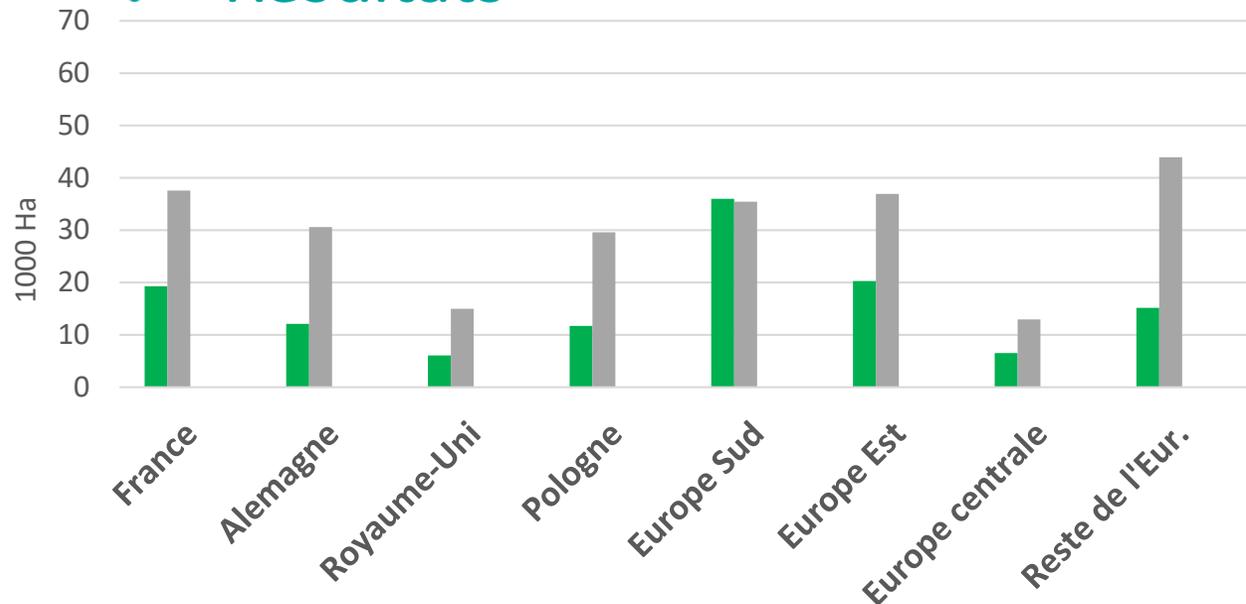
\*SI = Suitability Index

- SI > 85: Very high
- SI > 70: High
- SI > 55: Good

- SI > 40: Medium
- SI > 25: Moderate
- SI > 10: Marginal

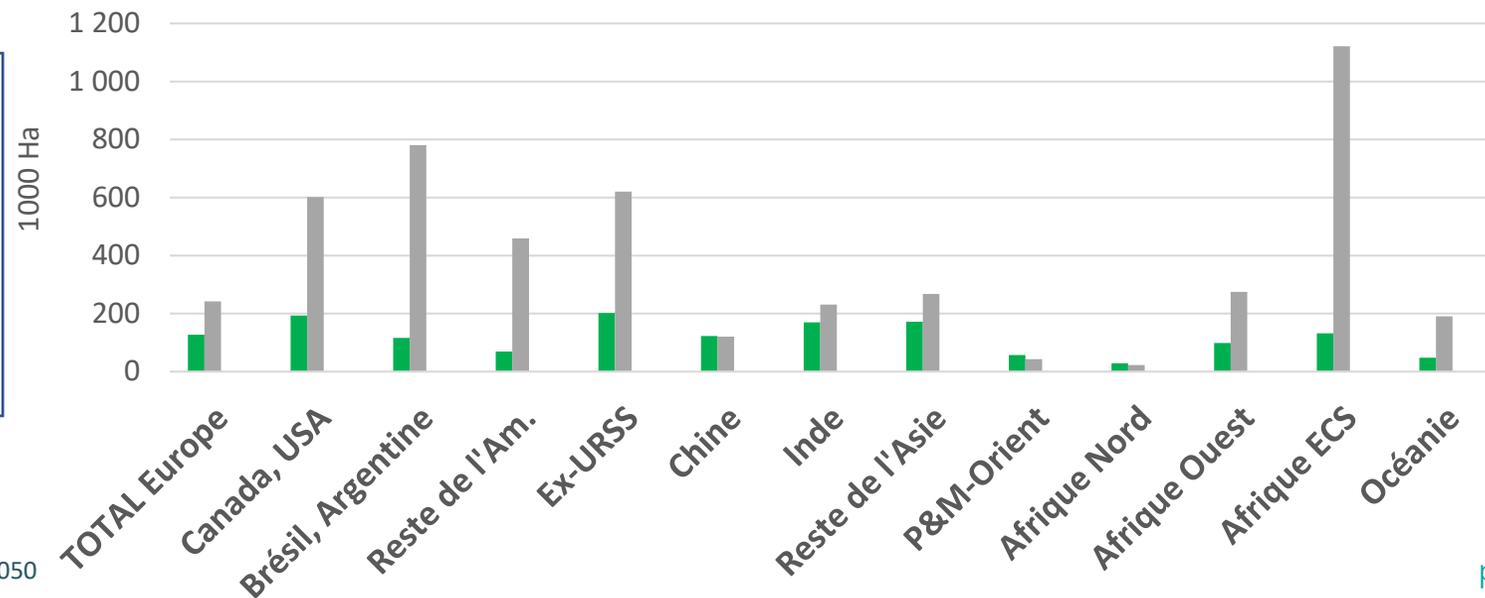
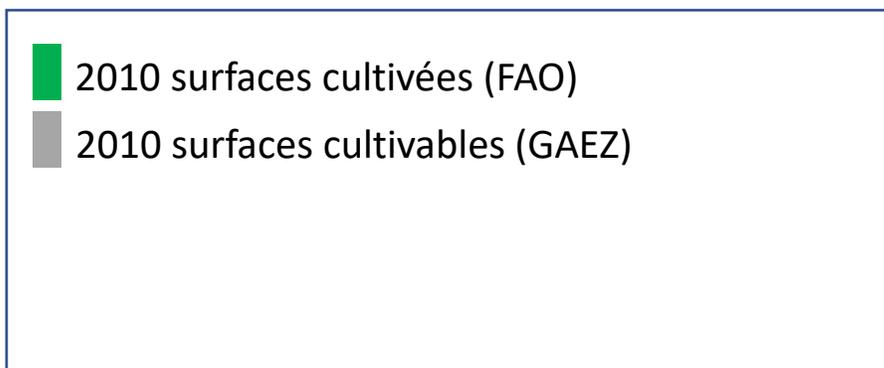
- SI > 0: Very marginal
- SI = 0: Not suitable

## ➤ Résultats

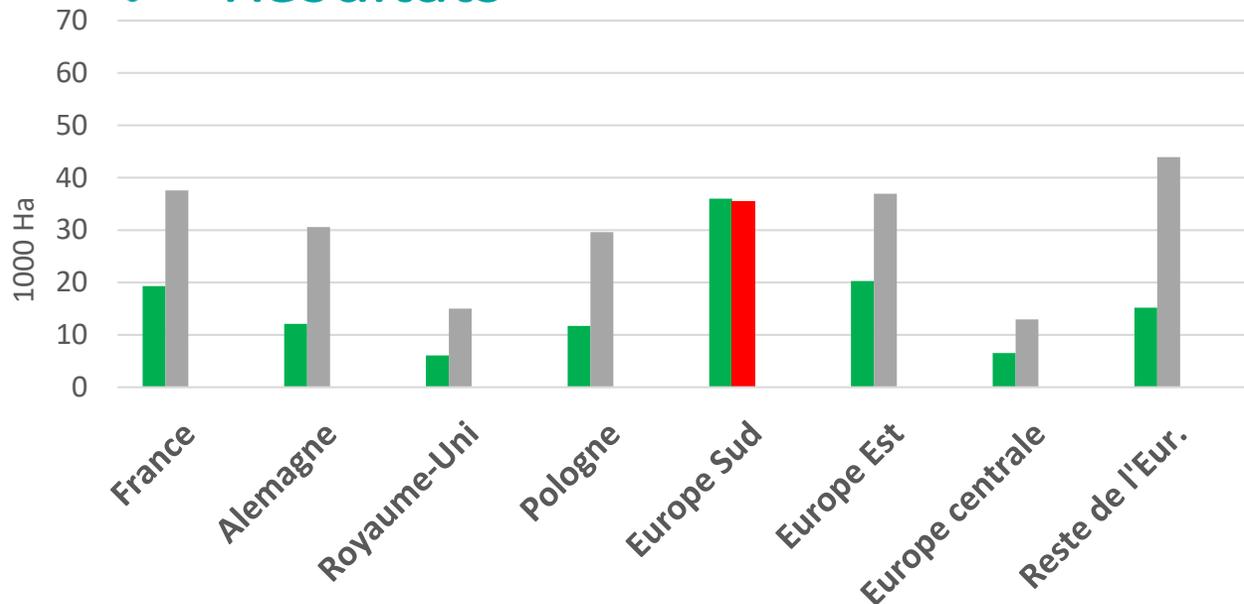


"2010"

Présent :  
Cultivées / Potentiellement cultivables

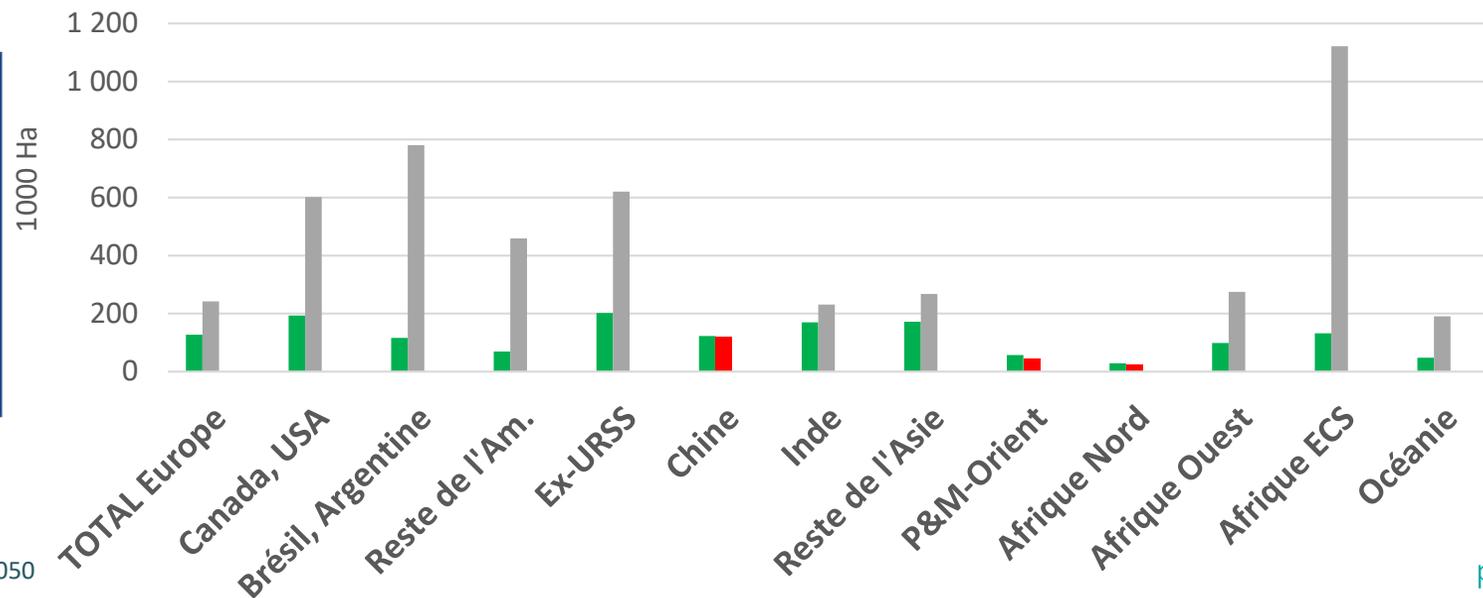
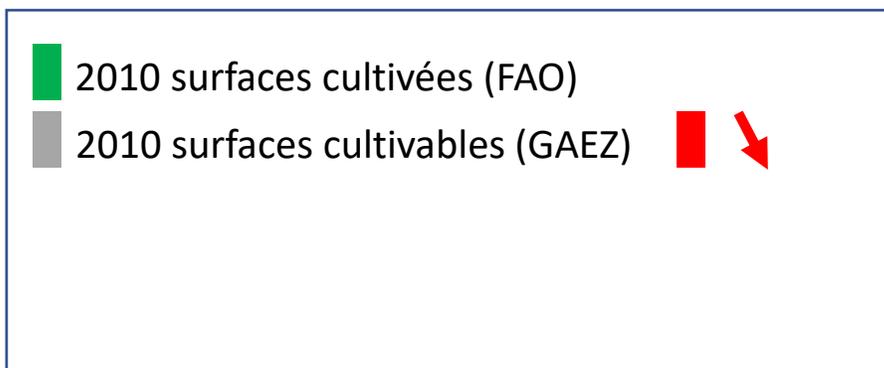


## ➤ Résultats



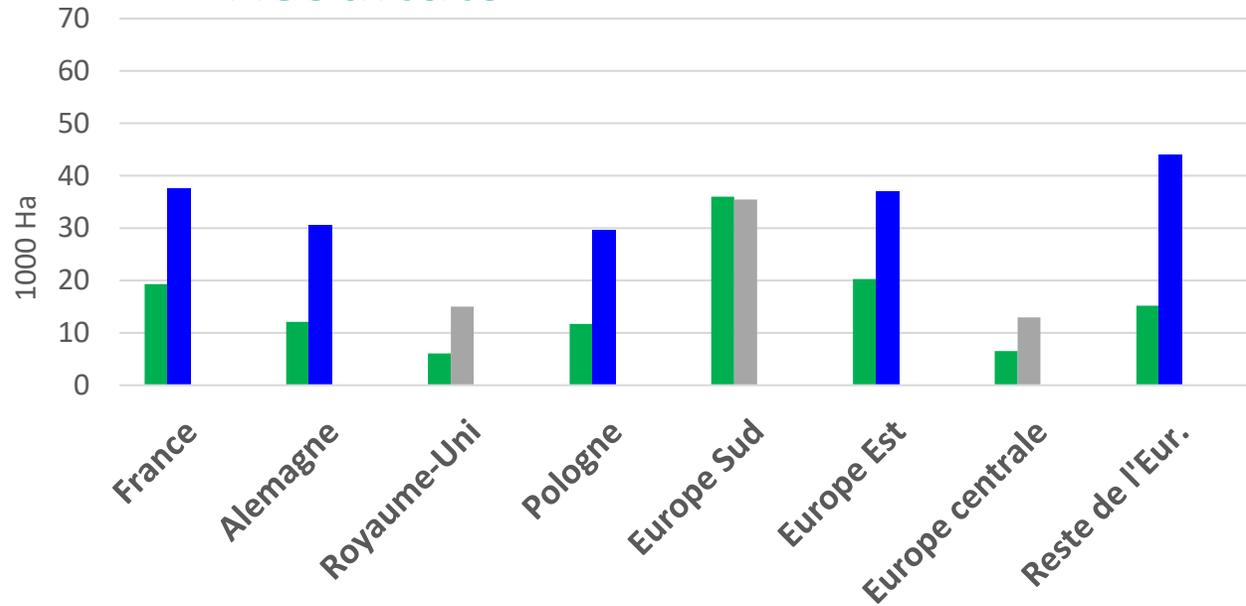
"2010"

Dès à présent :  
pas toujours de marges de manœuvre ...

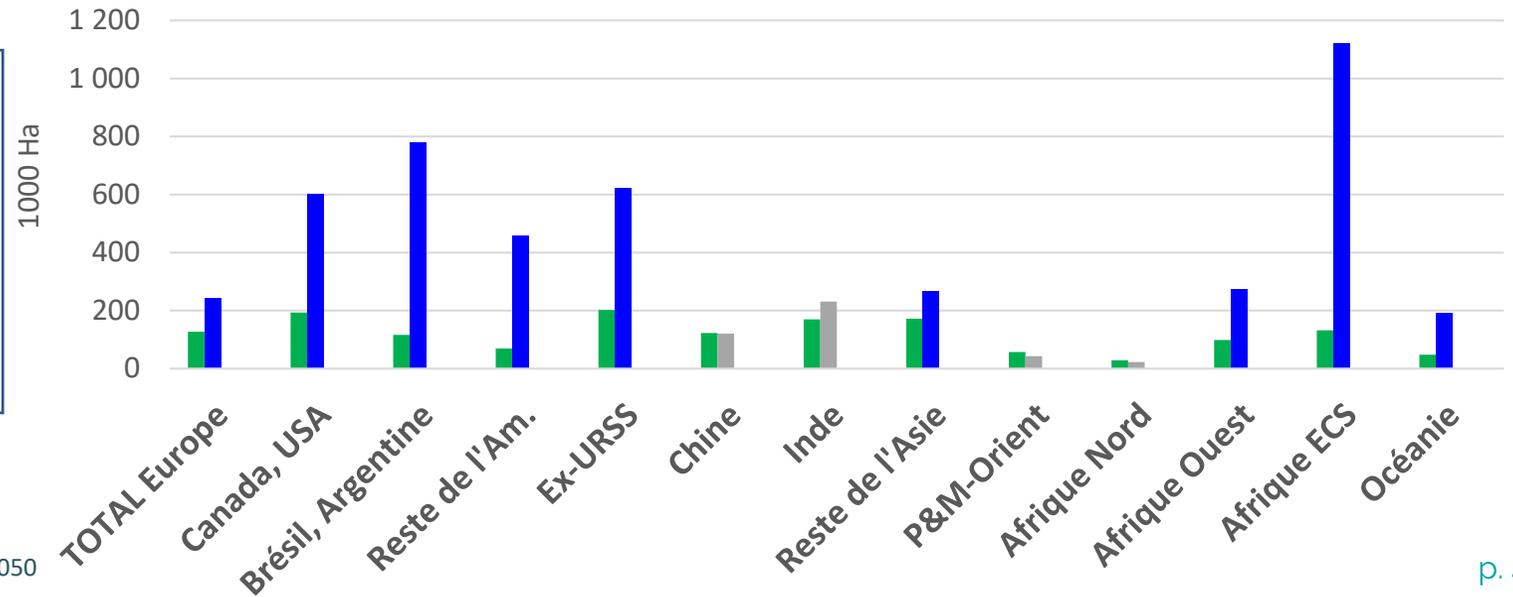
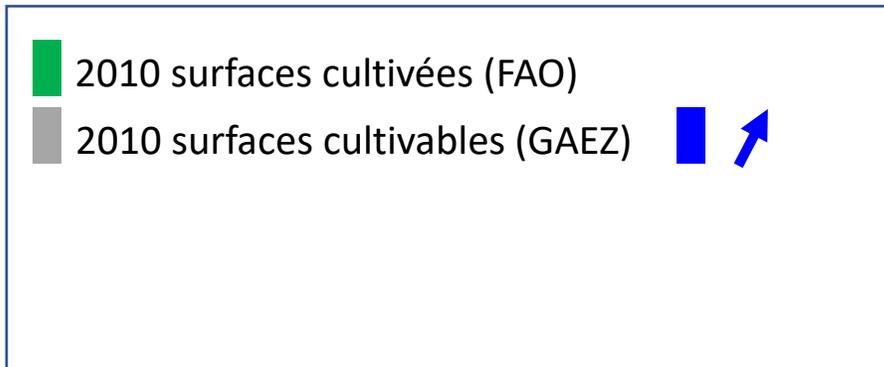


# ➤ Résultats

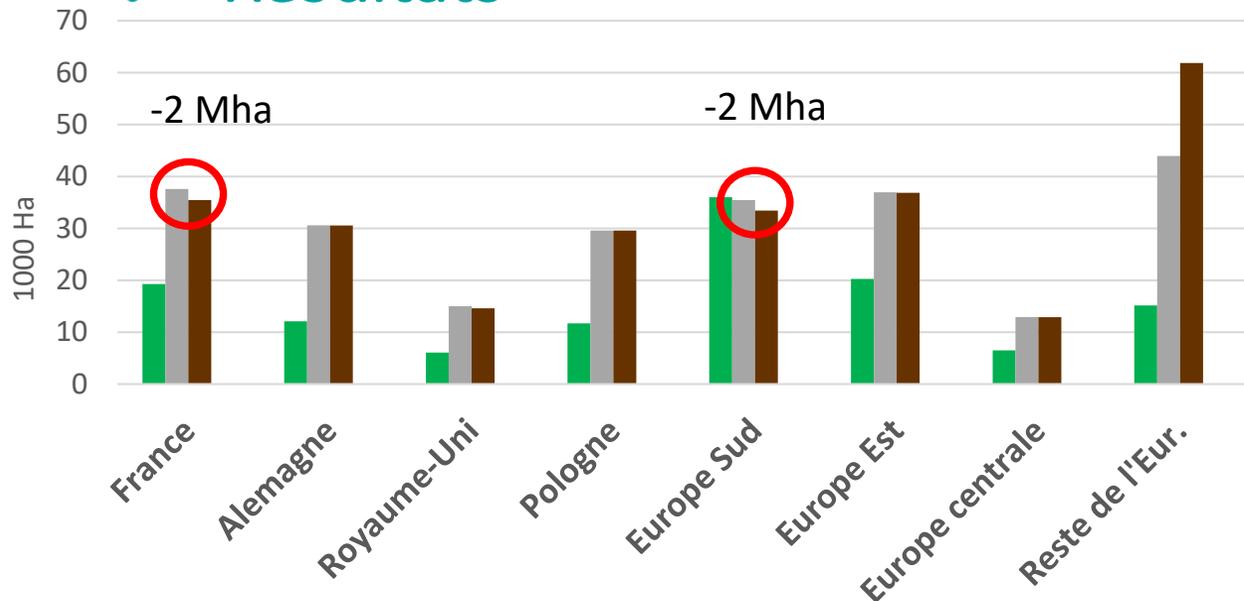
# "2010"



Mais beaucoup de régions à fort potentiel actuel



# ➤ Résultats



2050 ■ (RCP6)

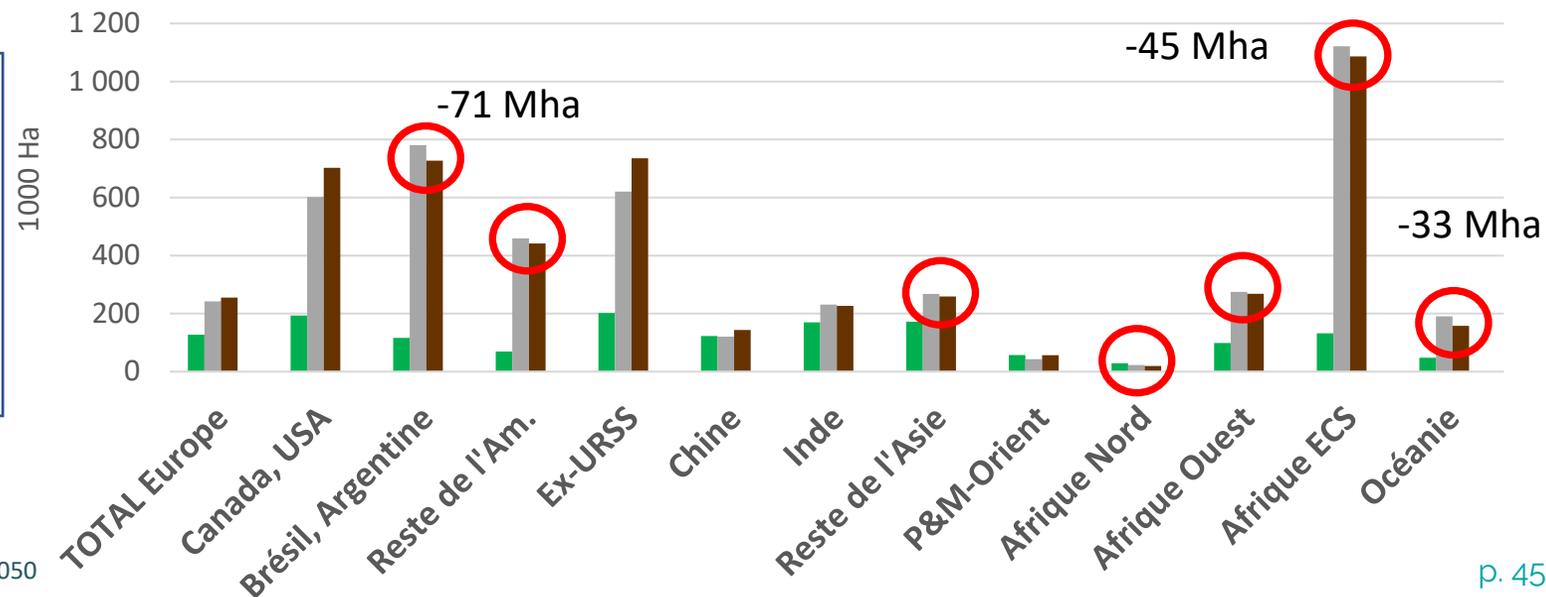
2010 - 2050 → Des "perdants" ...

Température  
Précipitations

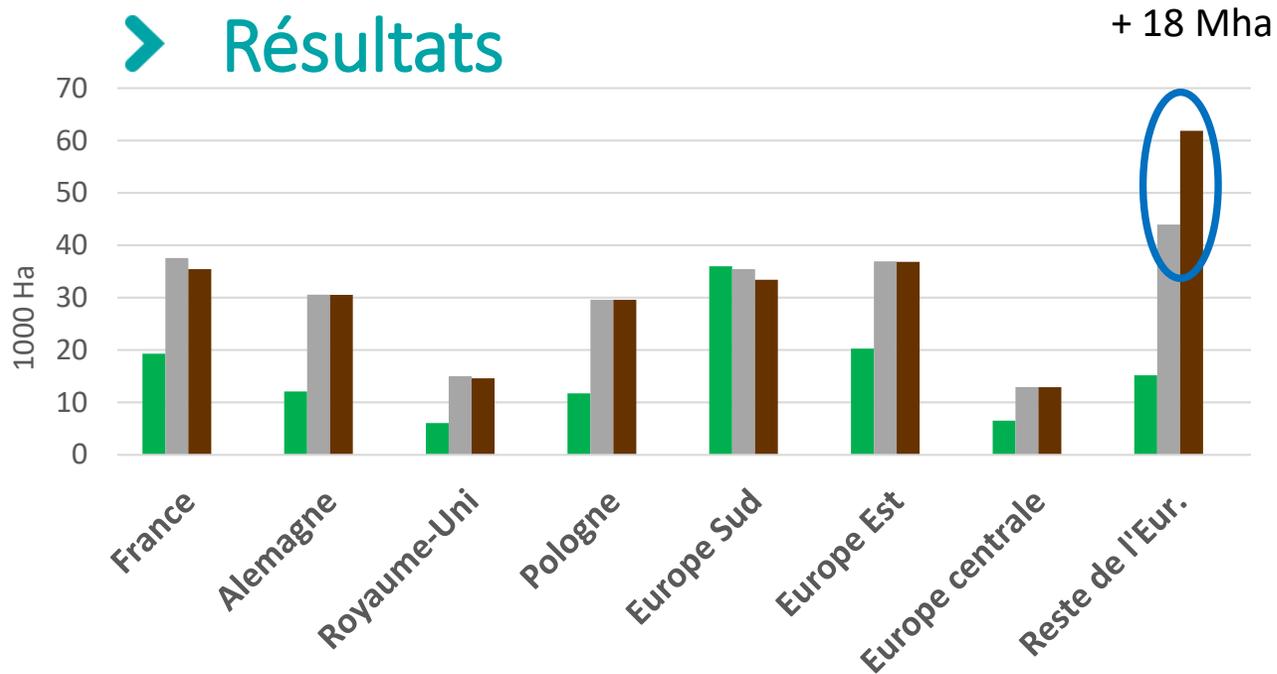


→ Stress hydrique

■ 2010 surfaces cultivées (FAO)  
■ 2010 surfaces cultivables (GAEZ)  
■ 2050 surfaces cultivables CC tendanciel (GAEZ)  
**Surfaces utilisées pour les simulations de référence**



# ➤ Résultats

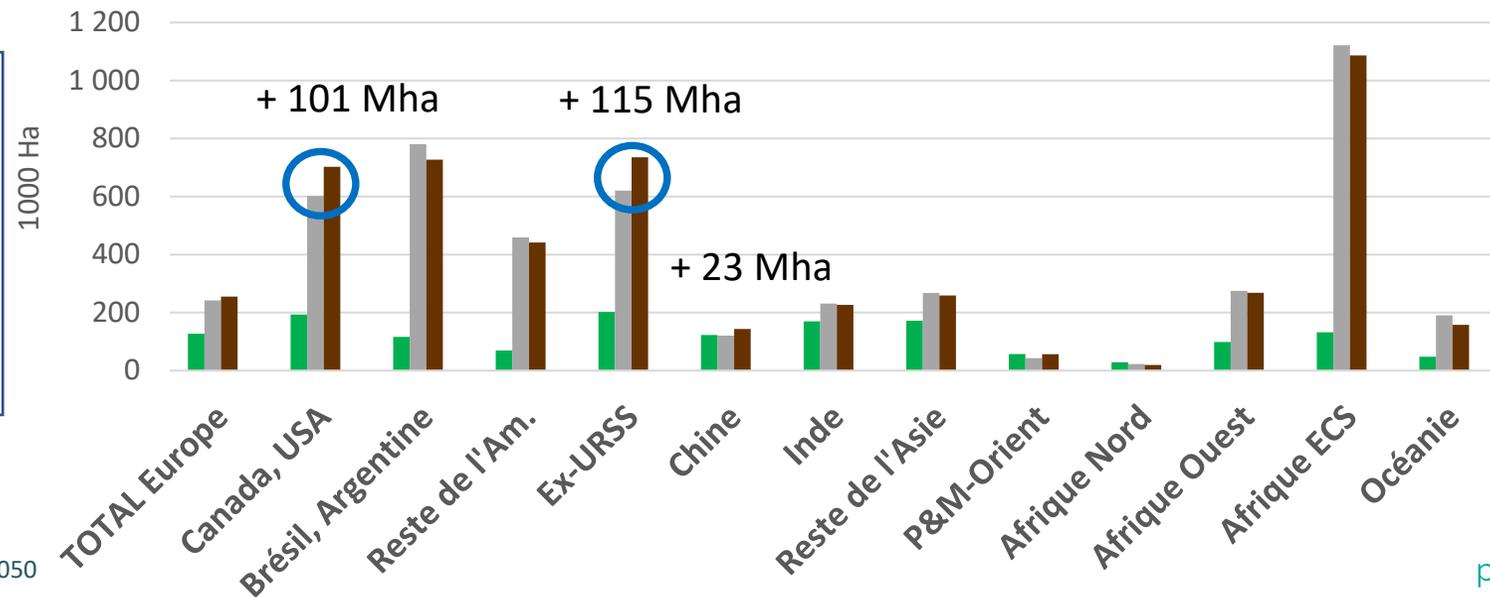


**2050** ■ (RCP6)

2010 - 2050 → Des "gagnants"...  
"au Nord"

Température ↑ → croissance des plantes

■ 2010 surfaces cultivées (FAO)  
■ 2010 surfaces cultivables (GAEZ)  
■ 2050 surfaces cultivables CC tendanciel (GAEZ)  
**Surfaces utilisées pour les simulations de référence**



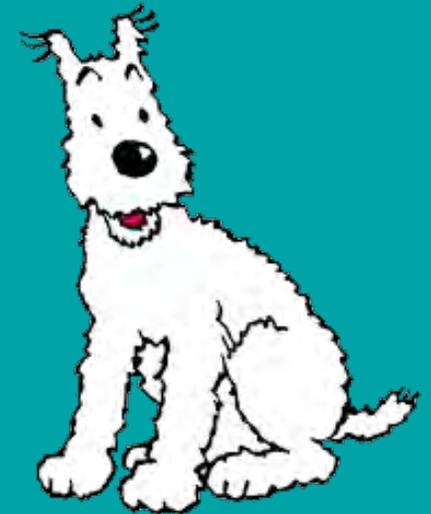
## ➤ En bref :

- **Globalement augmentations de surfaces cultivables à 2050 avec hétérogénéité selon les régions**
- **Mais... des incertitudes et manques de données ...**
  - Changements d'usage des sols (ex : déforestation) + CC → **érosion / dégradation des sols**
  - Les effets du CC sur les **caractéristiques des sols** : estimés invariants !  
Quid de l'érosion? De la perte de fertilité (matières organiques) ?  
⇒ impacts sur la production végétale non pris en compte ...
  - La **dégradation des sols** : surfaces déjà dégradées et rythme de leur progression :  
→ Pas de méthode ni d'indicateur partagés  
→ Difficile d'avoir des données consolidées
  - Quid des pertes de surfaces cultivables liées à l'**urbanisation**, à la **montée des eaux** ?



INRAE

➤ Synthèse : la gamme des scénarios de référence



## ➤ La gamme des scénarios de référence

- **Deux hypothèses contrastées d'évolution des régimes alimentaires :**
  - "tendanciels" = selon FAO
  - "sains" (rupture) = selon Agrimonde-Terra (Healthy)
- **Une fourchette de rendements végétaux → incertitudes / dynamiques des évolutions techniques et expression des effets du CC**
  - "Bas" = évolutions techniques modérées, pas de valorisation de l'effet CO<sub>2</sub> (TK-/CO<sub>2</sub>-)
  - "Hauts" = évolutions soutenues, pleine valorisation de l'effet CO<sub>2</sub> (TK+/CO<sub>2</sub>+)
- **Surfaces cultivables = toutes surfaces aptes à la culture quel que soit l'usage actuel**
- **Autres variables = hypothèse unique d'évolution tendancielle**

➔ 4 simulations de référence :

<b>Régimes tendanciels</b> <b>Rdts BAS</b>	<b>Régimes tendanciels</b> <b>Rdts HAUTS</b>
<b>Régimes sains</b> <b>Rdts BAS</b>	<b>Régimes sains</b> <b>Rdts HAUTS</b>



## > Fil rouge de l'analyse à suivre

- **Simulation des scénarios de référence** → quelles évolutions possibles des surfaces agricoles, productions et échanges à l'horizon 2050 en Europe et dans le reste du monde ?
  - ⇒ Identification de **tensions foncières** dans certaines régions du monde...  
... et de possibles **réductions des surfaces cultivées** dans d'autres, notamment en Europe
- **Analyses complémentaires** → **quelles opportunités pour les agricultures européennes ?**
  - ⇒ Exploration de **stratégies européennes** pour répondre au double enjeu =
    - **Disponibilité alimentaire mondiale**
    - **Enjeux environnementaux liés à l'agriculture** : extension des terres cultivées hors Europe, impacts des systèmes agricoles européens aujourd'hui majoritaires
- **Quid des facteurs dont les effets sont difficiles à quantifier à l'horizon 2050...**



Merci de votre attention !



# Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050

Colloque de restitution de l'étude – 14 Février 2020

## ➤ Mise en œuvre des scénarios

- Fonctionnement du modèle GlobAgri-AE2050
- Résultats de simulation des scénarios de référence
- Quelles marges de manœuvre pour les agricultures européennes en 2050 ?
- Enseignements et perspectives



# INRAE

## ➤ Fonctionnement du modèle GlobAgri-AE2050

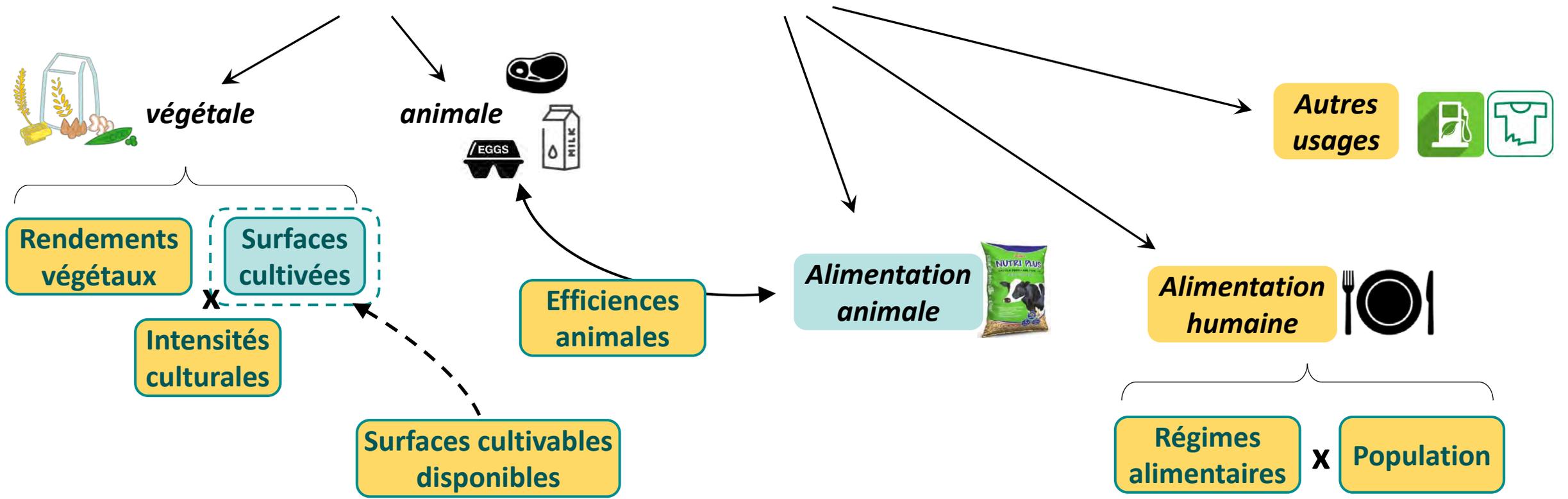
**Agneta Forslund**

(INRAE, UAR DEPT EcoSocio) – *responsable de la modélisation*



# ➤ GlobAgri-AE2050 : variables & paramètres d'entrée clefs

$$Production + Importations = Usages + Exportations + Pertes \& Gaspillages + \Delta Stock$$



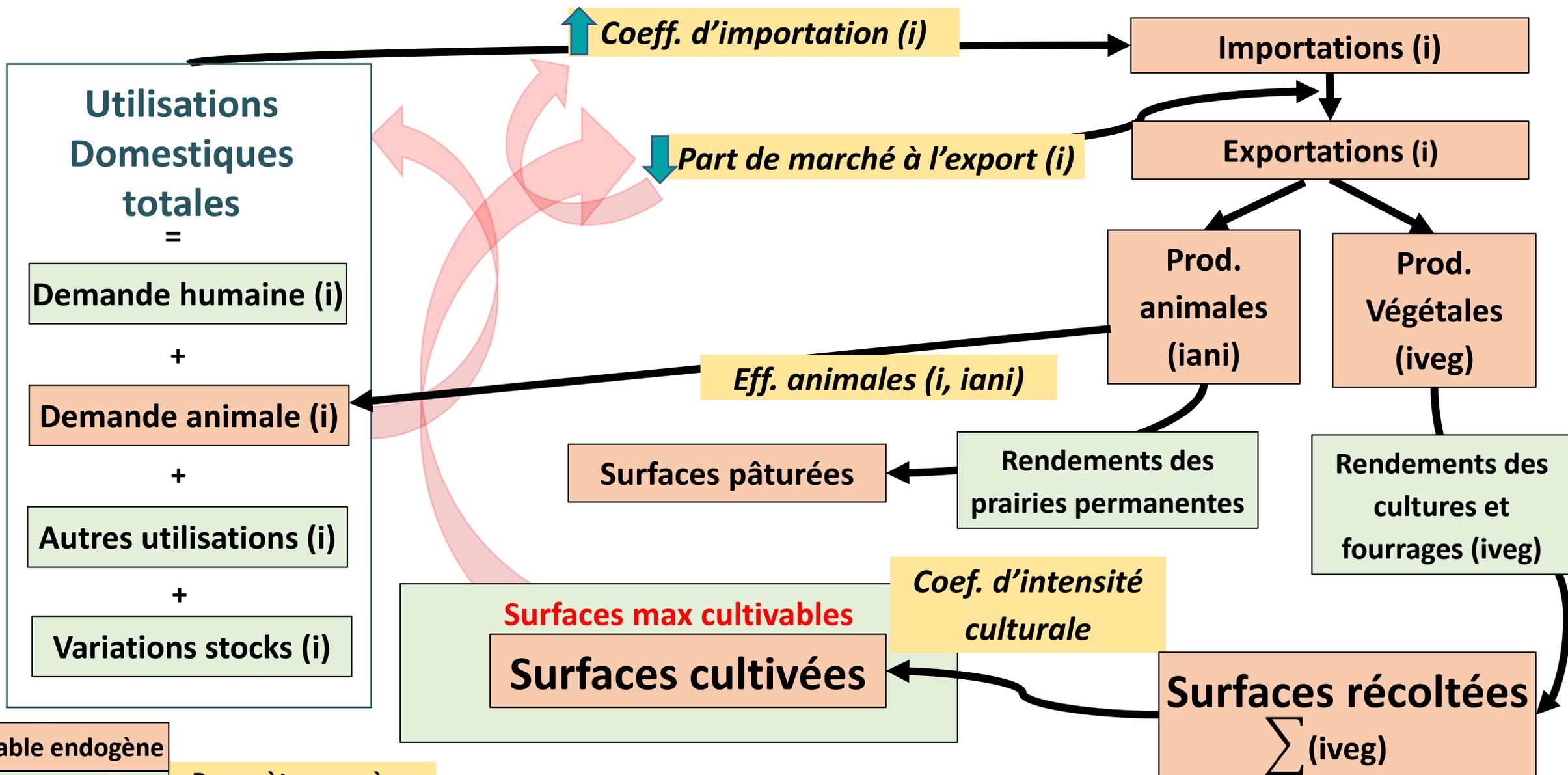
## ➤ Au niveau des échanges :

Parts de marché à l'export ➔ Exportations / Importations mondiales  
 Coeff. d'importation ➔ Importations / Utilisations domestiques totales

**Paramètres d'entrée ET de sortie**



$$\text{Production (i)} = \text{Utilisations domestiques totales (i)} + \text{Exports (i)} - \text{Imports (i)}$$



Variable endogène  
Variable exogène

Paramètre exogène

## > Rappel : les scénarios de référence

- Deux hypothèses contrastées d'évolution des régimes alimentaires : "**tendanciels**" & "**sains**"
- Une fourchette de rendements végétaux : "Bas" & "Hauts"
- Surfaces cultivables = toutes surfaces aptes à la culture quel que soit l'usage actuel
- Autres variables = hypothèse unique d'évolution tendancielle

→ 4 simulations de référence :

Régimes tendanciels Rdts BAS	Régimes tendanciels Rdts HAUTS
Régimes sains Rdts BAS	Régimes sains Rdts HAUTS

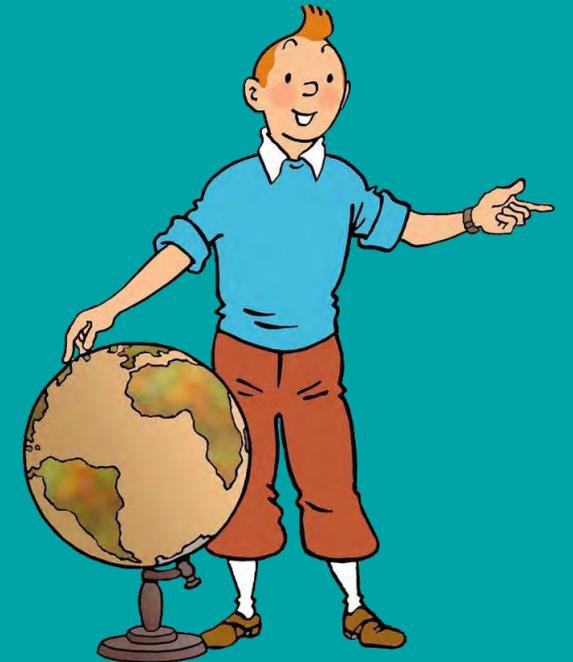
+ Analyses complémentaires qui permettent de compléter les résultats de simulations des 4 scénarios de référence

# INRAE

## ➤ Résultats de simulation des scénarios de référence

**Bertrand Schmitt**

(INRAE, UMR CESAER) – *co-pilote scientifique*



## ➤ Évolutions des surfaces cultivées à 2050 dans Monde et Europe

... pour que chaque région du Monde/Europe puisse : (i) répondre à sa demande domestique, (ii) maintenir ses taux d'importation, (iii) préserver ses parts de marché à l'export

	Monde	Europe
« 2010 »	1540 Mha	127 Mha
<b>2050 : Rég. TEND. X Rdts BAS</b>	<b>+223 Mha (+14 %)</b>	<b>-4 Mha (-3 %)</b>
2050 : Rég. TEND. X Rdts HAUTS	-11 Mha (-1 %)	-21 Mha (-16 %)
<b>2050 : Rég. SAINS X Rdts BAS</b>	<b>+194 Mha (+12 %)</b>	<b>-14 Mha (-11 %)</b>
2050 : Rég. SAINS X Rdt HAUTS	-52 Mha (-3 %)	-30 Mha (-24 %)

### Monde :

- **Forte extension** des surfaces cultivées sous **hypothèse basse** de rdts, **annulée** sous hypothèse **haute**
- **Faible impact global des changts de régime alim.**, malgré moindre accroiss. Dde Kcal (+37 % vs +48 %)

### Europe :

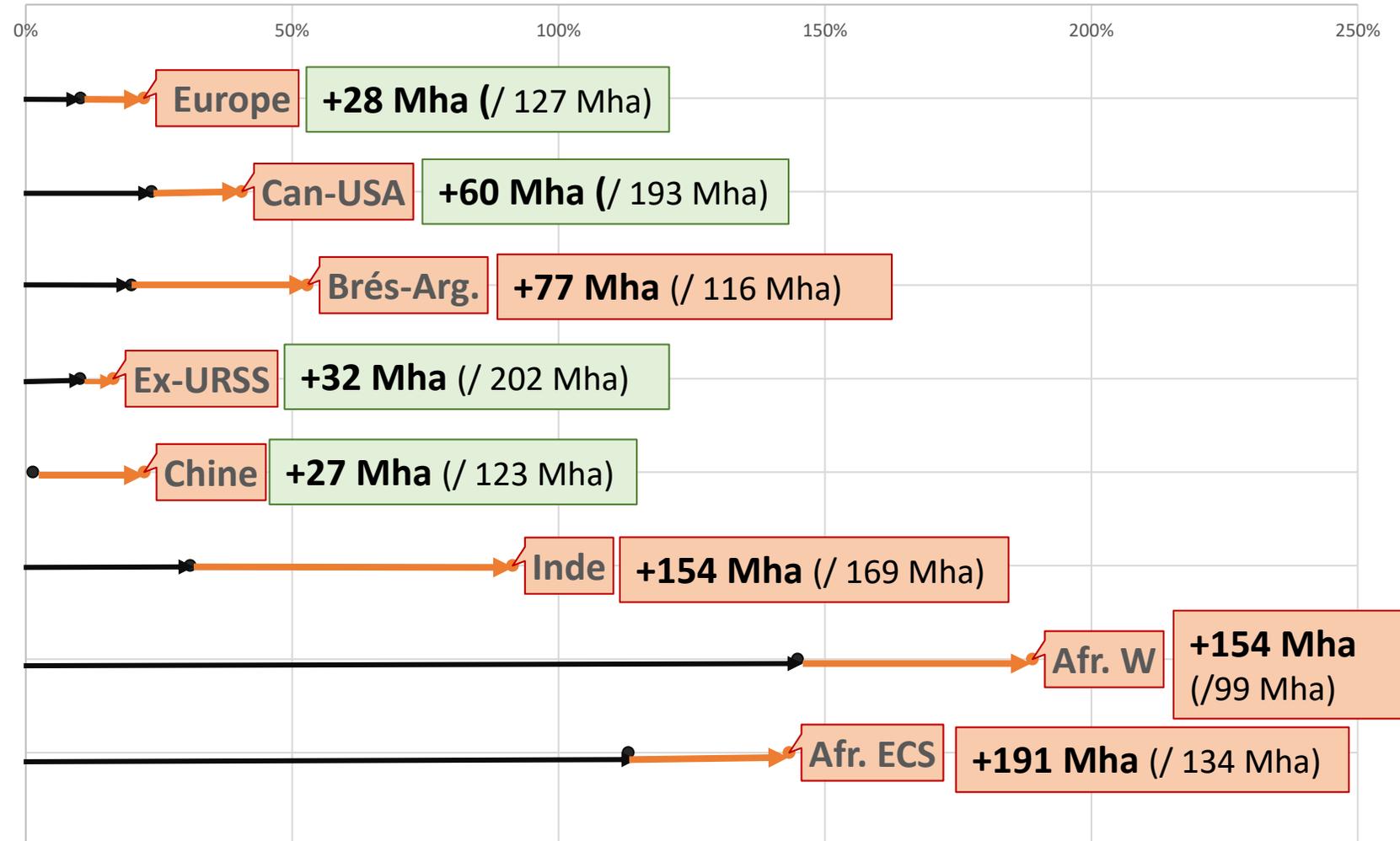
- **Réduction des besoins en surfaces cultivées** d'autant plus **marquée** que les **régimes alimentaires** deviennent **sains** et que les **rendements** sont **élevés** (de -3 à -24 % de la surface « 2010 »).

**Des explications *via* des évolutions différenciées des composantes des bilans selon les régions**



# ➤ Évolutions des surfaces cultivées dues aux éléments de Demande : Effets Démo + Régimes tendanciels

Effets composantes de la Demande



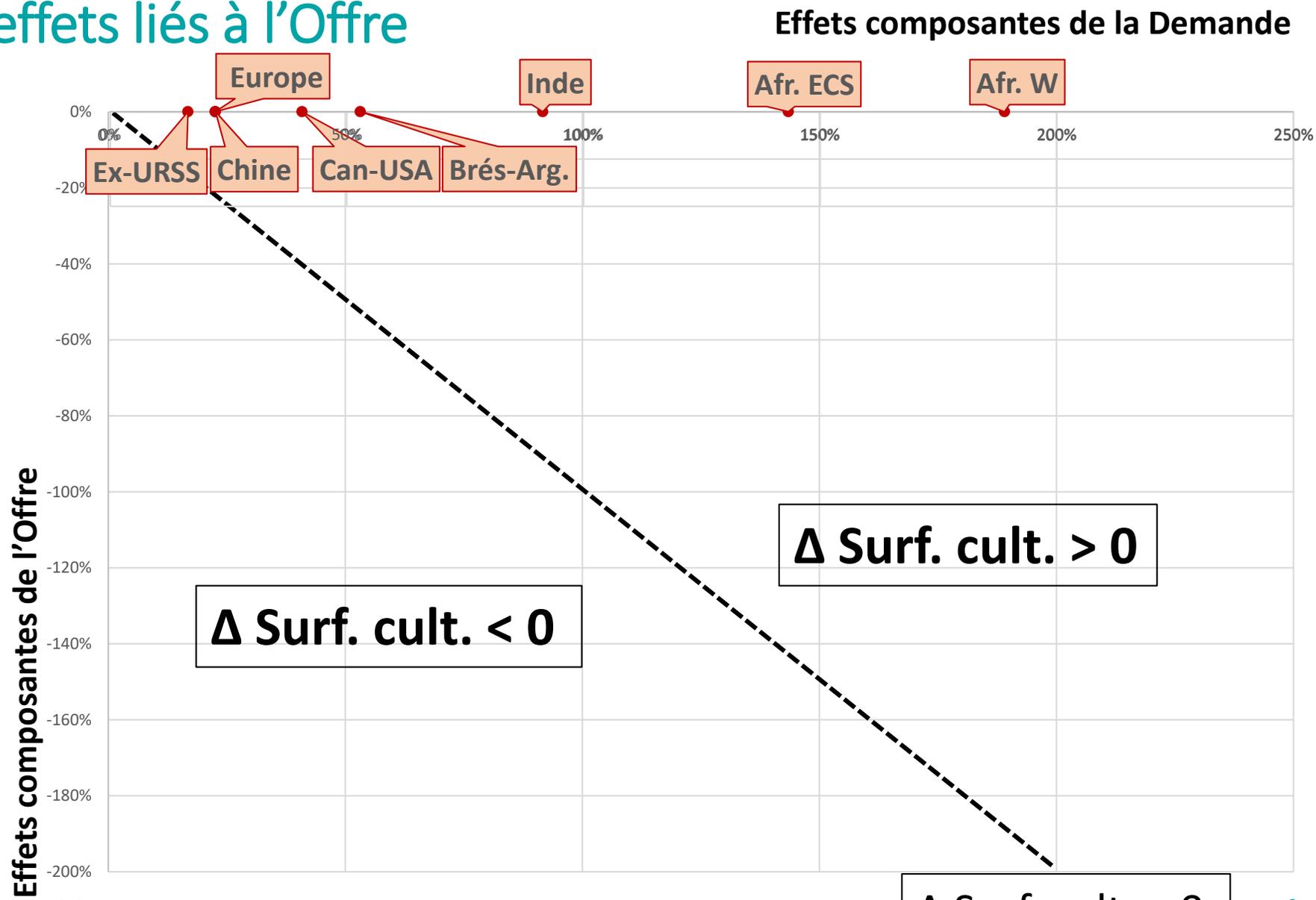
Aux conditions techniques « 2010 » et sans contrainte de terres, Evolutions des surf. cultivées :

- énormes en **Afrique**, portées pppt par Démographie, un peu amplifiées par Régimes
- également élevées en **Inde**, plus liées à Régimes qu'à Démographie
- moins marquées au **Brésil-Argentine** (Rég.>Démo)
- bcp plus limitées en **Ex-URSS**, en **Chine**, en **Europe** et **Canada-USA** car Démo faible et Régimes ≈ stables



# ➤ Évolutions des surfaces cultivées : Effets de demande (Rég. TEND) avec ajout des effets liés à l'Offre

Ajout  $\Delta$  conditions techniques de production (rdts & IC) et contrainte de terres...

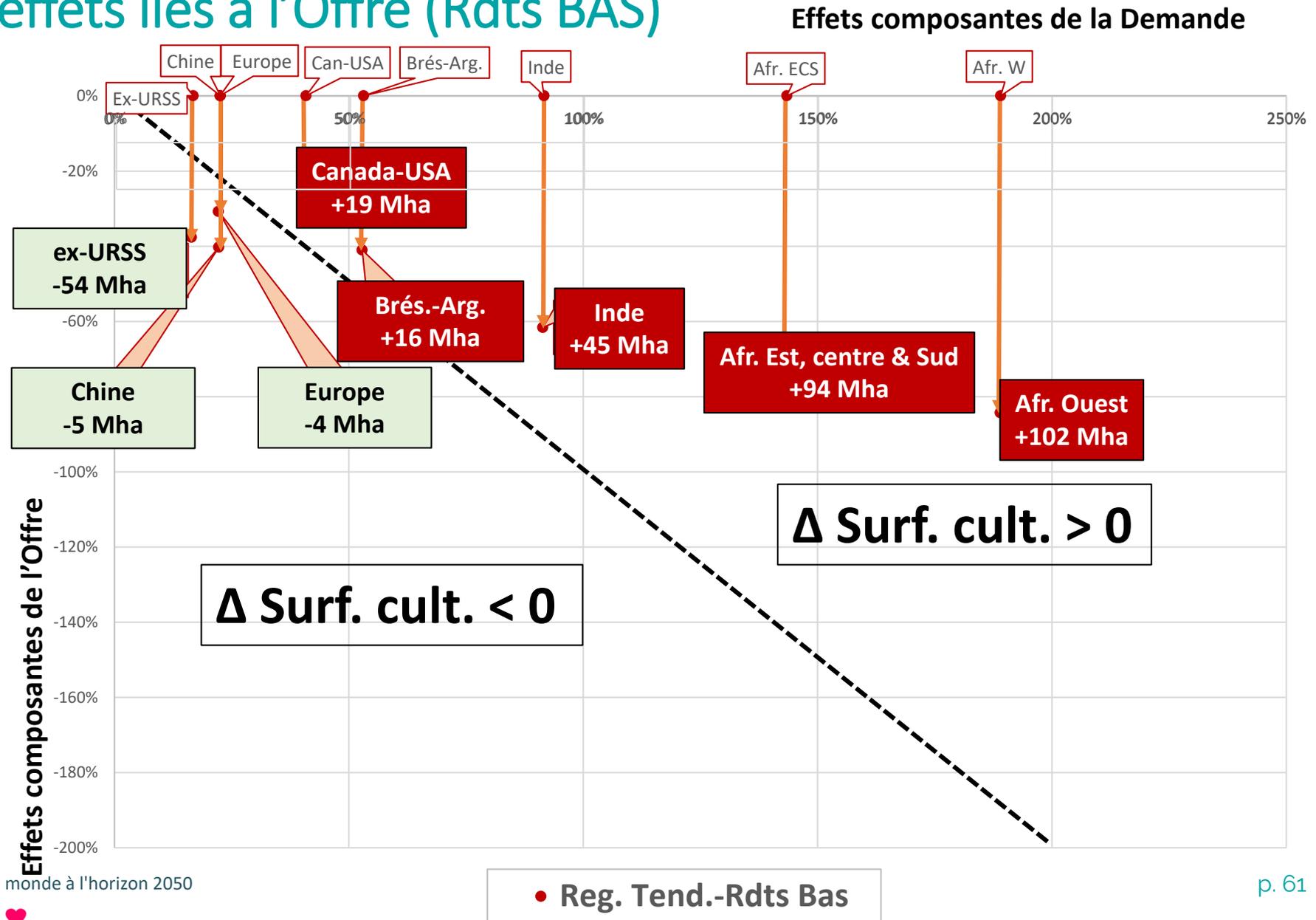


# ➤ Évolutions des surfaces cultivées : Effets de demande (Rég. TEND) avec ajout des effets liés à l'Offre (Rdts BAS)

Ajout  $\Delta$  conditions techniques de production (rdts & IC) et contrainte de terres...

## Évolutions des surf. cult. :

- très élevées en **Afrique** (x2) et élevées en **Inde** (+25 %) :  $\Delta$  rdts faibles /  $\Delta$  pop & rég.
- modérées au **Canada-USA** & **Brésil-Argentine** :  $\Delta$  rdts ne compense pas  $\Delta$  Dde
- décroissantes en **ex-URSS**, **Europe** et **Chine** :  $\Delta$  rdts compense  $\Delta$  Dde

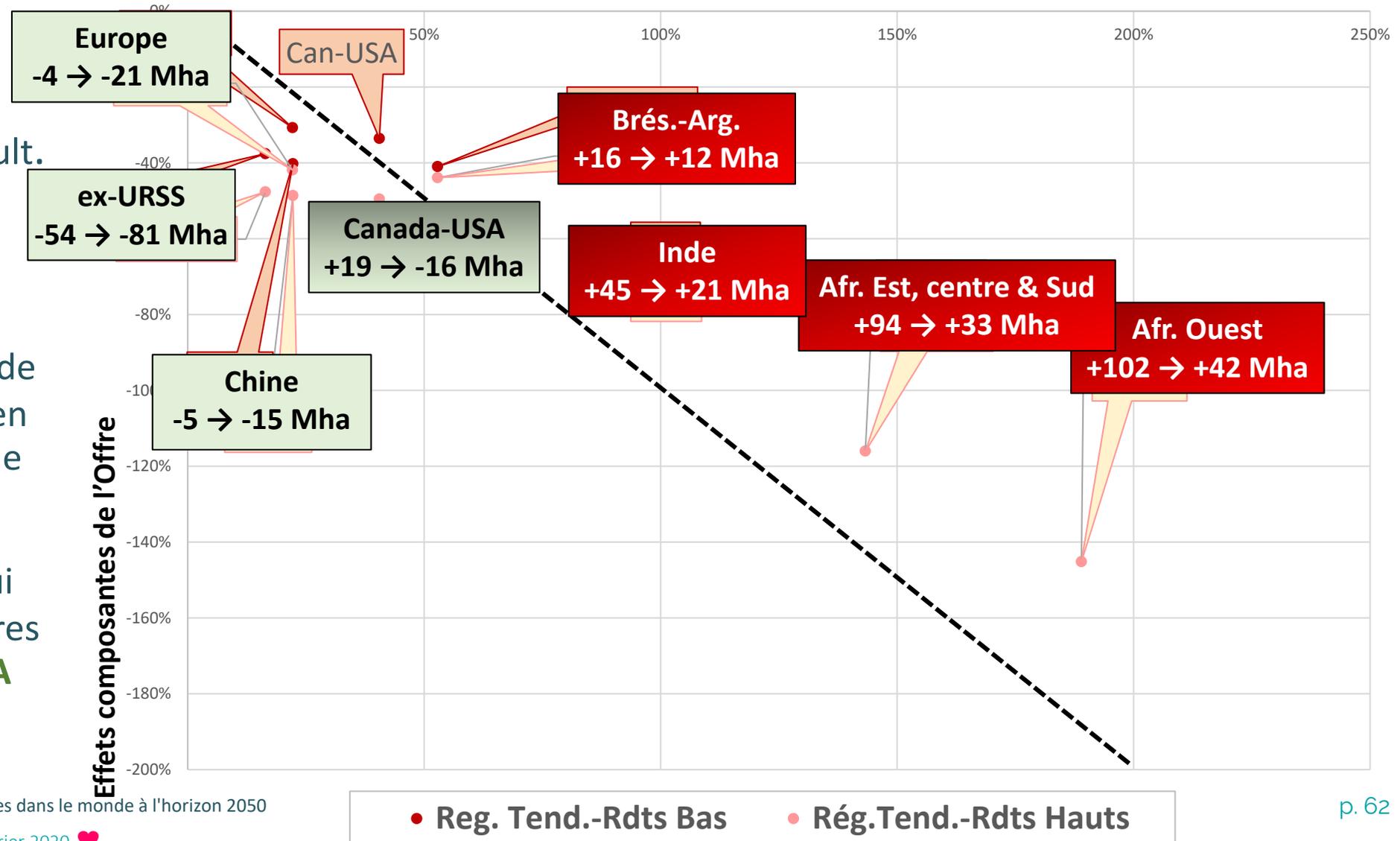


# ➤ Évolutions des surfaces cultivées : Rég. TEND. + Rdts BAS → HAUTS

Effets composantes de la Demande

Hypothèse haute sur rendts végétaux (+ Rég. Tend.) ⇒

- **Augmentations** surf. cult. **fortement réduites** en **Afrique** et en **Inde**  
**+241 → +96 Mha**
- Des **surplus** potentiels de terres cultivées **accrus** en **ex-URSS, Europe** et **Chine**  
**-63 → -117 Mha**
- Un **besoin** en terres qui **devient surplus** de terres cultivées au **Canada-USA**  
**+19 → -16 Mha**



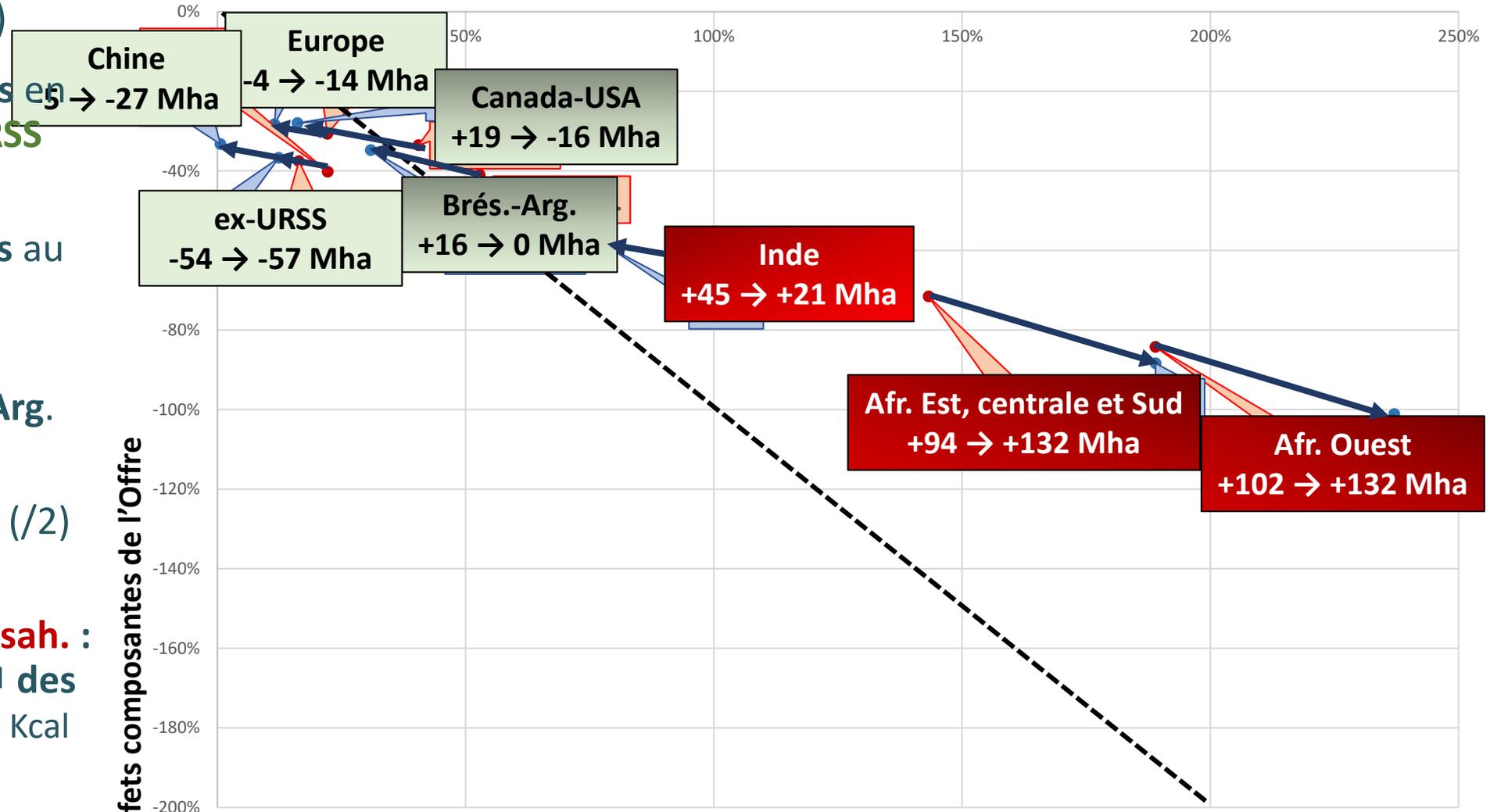
# ➤ Évolutions des surfaces cultivées : Rdts BAS + Rég. TEND → SAINS

Effets composantes de la Demande

Changt de régimes alim.

→ « sains » (+ Rdts bas)

- Surplus de terres accrus en Europe, Chine et ex-URSS  
-63 → -98 Mha
- Besoins devient surplus au Canada-USA  
+19 → -16 Mha
- Besoins → 0 au Brésil-Arg.  
+16 → 0 Mha
- Forte réduction de l'augmentation en Inde (/2)  
+45 → +21 Mha
- Exception Afrique sub-sah. : Rég. « sains » accroît ↗ des surf. cult. car ↗ Dde en Kcal  
+196 → +234 Mha

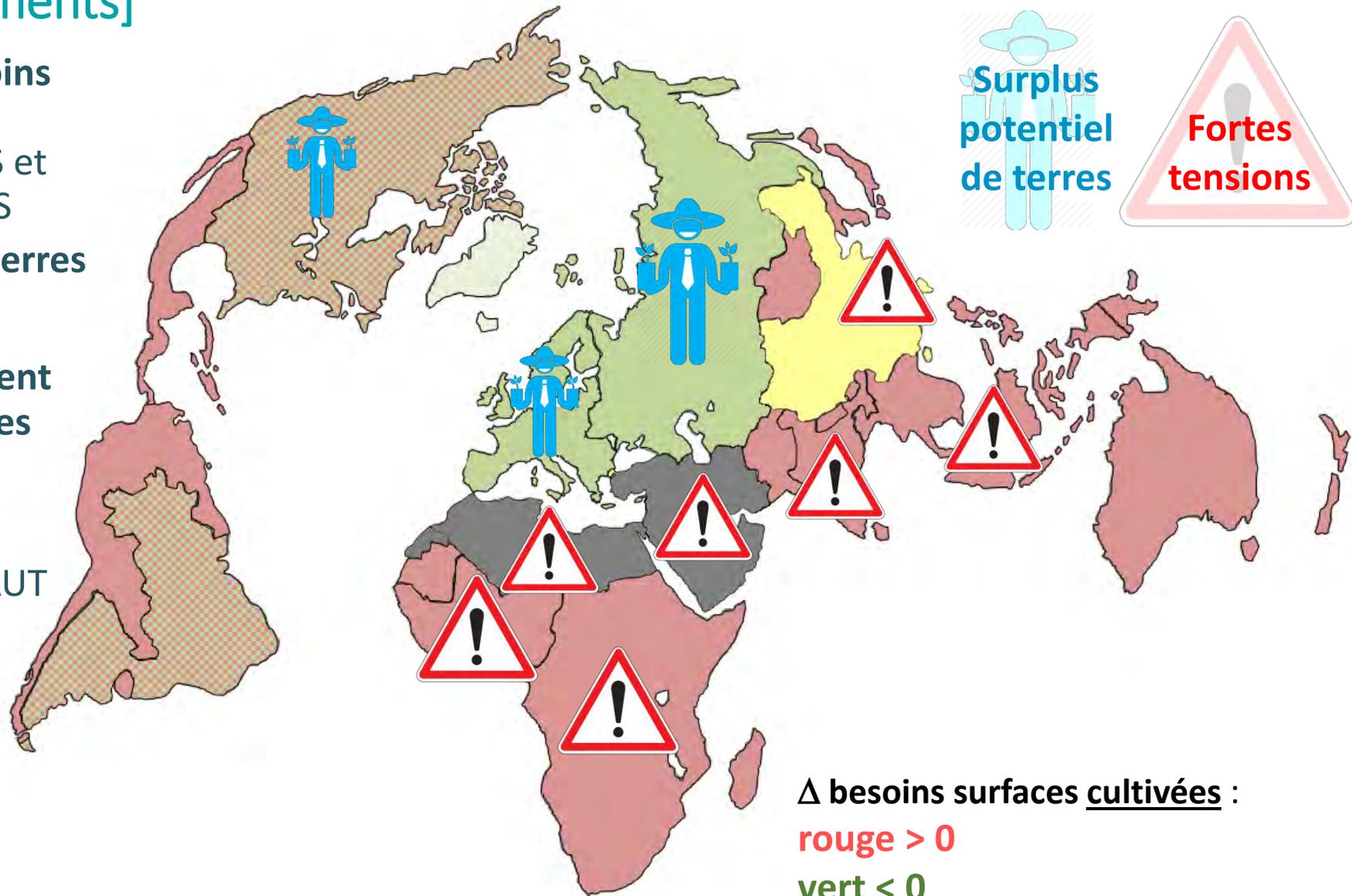


Effets composantes de l'Offre

● Reg. Tend.-Rdts Bas    ● Rég. sains-Rdts Bas

## ➤ En résumé : Évolutions des surfaces cultivées selon les 4 scénarios [Régimes X Rendements]

- **Afrique subsaharienne** : besoins en terres très importants qui s'accroissent avec rég. SAINS et ne s'atténuent que si rdts HAUTS
- **Inde et reste Asie** : besoins en terres qui s'atténuent si rdts HAUTS
- **Afr. N + Pr & Moy-Orient** butent sur contrainte en surf. cultivables
- **ex-URSS & Ens. Europe** : des surplus de terres d'autant plus élevés que rég. SAINS et rdts HAUT
- **Canada-USA** : surplus de terres si rég. → SAINS
- **Chine = Cas particulier**  
Surplus de terres pouvant être mobilisés pour réduire imports



## ➤ En Europe, des surplus de terres cultivées inégalement répartis

- **Eur. Est, Pol., All. & Eur. centr.**

Régions à démo peu active

⇒ **surplus de terres**

d'autant plus marqués que

**rdts HAUTS (-2 → -13 Mha)**

**rég. SAINS (-2 → -7 Mha)**

**jusqu'à -16 Mha** qd cumul

- **France :**

Région démo active + exports ⇒

**Besoins en terres qd rég. TEND.**

(entre +1,6 & +0,8 Mha)

**Surplus qd rég. SAINS**

(entre -0,2 & -0,7 Mha)

≈ **pour UK et Reste Eur. (= Nord)**

- **Eur. Sud = cas particulier :**

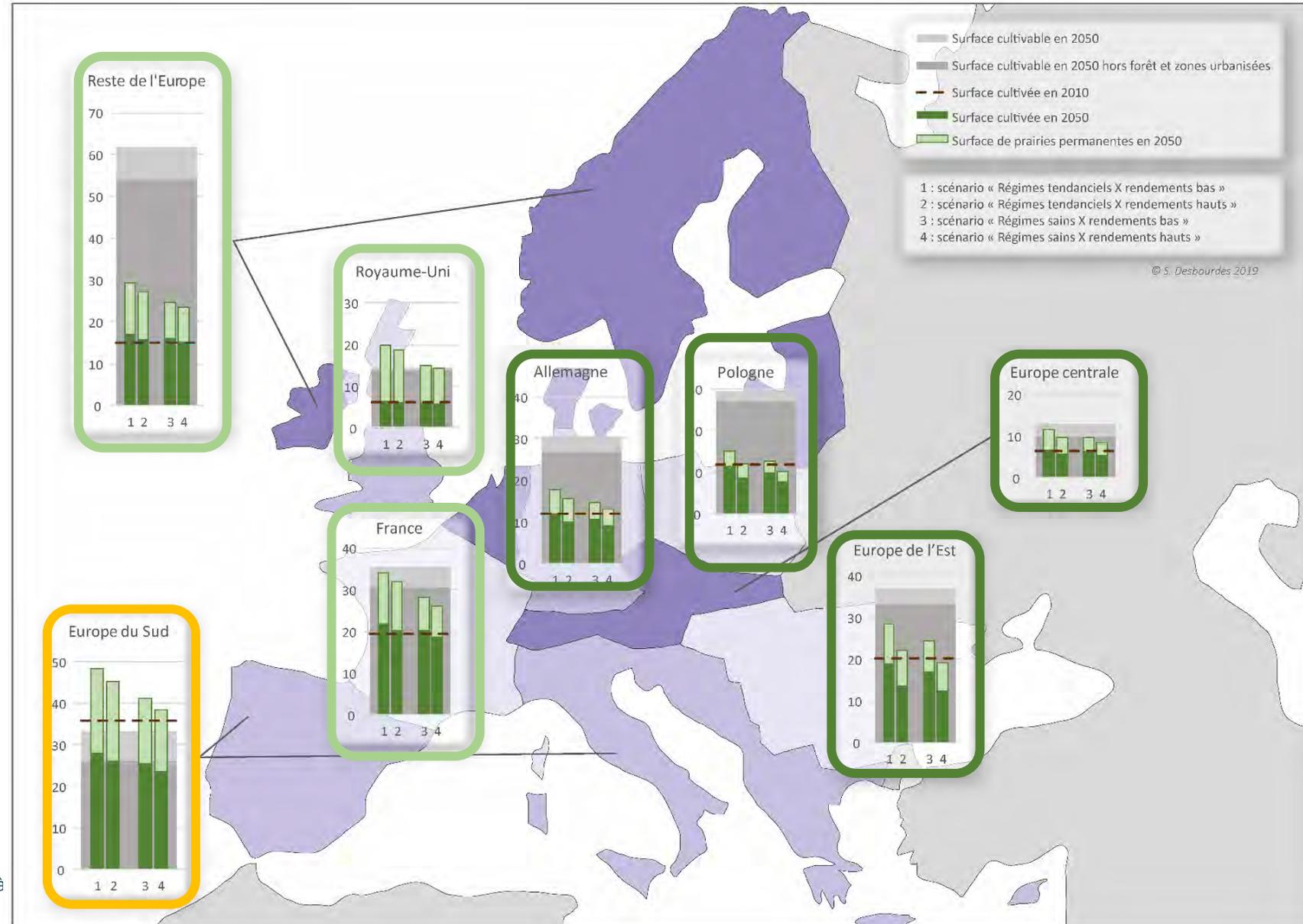
**des surplus importants, pplt liés**

**à fort taux d'import + Δ rdts**

**(-5,7 à -12,3 Mha)**

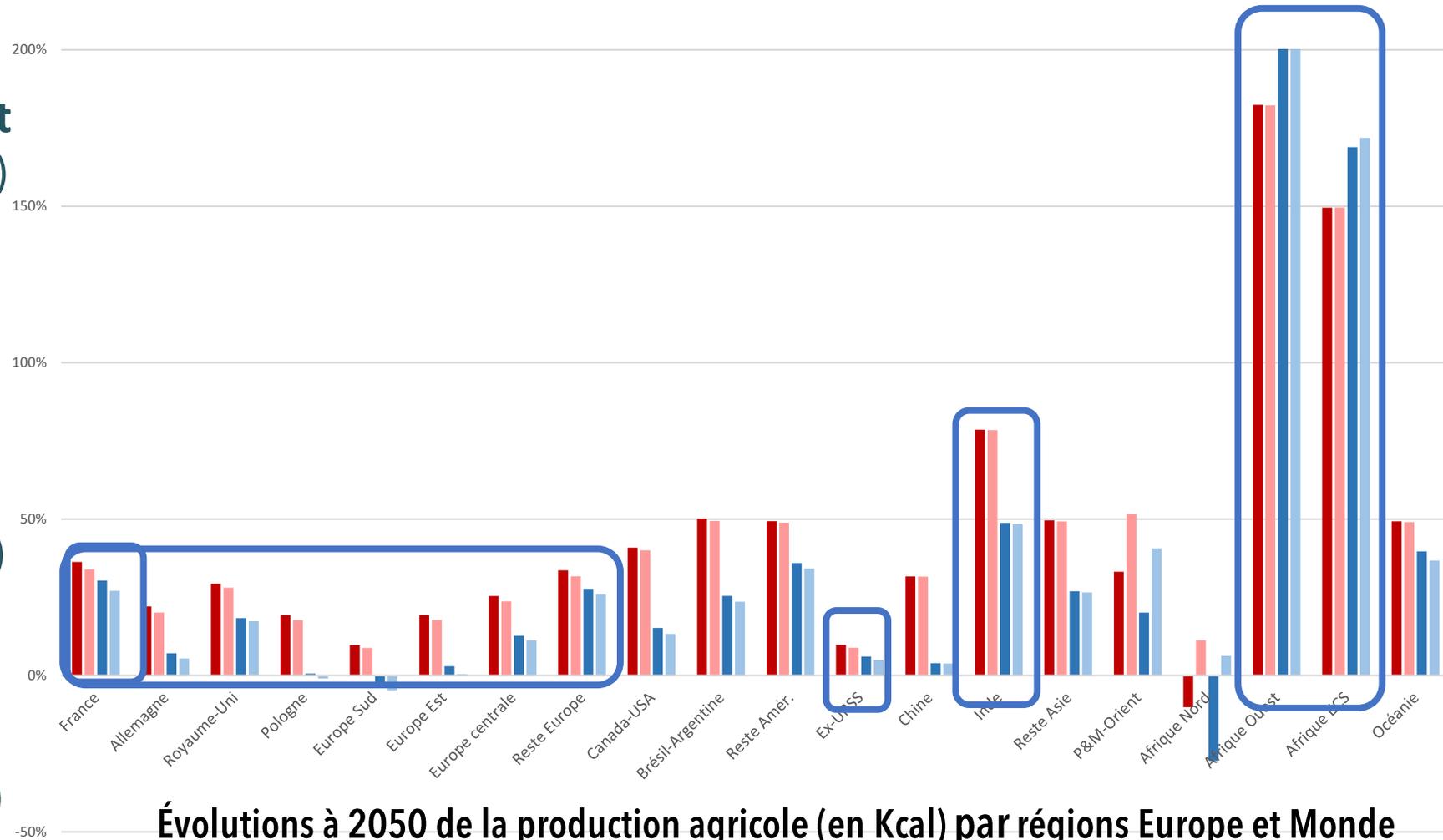
Place des agricultures européennes dans le monde à

Colloque de restitution ♥ 14 février 2020 ♥



# ➤ Croissance de la production de Kcal par région, reflet des évolutions de surfaces cultivées et de rendements

- **Croissance mondiale entre +50 % (Rég. TEND. x Rdts BAS) et +30 % (Rég. SAINS x Rdts HAUTS)**
  - **Très forte en Afrique (x2 à x3)**  
 $\Delta$  dde  $\rightarrow$   $\Delta$  surf. +  $\Delta$  rdts  
 $\Rightarrow$  accentuée qd rég. SAINS
  - **Forte en Inde**  
 et amoindrie qd rég. SAINS
  - **Très faible en Ex-URSS ( $\Delta$  dde)**
  - **Faible en Europe :**
    - Un peu plus élevée en France car démo + exports
- ( $\approx$  Canada-USA & Brésil-Argentine)

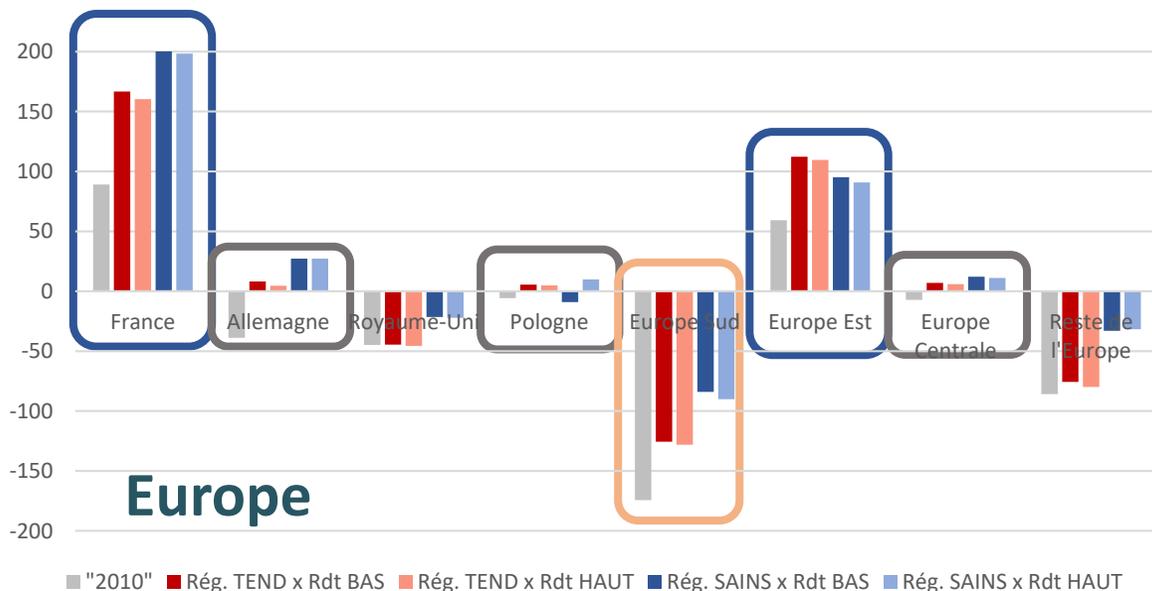


Évolutions à 2050 de la production agricole (en Kcal) par régions Europe et Monde selon les scénarios de référence (en %)

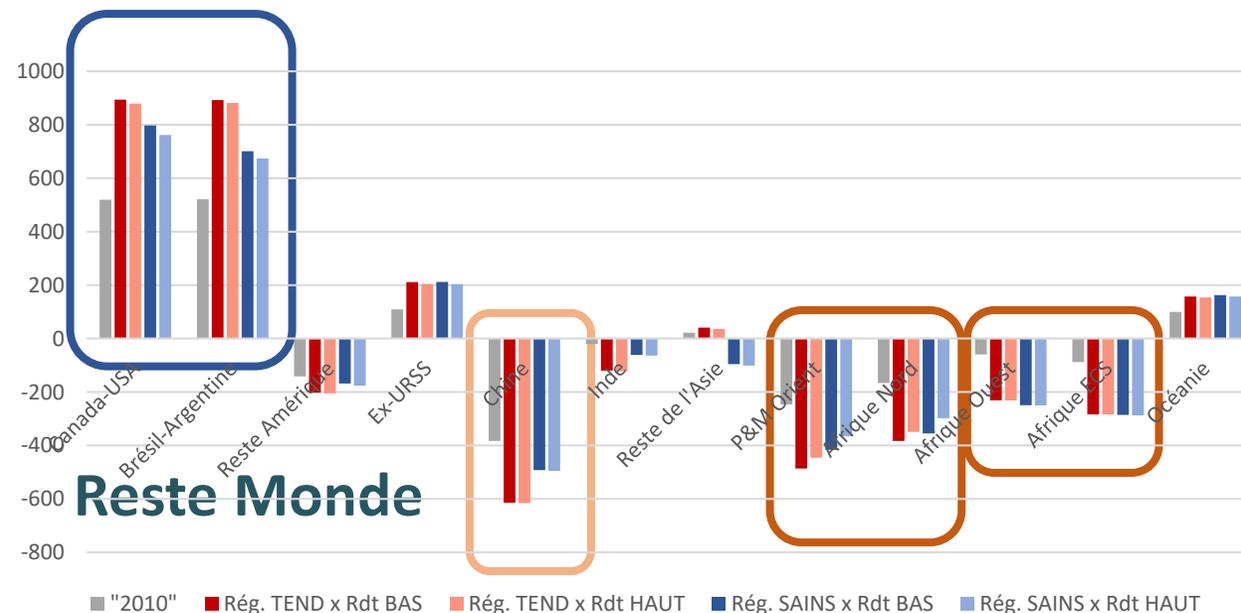


## ➤ Renforcement des positions acquises en « 2010 » sur les marchés mondiaux

Niveaux d'exportations nettes (en TeraKcal =  $10^{12}$  Kcal) en « 2010 » et à l'horizon 2050 dans les différents scénarios



- **Renforcement Exportateur net (« 2010 ») : France et Eur. de l'Est**
- **Importateur net (« 2010 ») → Exportateur net** Allemagne, Pologne et Eur. centrale
- **Cas particulier d'Eur. Sud : imports tjrs importants en dépit de surplus de terres**



- **Renforcement Exportateur net : USA-Canada et Brésil-Argentine, atténué avec rég. SAINS**
- **Renforcement dépendance aux imports : Afr. N. & P&M-Orient**
- **Accroissement imports : Afr. Sub-saharienne**
- **Cas particulier de Chine : imports tjrs importants en dépit de surplus de terres**

## ➤ *In fine*, des évolutions très différentes selon régions du monde

- **Des résultats cohérents avec littérature internationale :**
  - extension surfaces cultivées mondiales dans fourchettes attendues
  - différences entre régions liées à fonctionnement du modèle (= répondre à demande domestique + maintenir taux d'imports + préserver parts de marché à l'export)
- **Régions à forte augmentation de la Dde ⇒ tensions sur syst. agri & alim.**
  - **Afrique sub-sah.** ⇒ ↗ surf. cult. + ↗ prod. + ↗ imports (accentuée qd rég. sains)
  - **Inde** ⇒ ↗ surf. cult. + ↗ prod. + ↗ imports (atténuée qd rég. sains)
  - **Afr. N – P&M-O** contraints en surfaces cultivables ⇒ ↗ imports
- **Brés.-Arg. :** ↗ surf., prod. & imp. pour dde exports & domest. (très atténuée qd rég. sains)
- **Surplus de terres ⇒ marges de manœuvre ?**
  - **Ex-URSS**, démo peu active ⇒ ↘ surf. (accentuée qd rég. sains) + **USA-Canada** si rég. Sains
  - **En Europe : Eur. Est, Pologne, Allemagne et Eur. Centrale** + **France** si rég. sains
- **Cas particuliers, Chine et Eur. Sud :** ↘ surf. malgré maintien d'imports importants





## ➤ Quelles marges de manœuvre pour les agricultures européennes en 2050 ?

Stratégies d'usages agricoles des surplus de terres européens

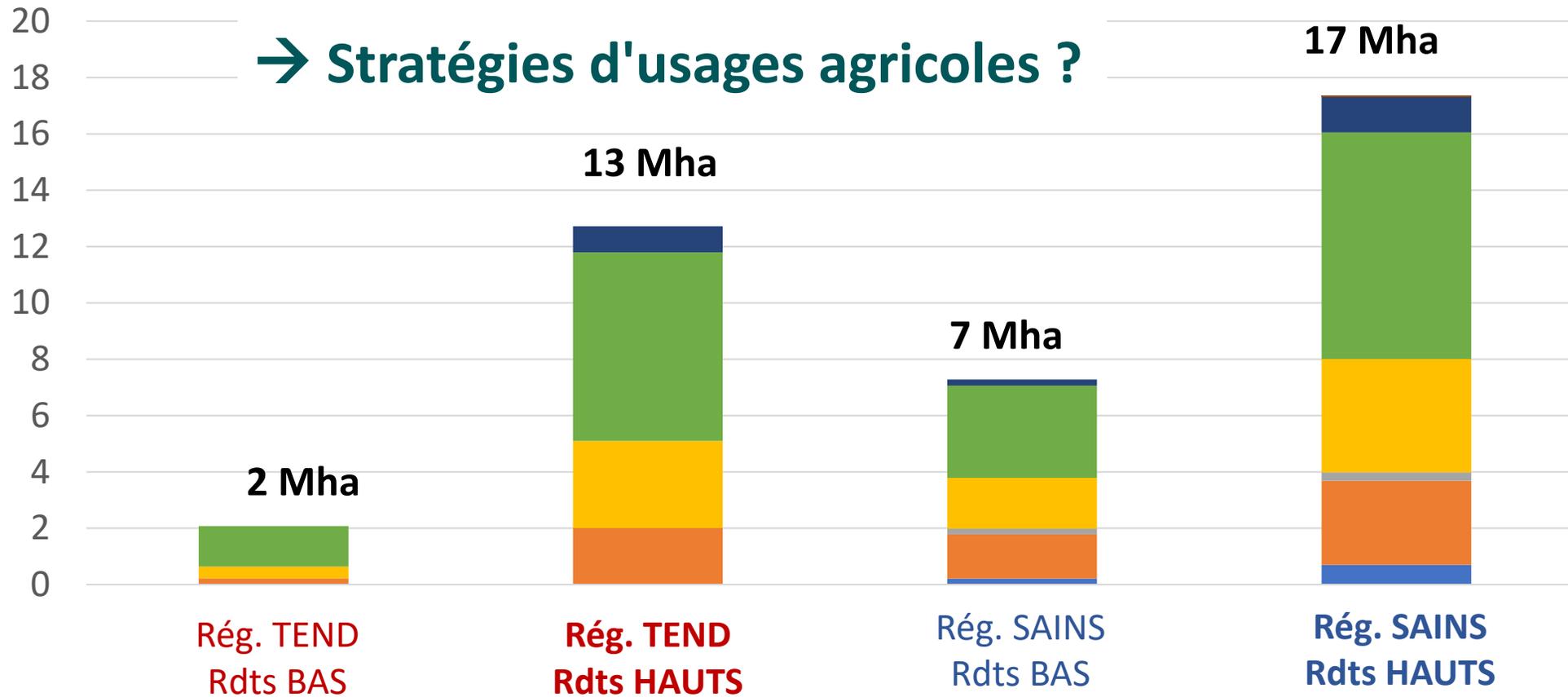
**Agneta Forslund**

(INRAE, UAR DEPT EcoSocio) – *responsable de la modélisation*



# ➤ Surplus potentiel de terres disponible en Europe en 2050 (Millions d'ha)

➔ **Stratégies d'usages agricoles ?**



Des potentiels (très) différents selon les scénarios

&

(très) inégalement répartis entre les régions européennes avec Europe de l'Est, Pologne et Allemagne comme principaux contributeurs



**Europe du Sud = cas à part, non considérée dans le surplus de terres total d'Europe**

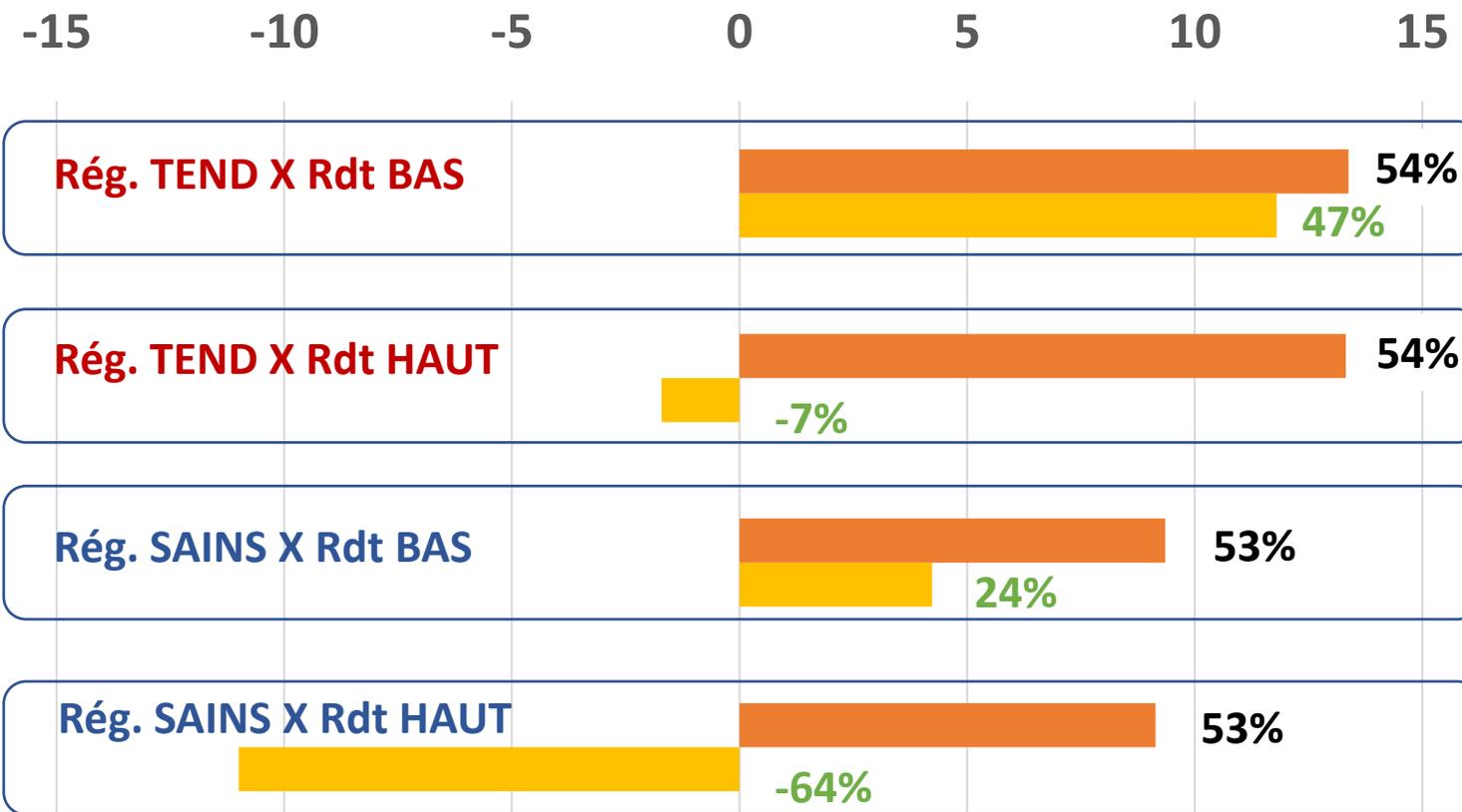


## > 1. Réduction de la dépendance en tourteaux de l'Europe : l'exemple des tourteaux de soja

- **Les surplus de terres sont utilisés pour produire du soja**
- **Régions européennes concernées par cette culture : France, Allemagne, Pologne, Europe de l'Est, Europe centrale (exclusion du R-U et du Reste de l'Europe)**
- **Estimation d'une production potentielle en utilisant une fourchette de rendements :**
  - « *Rdt Bas* » → rendement du soja « 2010 » de chaque région concernée
  - « *Rdt Haut* » → rendement de soja projeté en 2050 pour la France (3,3 t/ha)
- **Estimation de la réduction possible des importations totales de tourteaux de l'Europe dans chaque scénario (en équivalent protéines)**
- **Contribution de l'Europe à limiter l'extension du soja au Brésil-Argentine ?**

## ➤ Impact sur les importations européennes de tourteaux & sur les surfaces au Brésil-Argentine

Millions de tonnes d'équivalent protéines (Mtep)



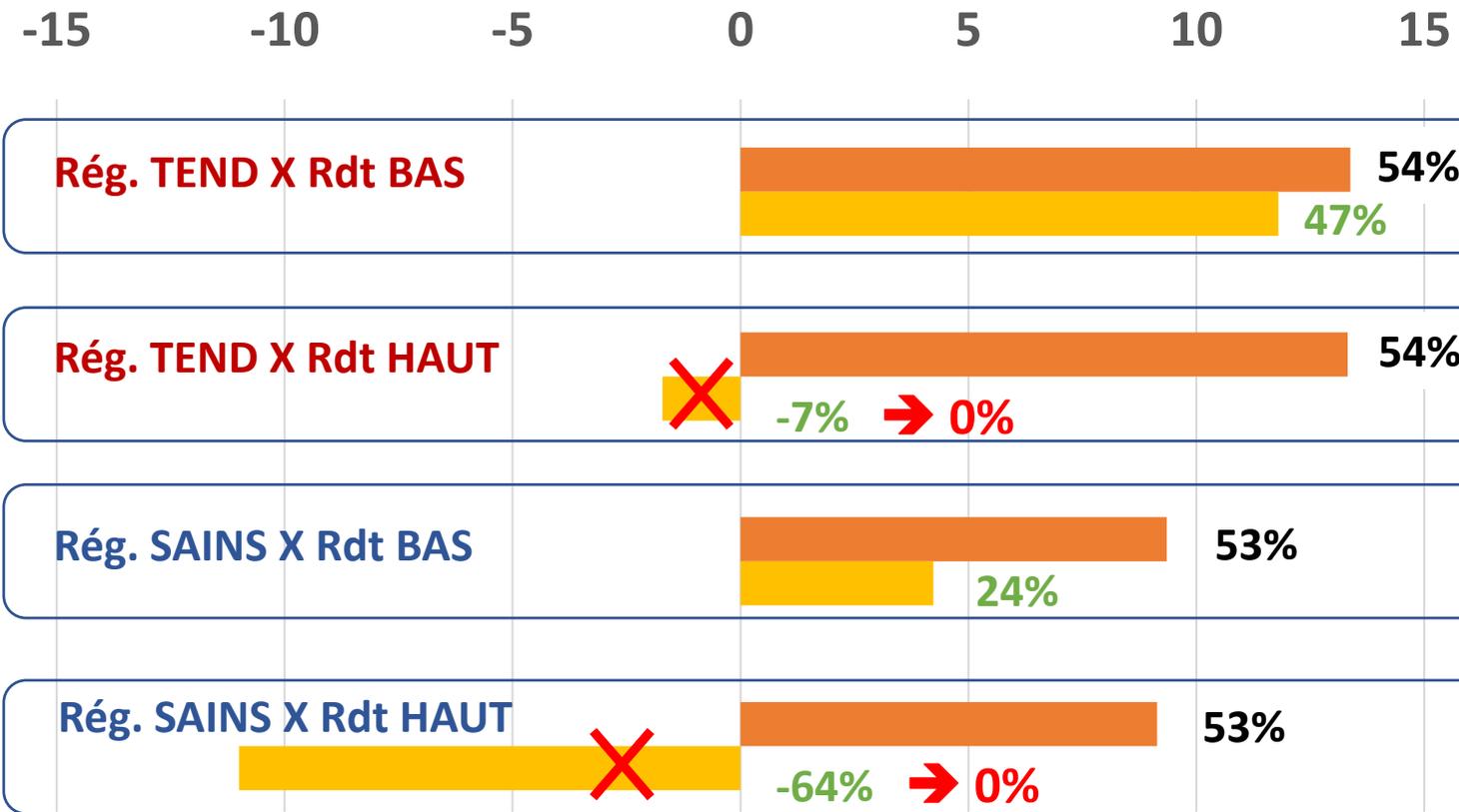
Production potentielle tourteaux Europe (Mtep)
1,6
15
5
20

■ Importations de tourteaux    ■ Importations - prod. pot. ttx de soja

X% : taux de dépendance protéique en tourteaux : importations totales de tourteaux / consommation totale de tourteaux

## ➤ Impact sur les importations européennes de tourteaux & sur les surfaces au Brésil-Argentine

Millions de tonnes d'équivalent protéines (Mtep)



Production potentielle tourteaux Europe (Mtep)	Surplus de terres excédentaires Europe (Mha)	Equivalent surface soja Brésil-Arg (Mha)
1,6	-	1,5
15	1,5	10
5	-	4,5
20	9	7

■ Importations de tourteaux ■ Importations - prod. pot. ttx de soja

X% : taux de dépendance protéique en tourteaux : importations totales de tourteaux / consommation totale de tourteaux

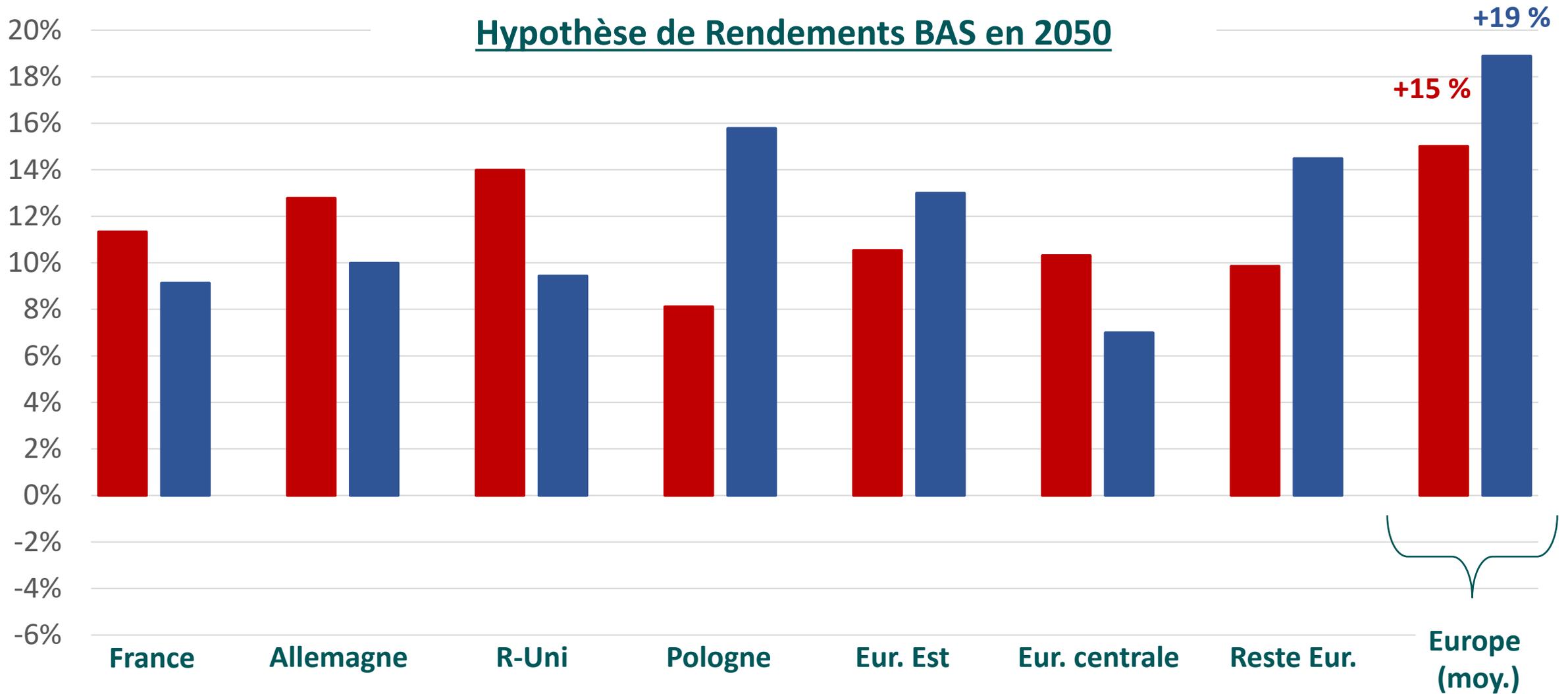
## ➤ 2. Évolution vers des systèmes agricoles « moins intensifs »

- Évolutions des exigences sociétales vis-à-vis de l'agriculture (impact environnemental, sanitaire...)
- Des **systèmes moins intensifs en intrants de synthèse et en eau** ne permettent pas nécessairement d'atteindre **des niveaux de rendements** aussi élevés que dans les scénarios de référence

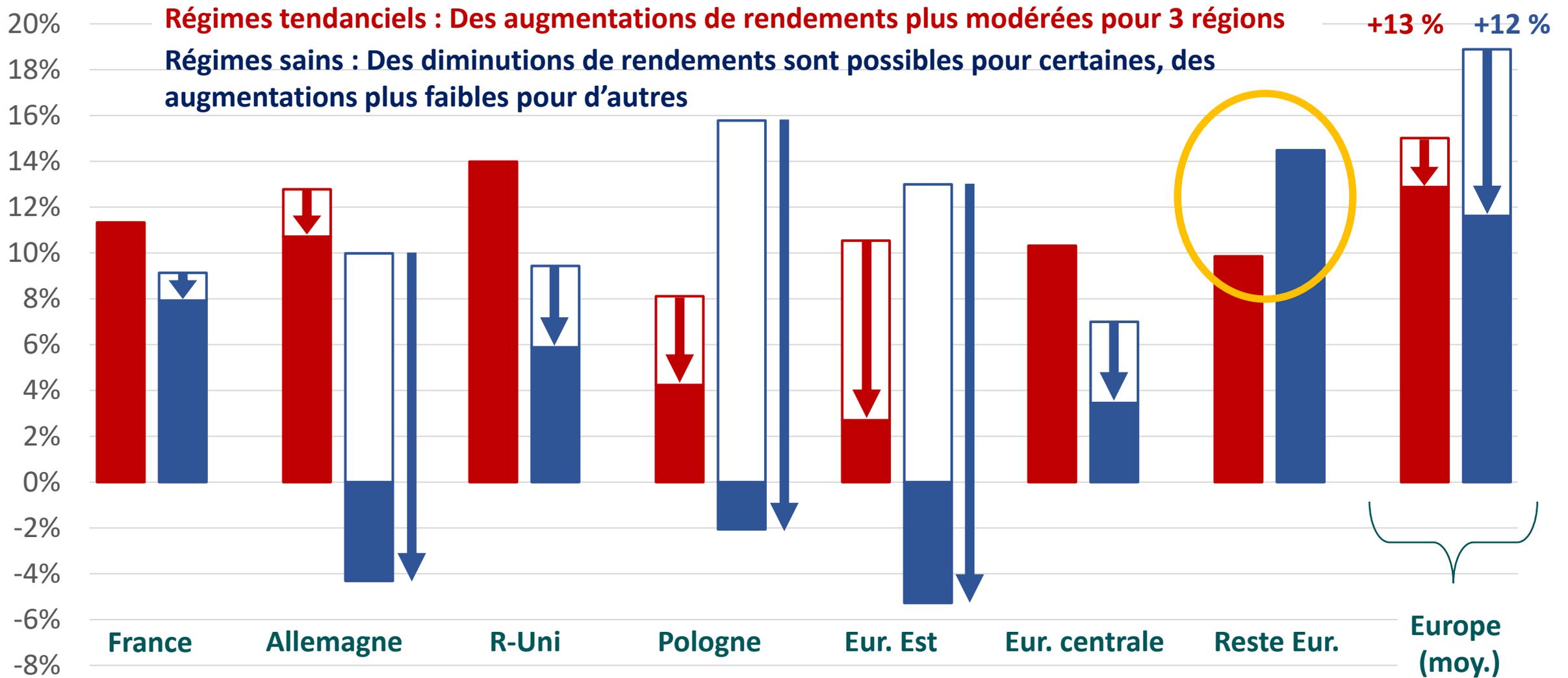
$$\begin{array}{c} \downarrow \\ \text{Rendements} \\ \text{végétaux 2050} \end{array} = \frac{\text{Niveau de production} \\ \text{scénario de référence 2050}}{\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Surfaces} \\ \text{cultivées} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Intensités} \\ \text{culturelles} \end{array}}$$

- ➔ **Mise en culture des surplus de terres** pour estimer la **marge de manœuvre de chaque région** en termes de **limitation possible de la hausse des rendements projetés** dans les scénarios de référence « **rendements bas** » :
- Calcul d'un **rendement moyen potentiel en 2050** qui utilise **tout le surplus de terres** disponible *en maintenant la production constante* par rapport aux scénarios de référence (2050)
  - **Comparaison** de ce rendement moyen potentiel **au rendement moyen du scénario de référence en 2050, et par rapport à « 2010 »**

## ➤ Évolutions des rendements moyens "de référence" par rapport à "2010" (%)



# ➤ Diminutions potentielles des rendements BAS "de référence" par rapport à "2010" (%)



## > En bref :

- A l'horizon 2050, et *sans sacrifier sa place sur les marchés mondiaux*, l'Europe disposerait de certaines marges de manœuvre pour développer des stratégies agricoles
  - **Marges variables selon les régions européennes** : Europe de l'Est + Pologne + Allemagne (+ Europe centrale) *versus* France + Royaume-Uni + reste de l'Europe
  - ... **et selon les scénarios** : rendements hauts + les régimes sains → marges supplémentaires
- **Stratégies potentiellement « gagnant-gagnant »** vis-à-vis de la **disponibilité alimentaire et des enjeux environnementaux**
- **Mise en œuvre et succès conditionnés aux contextes économique et politique *européen et mondial...***  
**... et à la disponibilité des ressources en eau pour l'agriculture**





## ➤ Quelles marges de manœuvre pour les agricultures européennes en 2050 ?

Sensibilité des rendements à la limitation de la disponibilité en eau

**Philippe Debaeke**

(INRAE, UMR AGIR) – *co-pilote scientifique*



## > Introduction d'un effet accru des réductions de pluviométrie et d'irrigation sur les rendements et les surfaces cultivées

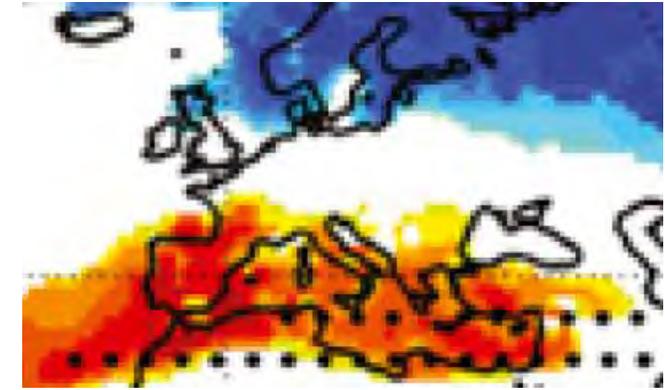
Rendements "de référence" **sous-estiment les effets d'une réduction probable de la disponibilité en eau à 2050** dans certaines régions (précipitations, eau d'irrigation)

- Modèles statistiques / effets du changement climatique sur les rendements
  - considèrent les variations des précipitations **annuelles** et non pendant les **phases de croissance active**
  - le modèle "plantes C4" ne considère pas les variations de précipitations
    - problématique pour les cultures estivales comme le maïs
- Considèrent un taux d'irrigation inchangé entre "2010" et 2050 alors qu'une baisse des ressources est attendue et que les tensions pour l'eau risquent d'être plus fortes
  - Manque de données pour une projection à 2050

→ **Jeu de rendements alternatif avec sensibilité accrue des rendements pluviaux au déficit hydrique + limitation de la ressource en eau d'irrigation**

## ➤ Évolution de la pluviométrie à l'horizon 2050

- Des incertitudes sur l'évolution de la ressource en eau à l'horizon 2050 (précipitations, irrigation) mais des **tendances à la baisse en Europe**
- Diminution de la pluviométrie **pendant la phase de croissance active des cultures d'été** (maïs, tournesol, betterave...) entre **-5 et -14 %** pour 4 régions : **France, Europe de l'Est, Europe Centrale, Europe du Sud**
- Diminution marquée pour les **cultures d'hiver** (blé...) notamment dans le **sud de l'Europe** et en **France**.



Rojas *et al.* (2019)  
RCP 8.5

% précipitations 2050/(1996-2015)	hiver (Mars-Juin)	été (Mai-Août)
France	-5,1 %	-13,8 %
Europe du Sud	-9,3 %	-5,5 %
Europe de l'Est	-2,8 %	-8 %
Europe Centrale	0,8 %	-6,7 %

# ➤ Effet accru de la contrainte hydrique sur le rendement à 2050

## Cultures pluviales : précipitations en baisse

**Abattement du rendement pluvial** en fonction du taux de satisfaction en eau des cultures (sur la base de la pluviométrie en période de croissance) et d'un facteur de réduction du rendement par mm d'eau non consommée

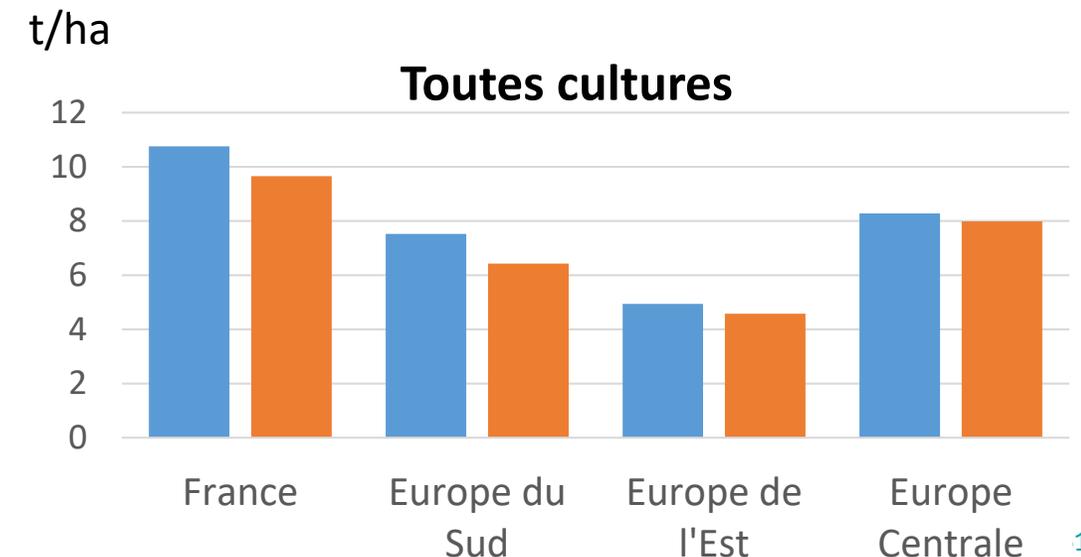
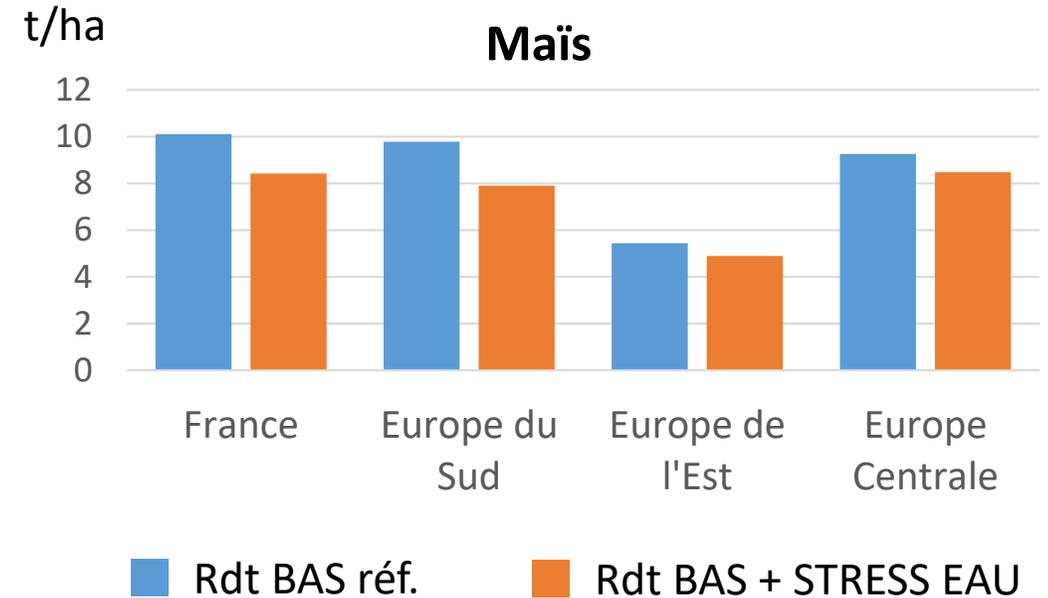
(Doorenbos et Kassam, 1979 ; Steduto *et al.*, 2012)

## Cultures irriguées : ressources en eau pour l'irrigation en baisse

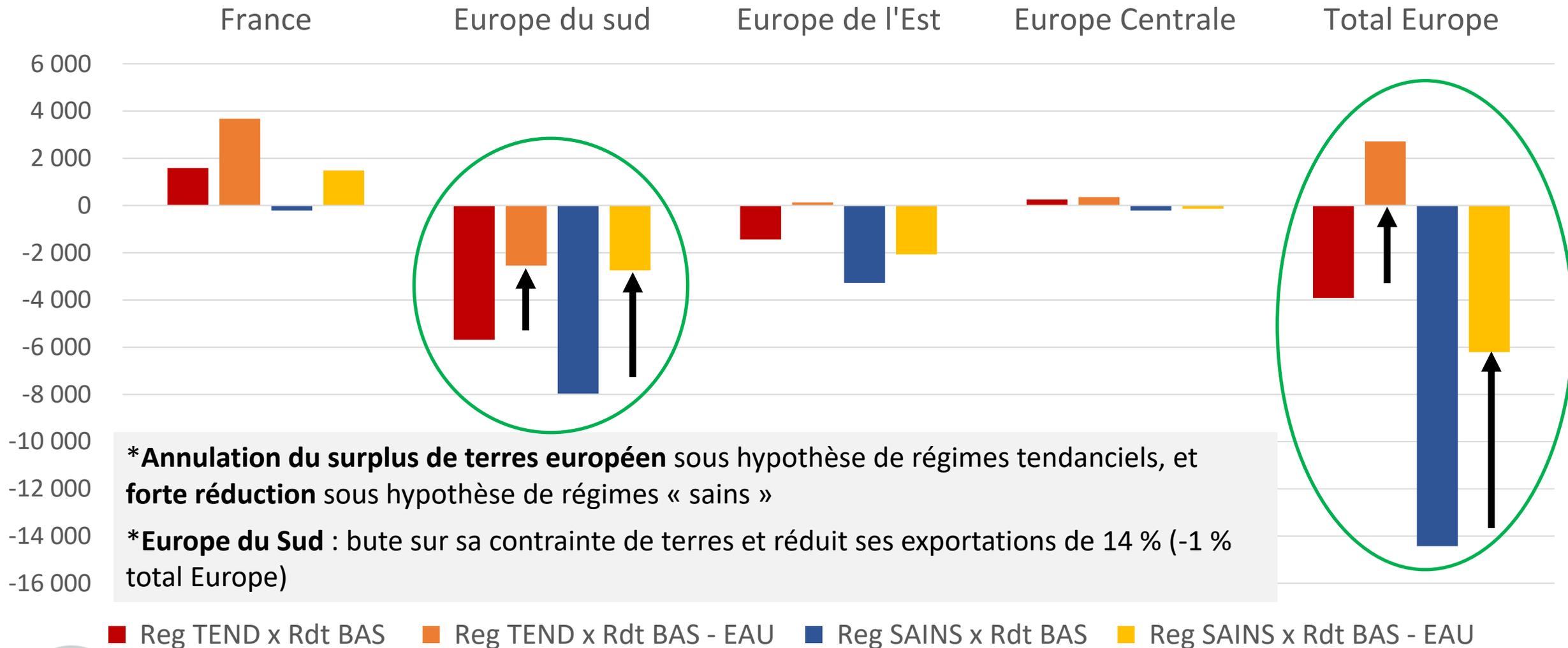
La **part des surfaces irriguées dans les surfaces totales** est **divisée par 2** en 2050 par rapport à « 2010 »

➔ le % de surfaces irriguées en Europe passe de 8 % à 5 %

**Baisses du rendement moyen par rapport au rendement "bas" de référence** : -15 % (Europe du Sud), -10 % (France), -7 % (Europe de l'Est), -4 % (Europe Centrale)



## ➤ Variations des surfaces cultivées en 2050 relativement à "2010" sous l'effet accru d'une contrainte en eau (x 1 000 ha)

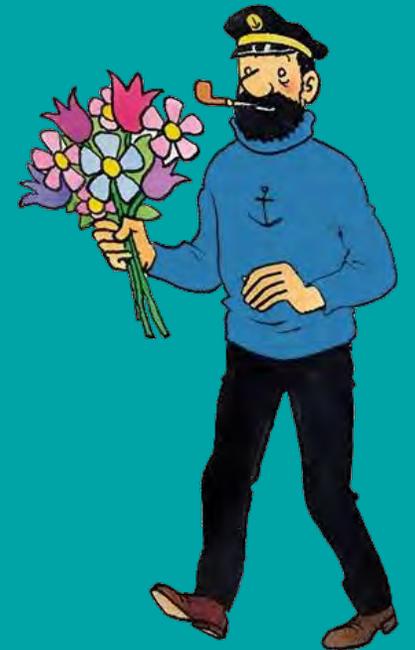


INRAE

➤ Conclusions

**Hervé Guyomard**

(INRAE, SDAR "Bretagne-Normandie") – *co-pilote scientifique*



## > Principaux enseignements (1)

- **Nécessité d'évoluer vers des régimes alimentaires plus sains (sous- et sur- nutrition)**
- **Horizon 2050 : faible amplitude des effets du CC tendanciel relativement à ceux des évolutions techniques**  
→ *Quid* du poids relatif des effets à l'horizon 2100... ?
- **Évolutions du besoin en surfaces cultivées**
  - **Sans évolutions techniques**, besoins mondiaux très/trop importants ("Rég. TEND et Rdts BAS" → +760 Mha)
  - **Avec évolutions techniques**, situations régionales contrastées : « **surplus** » ex-URSS, Europe, Canada-USA vs **besoins supplémentaires** Proche & Moyen-Orient, Afrique, Asie (hors Chine)
    - Rendements hauts : ↑ des « surplus » et ↓ des besoins
    - Régimes alimentaires sains : ↑ des « surplus » et ↓↑ des besoins (↑ en Afrique subsaharienne)
  - **Situations contrastées dans les différentes régions européennes :**
    - ↓ : **Europe de l'Est et Pologne**, dans une moindre mesure **Allemagne et Europe centrale** (démographie)
    - ↓↑ : **France, Royaume-Uni et Reste de l'Europe** (selon les évolutions des régimes et des rendements)
    - ≡ 2010 : **Europe du Sud** (contrainte hydrique)



## > Principaux enseignements (2)

- **Prairies permanentes**

- fortes ↑ (incertitudes productivités des prairies permanentes et efficacités animales)

- **Échanges agricoles**

- Echanges mondiaux ↑
- Polarisation de "2010" renforcée :
  - ↑ exportations nettes **Amérique du Nord, Amérique latine, ex-URSS et Europe**
  - ↑ importations nettes **Proche & Moyen-Orient, Afrique et Asie**

- **Utilisation des « surplus » de terres cultivées**

- ↑ **production européenne d'oléagineux** (Europe << Canada-USA et ex-URSS)  
⇒ ↓ des importations de tourteaux de soja (Europe) + ↓ de la déforestation en Amérique Latine
- « **Désintensification** » des **agricultures européennes** ⇔ moindres croissances des rendements à l'horizon 2050

# > Incertitudes non explicitement prises en compte (1)

- **Adaptations aux effets moyens du changement climatique**

Adaptations incrémentales prises en compte, **MAIS** :

- **Adaptations systémiques** (exploitation, filière, territoire) non prises en compte  
→ impacts sur les rendements ?
- **Rythme du progrès génétique** si cibles de sélection plus diversifiées (par ex. tolérance à la sécheresse et aux fortes températures) ?

- **Évènements climatiques extrêmes**

Fourchette de rendements [BAS ; HAUTS] = 1<sup>e</sup> prise en compte de variations interannuelles des paramètres climatiques, **MAIS** :

- Pas de prise en compte des **effets régionaux différenciés** du changement climatique
- Non prise en compte des **effets cumulés d'évènements extrêmes** (cibles de la sélection, comportements)

## > Incertitudes non explicitement prises en compte (2)

- **Évolution de la pression de bioagresseurs et effets sur la production agricole**
    - Hypothèse implicite d'impacts négatifs des bioagresseurs de même ampleur que sur les deux dernières décennies
    - Quid des impacts du CC sur les environnements biotiques des exploitations et des territoires, et, *in fine*, sur les productions (productivités) végétales et animales ?
  - **Qualité des produits**
    - Effets du changement climatique sur la composition nutritionnelle des végétaux, notamment du fait de ↑ [CO<sub>2</sub>] :
      - ↓ protéines (effet de dilution)
      - ↓ micronutriments(Myers *et al.*, 2014, 2015 ; Scheelbeek *et al.*, 2018 ; Dellar *et al.*, 2018)
- Non pris en compte

## > Priorités de recherche (1)

- **Données → de nombreuses incertitudes sur les termes du bilan "ressources = emplois"**
  - surfaces et rendements des fourrages (surfaces toujours en herbe)
  - aliments du bétail
  - efficiences animales
  - intensités culturales (surfaces récoltées / cultivées)
  - irrigation (surfaces et rendements)
  - surfaces cultivables
- **Déterminants des évolutions des rendements**
  - **Changement climatique :**
    - expression au champ de l'effet CO<sub>2</sub>
    - robustesse statistique des équations "plantes C3" et "plantes C4"
    - interactions entre paramètres climatiques, adaptations
  - **Évolutions techniques :**
    - poids relatifs du **progrès technique** (sélection, efficacité des intrants) et du **recours accru aux intrants** (intrants chimiques ou pratiques agroécologiques)
    - **impacts (environnementaux et sanitaires)** selon les évolutions absolues et les poids de ces composantes ?

## > Priorités de recherche (2)

- **Impacts sur l'ensemble des performances (durabilité)**
  - Ajout de modules environnement et santé (possible sans modifier le cadre de modélisation)
  - Économie (cadre de modélisation différent et complémentaire)
- **Connaissances sur les facteurs d'incertitudes**
  - Stress biotiques (modélisation associant différentes situations biotiques à des profils de dommages)
  - Qualité nutritionnelle des produits (mécanismes sous-jacents, corrections *via* l'offre et la demande, simulations)
  - Disponibilités en eau (impacts sur les rendements)

Merci de votre attention !



INRAE

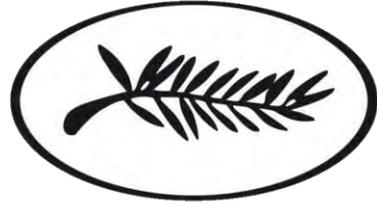
➤ Place des agricultures européennes  
dans le monde à l'horizon 2050

Entre enjeux climatiques  
et défis de la sécurité alimentaire



# Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050

Colloque de restitution de l'étude – 14 Février 2020



OFFICIAL SELECTION

**UN CERTAIN REGARD**

FESTIVAL AE2050

**Aline Mosnier**

*Sustainable Development Solutions Network*

*Directrice scientifique du consortium FABLE*

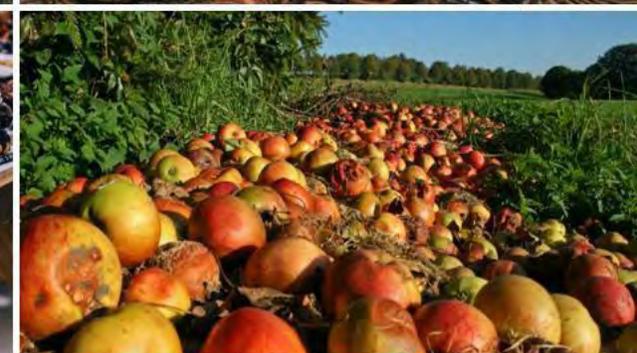


*The Food, Agriculture, Biodiversity, Land-Use  
and Energy Pathways (FABLE) Consortium*

Revue de l'étude "Place des  
agricultures européennes dans le  
monde à l'horizon 2050"

14 Février 2019, Paris

Aline Mosnier (SDSN)



# Revue de l'étude "Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050"



8 régions en Europe

+



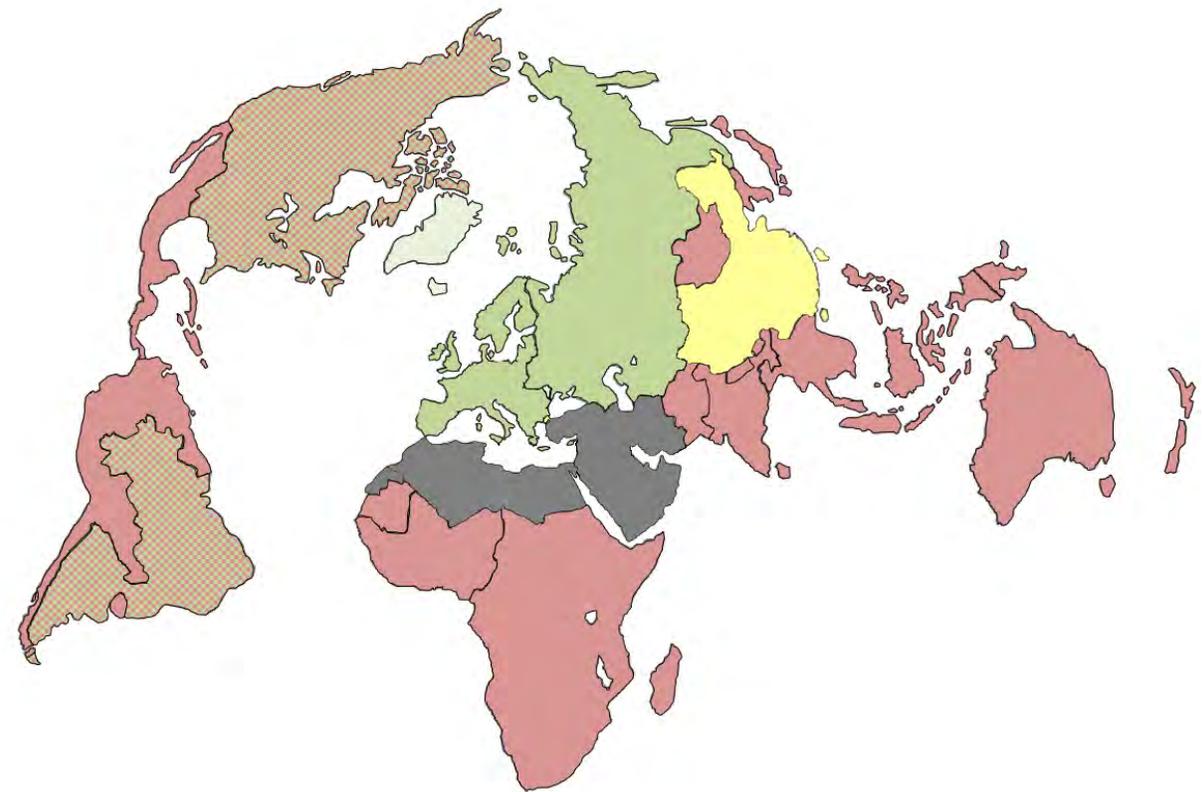
13 régions en dehors de l'Europe

# Les résultats de l'étude

# L'évolution des surfaces cultivées entre 2010-2050

D'après l'étude INRAE, au niveau mondial tendance à l'extension des surfaces cultivées [-1%, +14%]:

- Augmentation des surfaces en Afrique Sub-Saharienne, en Inde, en Amérique Latine, dans le reste de l'Asie hors Chine, et en Océanie.
- Réduction des surfaces cultivées en ex-URSS (-33%), en Europe, en Chine.
- Variable dans les autres régions.



**Δ besoins surfaces cultivées entre 2010 et 2050**

**rouge > 0**

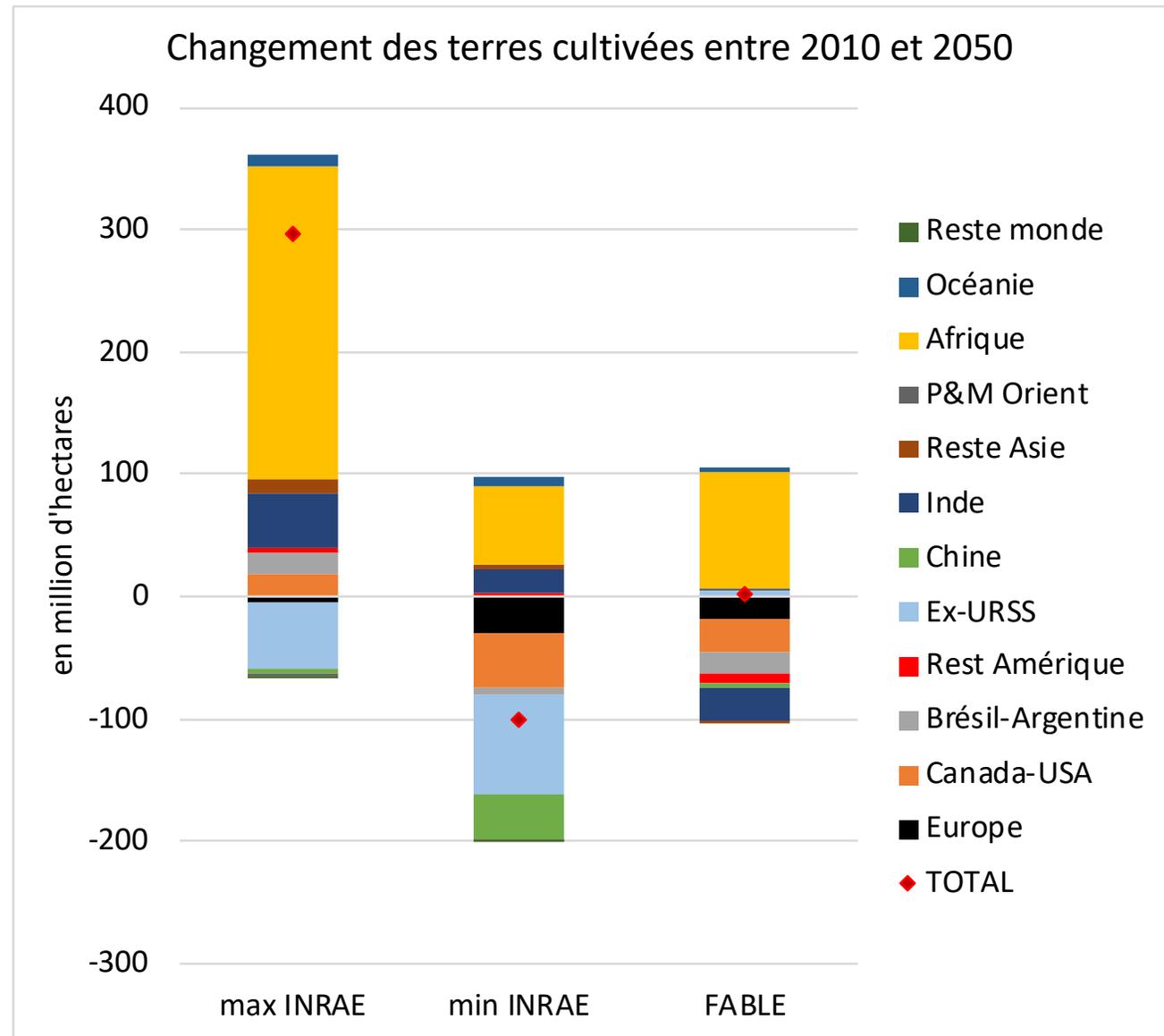
**vert < 0**

**damier > 0 / < 0 selon scénarios**

# L'évolution des surfaces cultivées entre 2010-2050

## Comparaison avec les résultats FABLE 2019

- Accord sur les tendances en Afrique, en Europe
- Divergences:
  - l'équipe indienne a fait l'hypothèse d'une croissance forte de l'intensité culturale et des productivités
  - l'équipe russe a fait l'hypothèse d'une croissance forte des exportations
  - l'équipe Chinoise a choisi d'introduire une contrainte de terres cultivées minimum



# Utilisation du surplus en terres en Europe en 2050

## Vision de l'étude sur les objectifs des agricultures européennes futures:

- Répondre à la demande domestique en produits agricoles
- Maintenir la place de l'Europe dans les échanges agricoles mondiaux
- Répondre aux exigences sociétales: réduction des intrants de synthèse et fourniture de services écosystémiques

## *Pour comparaison, vision de l'étude "Une Europe agro-écologique en 2050" de l'IDDRI (2018) sur les objectifs de l'agriculture européenne:*

- *Répondre aux besoins d'alimentation durable domestiques*
- *Préserver la biodiversité et les ressources naturelles*
- *Lutter contre le changement climatique*

***Les objectifs de l'agriculture européenne sont multiples: dans l'étude INRAE, les objectifs environnementaux ne sont pas prioritaires.***

# Utilisation du surplus en terres en Europe en 2050

## Utilisations proposées

1. Augmentation de la production européenne et augmentation des exportations (également en ex-URSS et au Canada-Etats-Unis)
2. Développement de la culture des oléo-protéagineux pour réduire les importations
3. Combinaison de l'utilisation du surplus de terres européens et d'une réduction des rendements pour garder niveaux de production et d'échanges estimés en 2050 dans les scénarios de référence

## Résultats

1. Réduction presque de moitié de l'extension des terres en Afrique dans l'hypothèse de rendements bas
2. L'Europe serait capable de substituer une partie voire l'intégralité de ses importations de tourteaux de soja, principalement grâce à une augmentation de la production en Europe de l'Est et en Pologne
3. Hausse des rendements moyens par rapport à aujourd'hui limitée à environ +12% qui pourrait permettre une réduction des intrants

***Quelles seraient les implications économiques de chacune de ces utilisations?***

***Dans quelles circonstances, ces utilisations du surplus de terre européen pourraient-elles se réaliser?***

# **Les hypothèses de l'étude sur l'évolution des principaux paramètres du modèle**

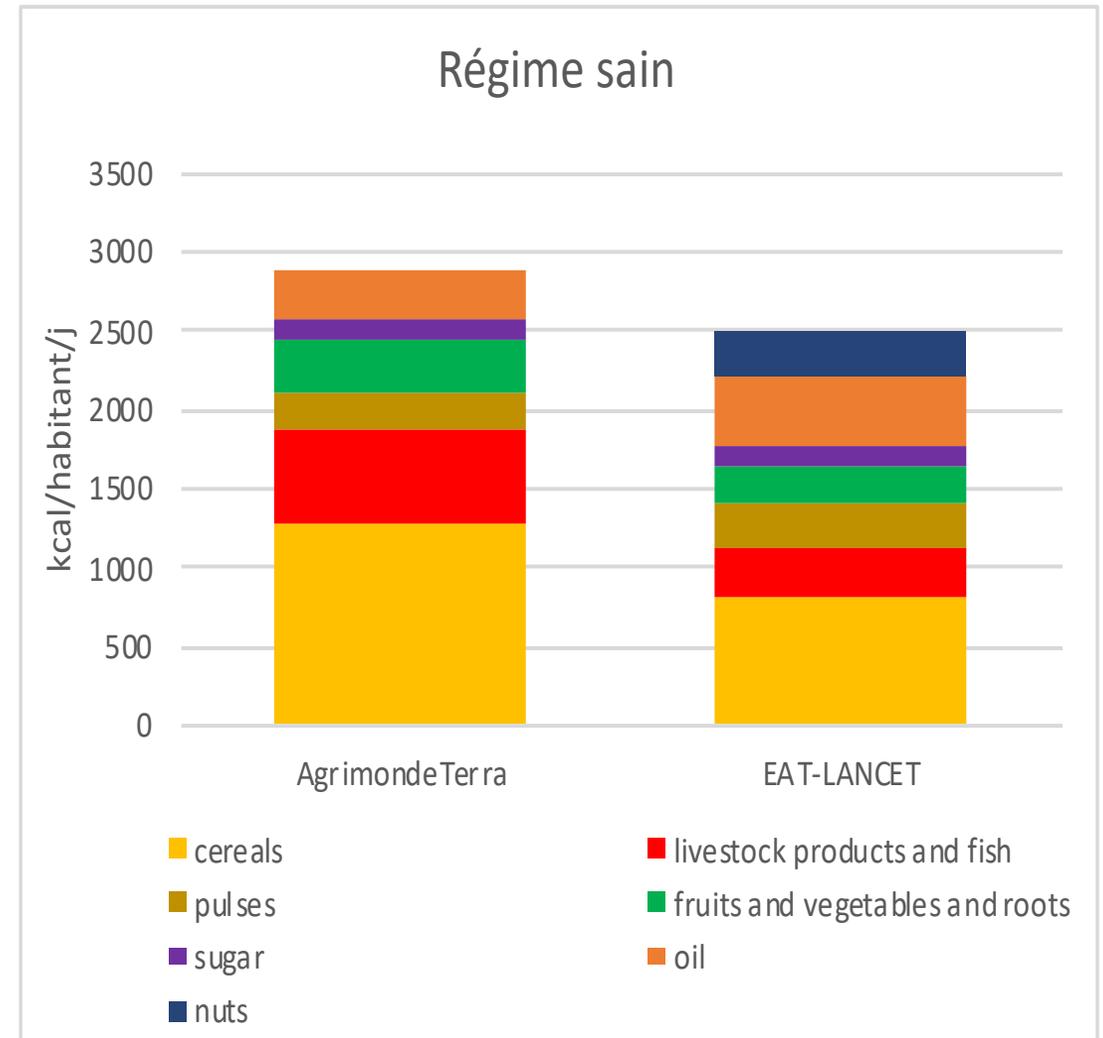
# L'évolution des régimes alimentaires

## Prolongement tendanciel des régimes actuels

- FAO: Alexandratos et Bruinsma, 2012

## Convergence vers régimes alimentaires plus favorable à la santé

- Agrimonde-Terra INRA/CIRAD: Le Mouël et al., 2018.
  - apport calorique total disponible: min 2750 kcal/hab/j, max 3000 kcal/hab/j
  - produits animaux: [12%-20%] des calories totales
  - légumineuses: [5%-8%] des calories totales
  - céréales: ajustées pour combler les besoins totaux en protéines (~1200-1500 kcal)
  - fruits et légumes: 12% des calories totales
  - sucre: max 5%
  - huiles végétales: max 10%



➤ **Qu'est-ce qui est inclus dans la catégorie Autres et quelle est la règle appliquée à cette catégorie (ex: fort impact en Afrique de l'Ouest)?**

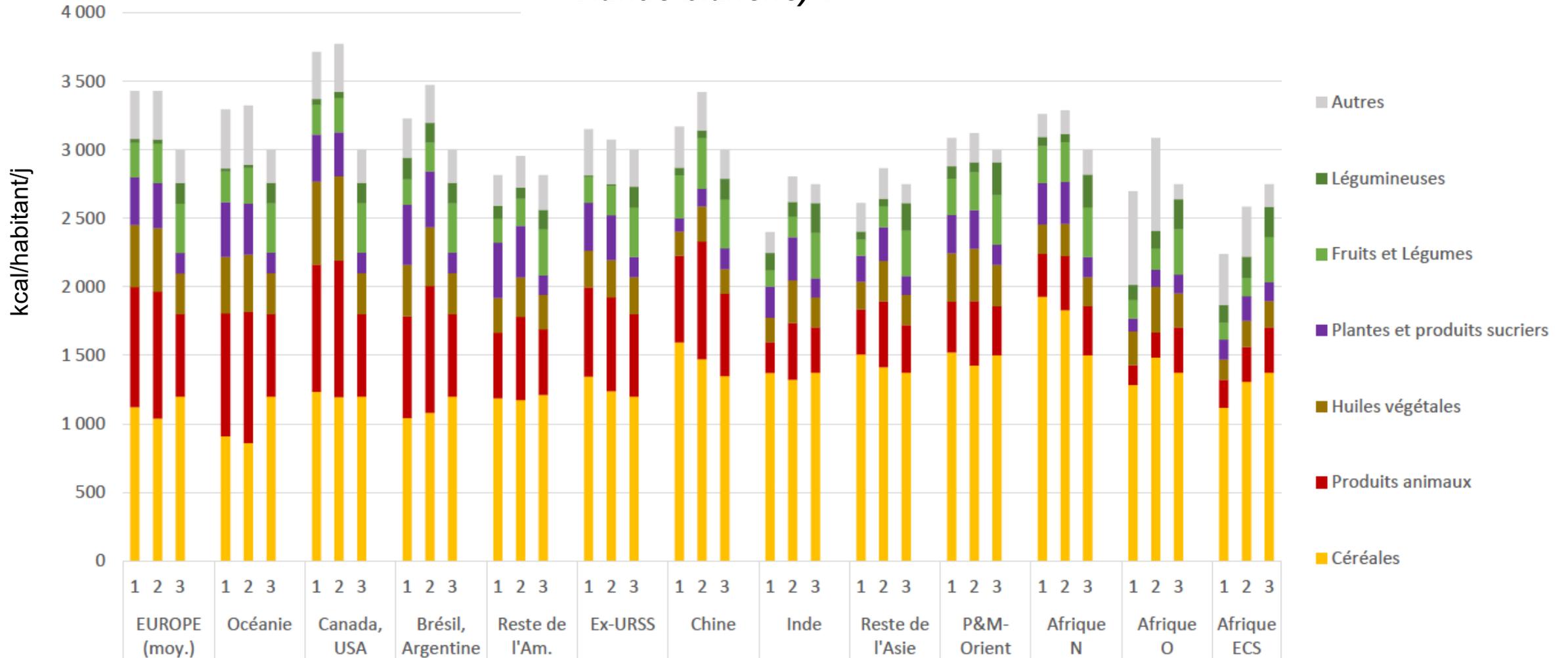
➤ **Comment se fait la répartition de la demande pour les différents produits à l'intérieur de chaque catégorie (ex: lait, viande rouge, viande blanche) ?**

Légende :

1 : 2010

2 : 2050 sous hypothèse de régimes "tendanciels"

3 : 2050 sous hypothèse de régimes "sains"



# L'évolution des rendements des cultures

Evolution techniques	Changement climatique	Fertilisation CO <sub>2</sub>
<b>HAUTES</b> FAO 2012 tendanciel + ajustements	Tendanciel (RCP6.0)	Pleine valorisation (CO <sub>2</sub> +)
		Absence de valorisation (CO <sub>2</sub> -)
	Aggravé (RCP8.5)	Pleine valorisation (CO <sub>2</sub> +)
		Absence de valorisation (CO <sub>2</sub> -)
<b>BASSES</b> FAO 2018 tendanciel	Tendanciel (RCP6.0)	Pleine valorisation (CO <sub>2</sub> +)
		Absence de valorisation (CO <sub>2</sub> -)
	Aggravé (RCP8.5)	Pleine valorisation (CO <sub>2</sub> +)
		Absence de valorisation (CO <sub>2</sub> -)

**Rendements hauts**  
+1% par an du rendement annuel mondial

**Rendements bas**  
+0.64% par an du rendement annuel mondial

- Forte dépendance aux évolutions passées.
- Pas de données sur les fourrages et prairies permanentes.

- Modèle économétrique sur la base d'une méta-analyse:
- sans différenciation entre régions
  - avec extrapolations des résultats pour blé, soja et riz pour toutes les cultures C3 et des résultats pour le maïs à toutes les cultures C4

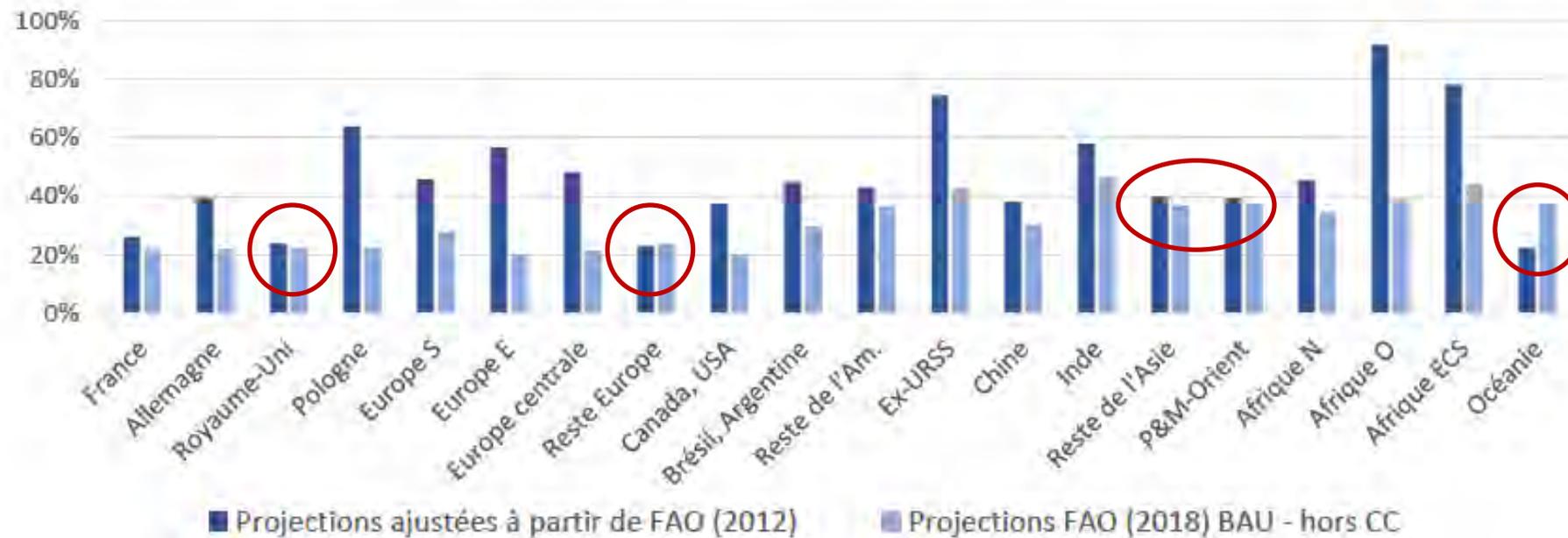
➤ **Utilisation de la base de données ISIMIP pour calculer les impacts du CC?**

➤ **Manque de données sur les prairies permanentes. Qui travaille dessus?**

# L'impact des évolutions techniques agricoles

**Figure 3-2.** Augmentations du rendement moyen en 2050 par rapport à « 2010 » (en %) dans les différentes régions du monde sous l'effet des évolutions techniques : comparaison des projections ajustées à partir d'Alexandratos et Bruinsma (2012) et des projections FAO (2018)

Rendement moyen toutes cultures confondues (hors fourrages cultivés et prairies temporaires), pondéré par les surfaces occupées par chaque culture en « 2010 »



➤ **Comment est-ce qu'on pourrait faire mieux?**

# L'évolution des efficacités animales

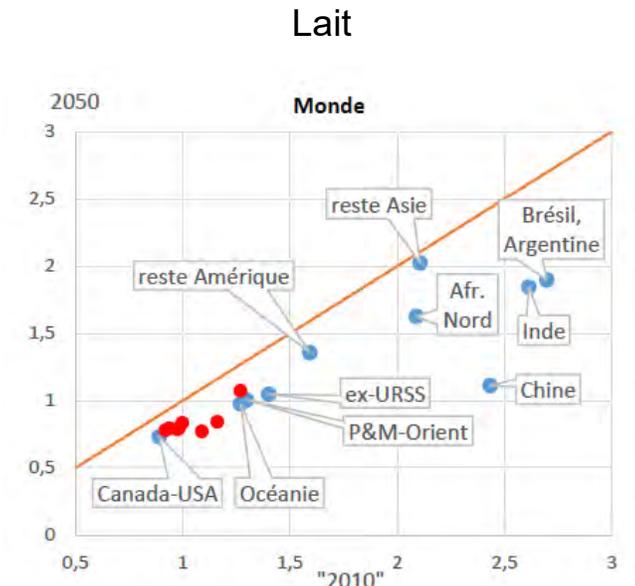
Evolution techniques	Changement climatique
TENDANCIEL	Tendanciel
	Aggravé



- **Monogastriques:** prolongement des tendances 1995-2015 du ratio production/effectifs avec un modèle logarithmique
- **Bovins:** prolongement des tendances 1995-2015 du ratio production/effectifs avec un modèle logarithmique pour la viande et un modèle linéaire pour le lait + hypothèse que structure des cheptels reste inchangée + changement de la part des fourrages de qualité dans les rations des vaches laitières



La digestibilité des fourrages est ajustée en fonction du changement de température moyenne par région en 2050.



**Représentation du secteur de l'élevage avec des innovations intéressantes par rapport aux autres études:**

- **Modèle mondial de formulation des rations alimentaires**
- **Impact du changement climatique sur la digestibilité des fourrages**

# L'évolution des intensités culturelles et des surfaces cultivables

**Intensités culturelles  
annuelles (ICA)**

**TENDANCIEL**



FAO 2018: +14% en Europe, +18% en Chine, <4% dans les autres régions

**Surfaces cultivables**

**TENDANCIEL**



Sur la base des cartes GAEZ en système pluvial avec suitability index >40% avec impact du changement climatique.

- *On obtient des ICA > 1 en 2050 pour l'Allemagne, la Pologne, l'Europe de l'Est. Est-ce que c'est réaliste?*
- *Un des effets majeurs du changement climatique pourrait être l'impact sur le nombre de saisons cultivables par région?*
- *L'évolution des jachères peut-elle aussi expliquer l'écart entre les terres cultivées et les terres récoltées?*
  
- *4 régions ont des surfaces cultivées en 2010 > au potentiel cultivable (Europe du Sud, Amérique du Nord, Proche et Moyen Orient, Chine) => est-ce que c'est parce que certaines cultures ne sont pas prises en compte dans GAEZ?*
- *Est-ce que ces contraintes ont été introduites par culture ou le total des terres cultivables seulement?*
- *Le côté spatial est important. Est-ce que l'on pourrait essayer de superposer ces cartes de potentiel avec des cartes d'accessibilité pour calculer la surface cultivable "rentable"?*

# L'évolution du commerce international

## Calcul des importations et des exportations

- Importations (i,j) = Coefficient de dépendance aux importations (i,j) x Utilisations domestiques totale (i,j)
  - Exportations (i,j) = Part du marché mondial pour le produit (i,j) x Demande mondiale (i)
- ➔ une région peut diminuer ses surfaces cultivées tout en restant importatrice nette

## Ajustement des exportations et des importations en cas de saturation de la contrainte de surfaces cultivables

- Les exportations sont d'abord réduites
- Si ce n'est pas suffisant les importations sont augmentées

- ***L'hypothèse de stabilité des parts de marché mondial entre pays exportateurs me semble forte***
- ***Une analyse de sensibilité sur l'évolution des paramètres du commerce – parts de marché dans les exportations mondiales et part des importations dans la demande domestique - pourrait être envisagée.***
- ***Tests intéressants dans le cas de l'utilisation du surplus de terres de l'Europe, du Canada-Etats-Unis et de l'ex-URSS.***

**MERCI**

INRAE

➤ Place des agricultures européennes  
dans le monde à l'horizon 2050

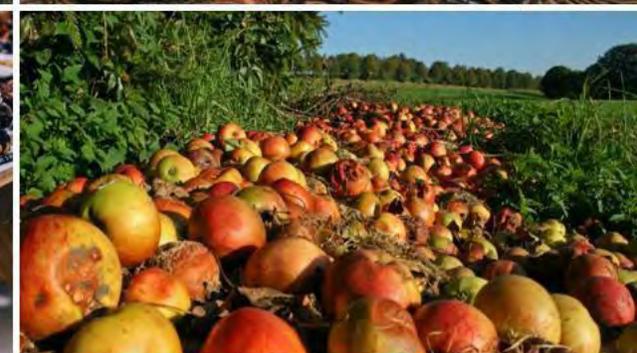
Entre enjeux climatiques  
et défis de la sécurité alimentaire



*The Food, Agriculture, Biodiversity, Land-Use  
and Energy Pathways (FABLE) Consortium*

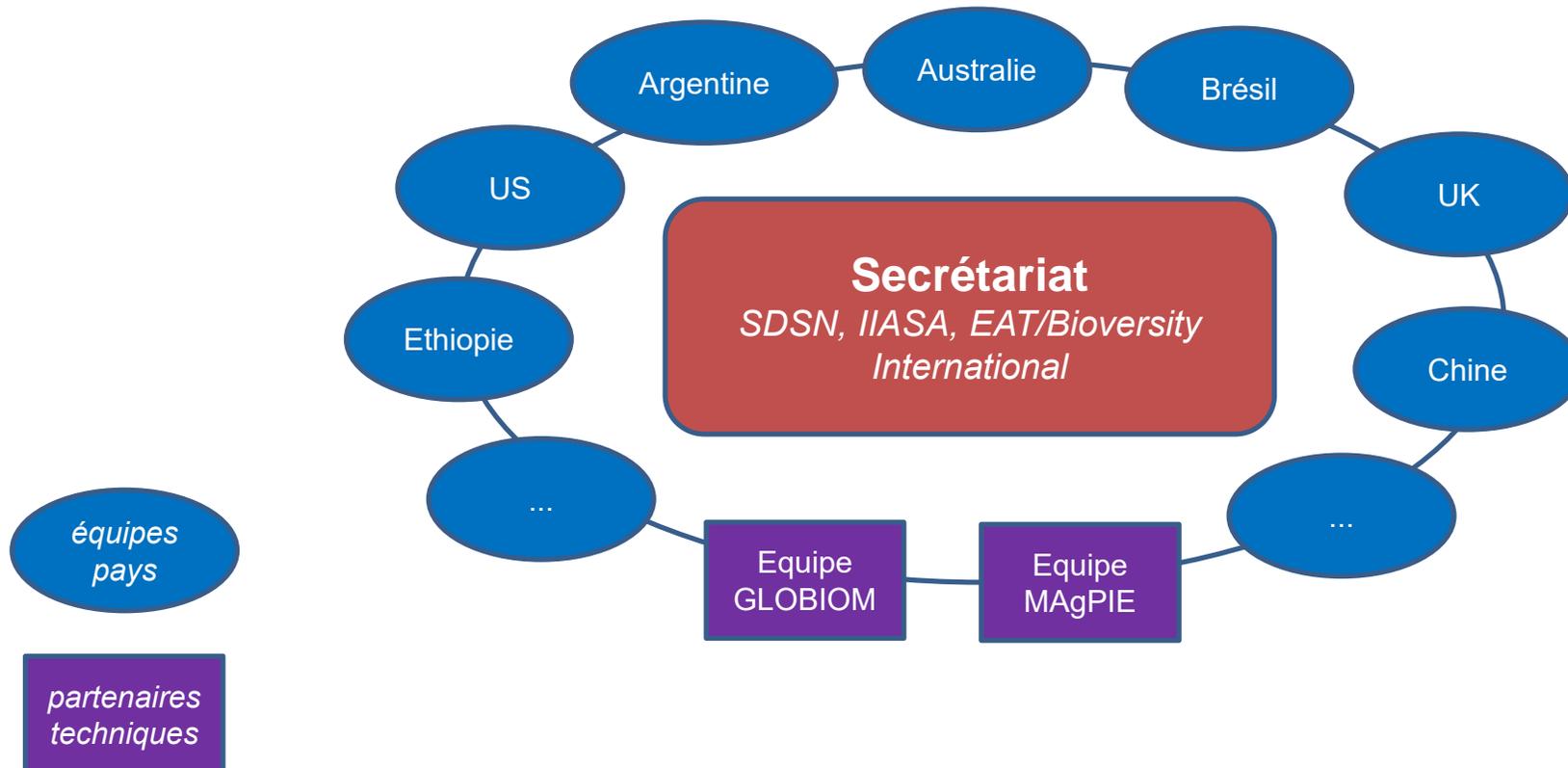
**Le Consortium FABLE**

**14 Février 2019, Paris  
Aline Mosnier**



# Le Consortium FABLE

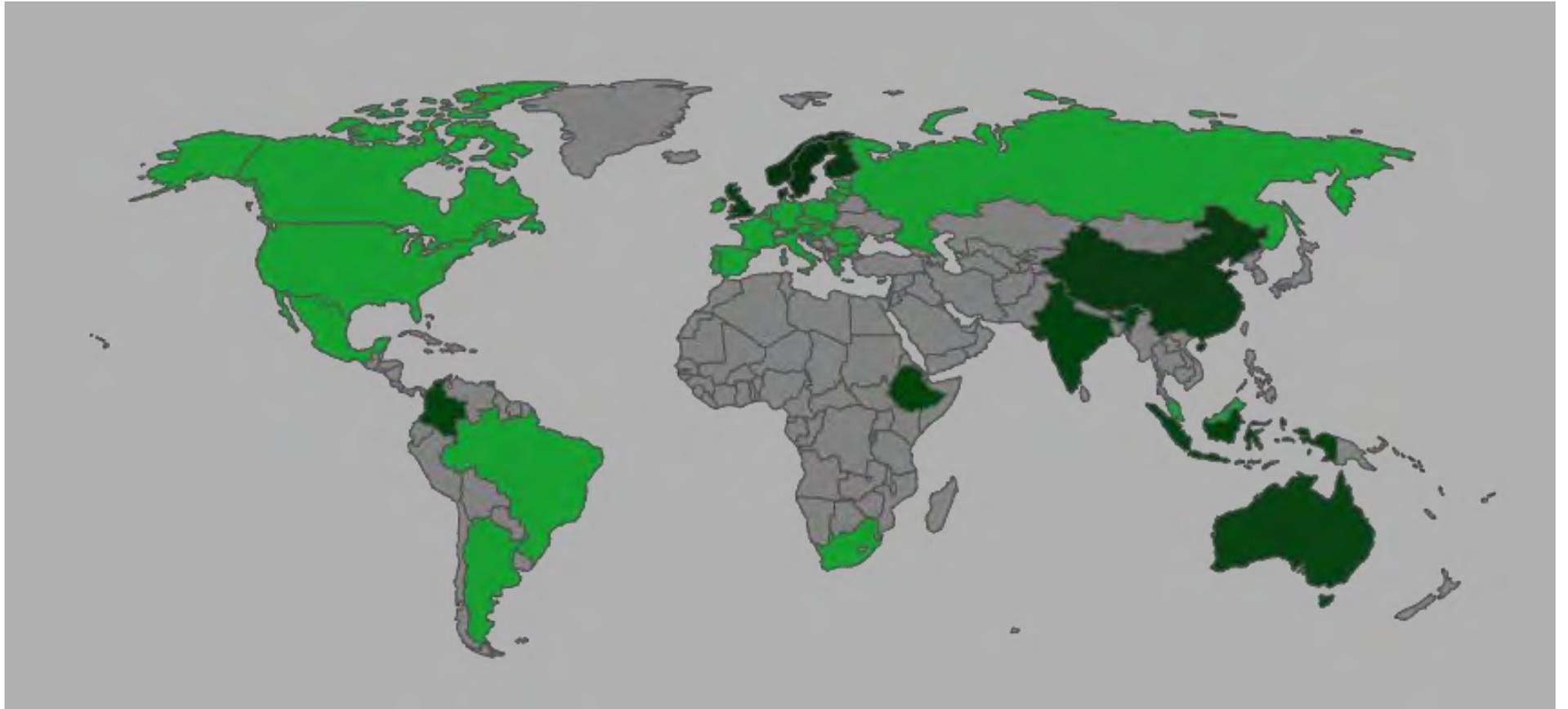
- ✓ Une **initiative collaborative** lancée en 2017 opérant dans le cadre de la Food and Land-Use Coalition (FOLU)
- ✓ **Objectif:** comprendre comment les pays peuvent évoluer vers des systèmes alimentaire et d'utilisation des terres durables (ODDs, accord climatique de Paris) et de renforcer les capacités locales des pays pour conseiller leurs gouvernements dans la conception et la mise en oeuvre de stratégies de long terme de développement durable.



- Les membres du Consortium collaborent pour construire des trajectoires nationales compatibles avec les objectifs mondiaux
- 1er rapport du Consortium FABLE publié en 2019 qui présente la méthodologie et les trajectoires aux niveaux national et mondial

# Les équipes pays FABLE

Allemagne  
Afrique du Sud  
Argentine  
Australie\*  
Brésil  
Canada  
Chine\*  
Colombie\*  
Ethiopie\*  
Finlande  
Grande Bretagne\*  
Indie  
Indonésie\*  
Malaisie  
Mexique  
Norvège  
Russie  
Rwanda  
Suède  
Etats-Unis



Réseau d'équipes de recherche dans 20 pays

\*pays FOLU

Objectifs mondiaux FABLE pour des systèmes alimentaire et d'utilisation des terres durables:

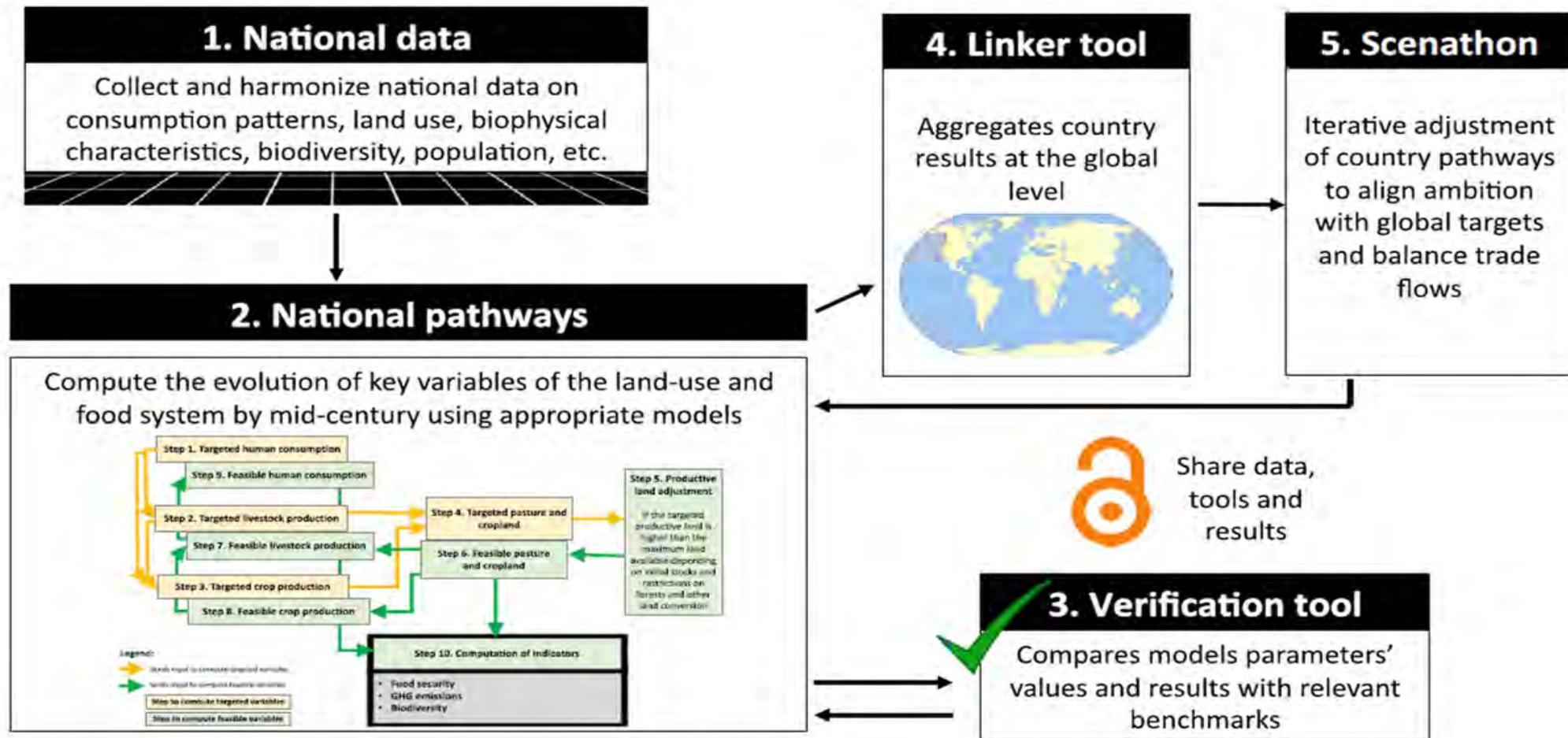
- ✓ à l'horizon 2050
- ✓ sur la base des engagements ou des études scientifiques
- ✓ sont adaptables à différentes échelles

Révision de la valeur des objectifs sur la base des dernières avancées scientifiques ou des progrès atteints.

AREA	GLOBAL TARGET
Food security	<b>Zero hunger</b> <i>Average daily energy intake per capita higher than the minimum requirement in all countries by 2030</i>
	<b>Low dietary disease risk</b> <i>Diet composition to achieve premature diet related mortality below 5%</i>
Greenhouse gas emissions	<b>Greenhouse gas emissions from crops and livestock compatible with keeping the rise in average global temperatures to well below 1.5°C</b> <i>Below 4 GtCO<sub>2</sub>e yr<sup>-1</sup> by 2050</i>
	<b>Greenhouse gas emissions and removals from Land Use, Land-Use Change, and Forestry (LULUCF) compatible with keeping the rise in average global temperatures to below 1.5°C</b> <i>Negative global greenhouse gas emissions from LULUCF by 2050</i>
Biodiversity and ecosystem services	<b>A minimum share of earth's terrestrial land supports biodiversity conservation</b> <i>At least 50% of global terrestrial area by 2050</i>
	<b>A minimum share of earth's terrestrial land is within protected areas</b> <i>At least 17% of global terrestrial area intact by 2030</i>
Forests	<b>Zero net deforestation</b> <i>Forest gain should at least compensate for the forest loss at the global level by 2030</i>
Freshwater	<b>Water use in agriculture within the limits of internally renewable water resources, taking account of other human water uses and environmental water flows</b> <i>Blue water use for irrigation &lt; 2453 km<sup>3</sup>yr<sup>-1</sup> (670-4044 km<sup>3</sup>yr<sup>-1</sup>) given future possible range (61-90%) in other competing water uses</i>
Nitrogen	<b>Nitrogen release from agriculture within environmental limits</b> <i>N use &lt; 69 Tg N yr<sup>-1</sup> total Industrial and agricultural biological fixation (52-113 Tg N yr<sup>-1</sup>) and N loss from agricultural land &lt; 90 Tg N yr<sup>-1</sup> (50-146 Tg N yr<sup>-1</sup>) by 2050</i>
Phosphorous	<b>Phosphorous release from agriculture within environmental limits</b> <i>P use &lt; 16 Tg P yr<sup>-1</sup> flow from fertilizers to erodible soils (6.2-17 Tg P yr<sup>-1</sup>) and P loss from ag soils &amp; human excretion &lt; 8.69 Tg P yr<sup>-1</sup> flow from freshwater systems into ocean by 2050</i>

# Méthodes

## Principales étapes de la méthodologie FABLE pour développer les trajectoires nationales cohérentes au niveau mondial



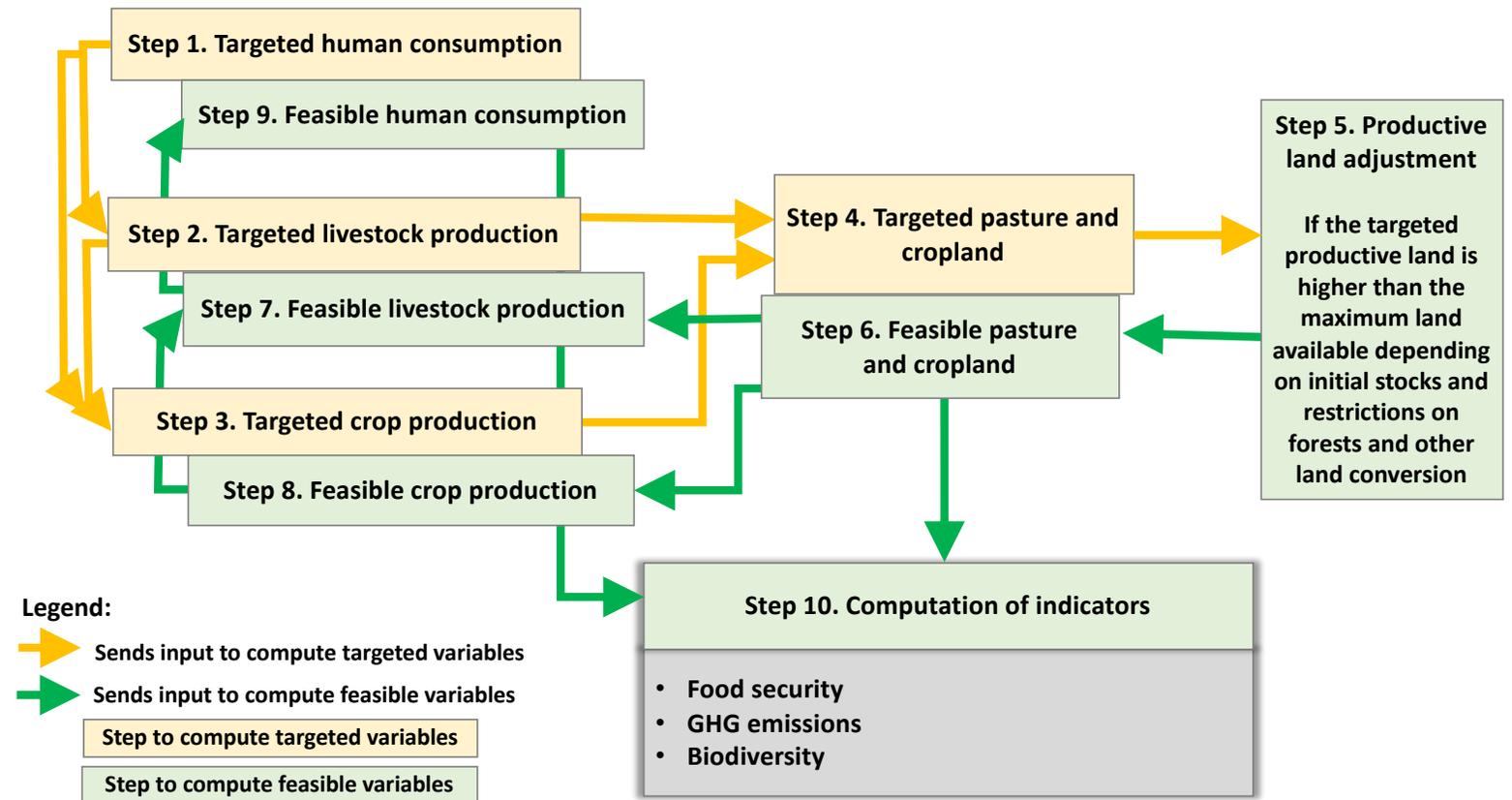
Models currently used in FABLE: [FABLE Calculator](#), [GLOBIOM](#), [MAGPIE](#)

# Le Calculateur FABLE

Pour le premier rapport, tous les pays du Consortium ont utilisé le calculateur FABLE pour développer leurs trajectoires nationales.

- Modèle bilans-ressources développé sous Excel.
- Il inclut **76 produits**: cultures, produits animaux, huiles végétales et tourteaux, sucre.
- Les résultats sont calculés pour chaque pas de 5 ans **sur la période 2000-2050**.
- Les projections de la demande future déterminent en grande partie la production future.
- **La contrainte de disponibilité en terres** peut réduire le niveau de consommation et de commerce par rapport aux projections initiales.

## Séquence de calcul dans le Calculateur FABLE



Source: Mosnier et al. (2019)

Note: Le calculateur est téléchargeable en ligne pour la région Reste de l'Asie.

# Les hypothèses sous-jacentes aux trajectoires nationales



## GDP GROWTH & POPULATION

GDP per capita



Population



## TRADE

Imports



Exports



## LAND

Land conversion

Afforestation



## BIODIVERSITY

Protected areas



## FOOD

Diet



Food waste



## PRODUCTIVITY

Crop productivity



Livestock productivity



Pasture stocking rate

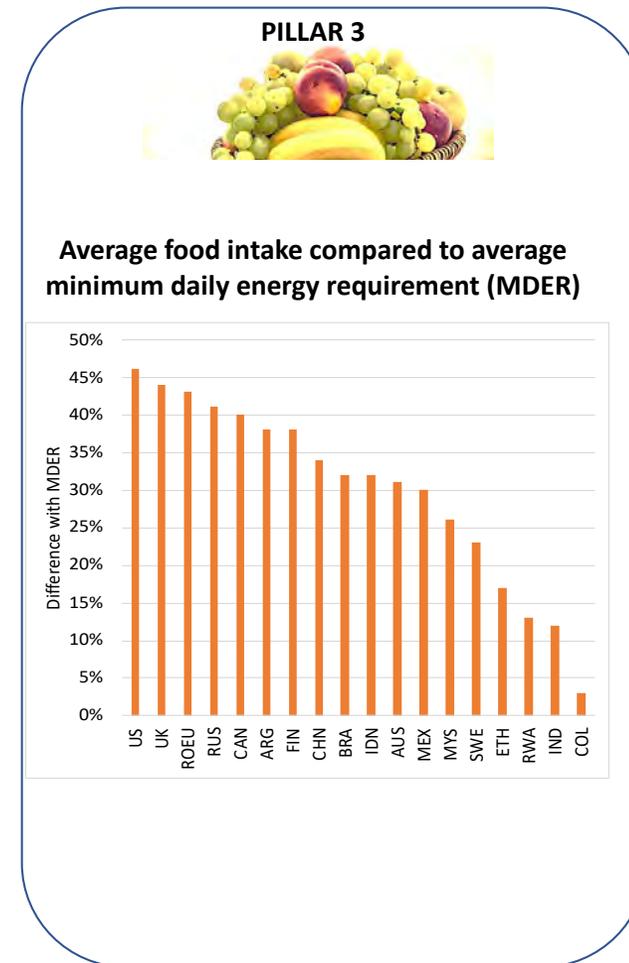
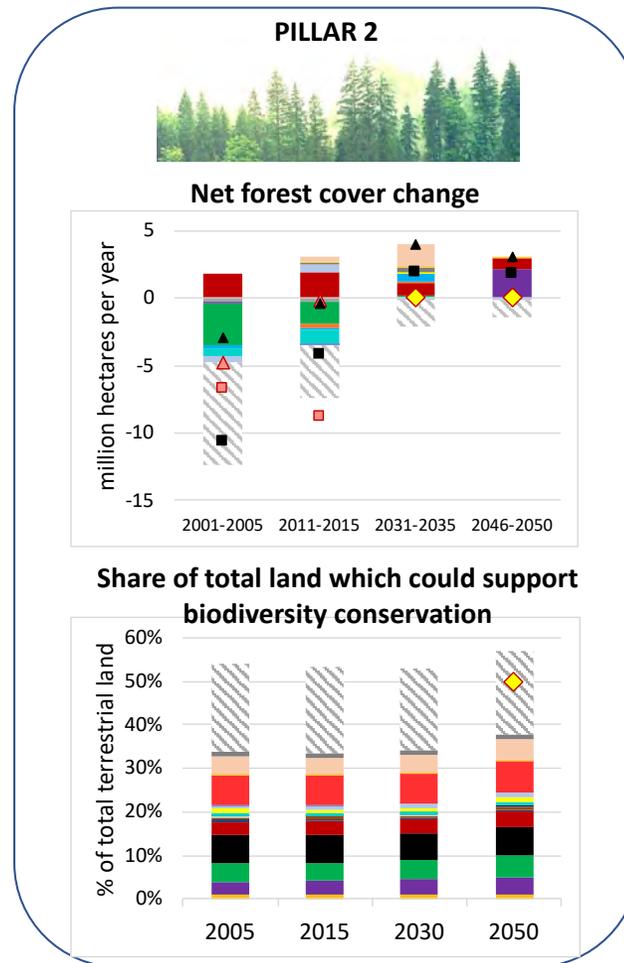
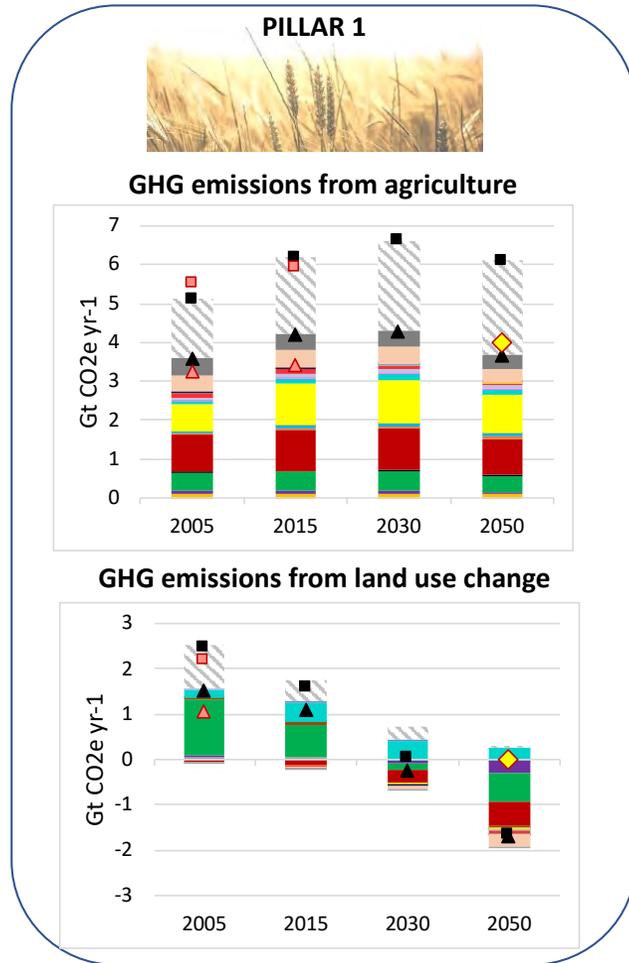


Pour le rapport 2020, nouvelles dimensions des scénarios:

- Changement climatique
- Biocarburants
- Pertes après récolte
- Intensité culturelle

Les équipes pays doivent essayer de justifier leurs hypothèses dans le contexte national: objectifs du gouvernement, politiques en discussion, engagements internationaux, expertise locale, etc.

# Les résultats du rapport 2019



- ARG
- AUS
- BRA
- CAN
- CHN
- COL
- ETH
- FIN
- IND
- IDN
- MYS
- MEX
- RUS
- RWA
- SWE
- UK
- USA
- ROEU
- ROW
- Total World
- ▲ Total FABLE
- ◆ Global target
- ▲ FAO FABLE
- FAO World

# Les hypothèses

**Scenarios:** **R:** Reduced food loss compared to current level; **ND 2030:** No-deforestation beyond 2030; **NE 2010:** No agricultural land expansion beyond 2010 level; **MC:** Minimum Cropland area **FABLE country teams:** ARG: Argentina; AUS: Australia; BRA: Brazil; CAN: Canada; CHN: China; COL: Colombia; ETH: Ethiopia; FIN: Finland; IND: India; IDN: Indonesia; MYS: Malaysia; MEX: Mexico; RUS: Russia; RWA: Rwanda; SWE: Sweden; UK: United Kingdom; US: United States of America; ROEU: Rest of European Union. **Rest of the world regions:** RASI: Rest of Asia; RAFR: Rest of Africa; RAME: Rest of America; RCAS: Rest of central Asia; RMID: Rest of Middle East; RPAC: Rest of Pacific islands; RNEU: Rest of Europe (non-EU).

Magnitude of the changes --> darker shade for strong change - both extremes

## Les hypothèses sous-jacentes des trajectoires des pays présentent des variations importantes:

- 5 équipes (Australie, Chine, Finlande, Royaume-Uni et États-Unis) prévoient une réduction de la consommation par habitant de calories d'origine animale d'ici 2050
- dans les pays d'Amérique latine, l'accent est mis sur les gains de productivité agricole et les mesures visant à stopper la déforestation
- 4 pays totalisent plus de 100 millions d'hectares de boisement sur la période 2000-2050 (Australie, Chine, Éthiopie, États-Unis),

➔ hétérogénéité des hypothèses reflète des différences fondamentales entre les pays

		POP	FOOD				TRADE		PRODUCTIVITY			LAND	
		Population (millions)	Total energy intake (kcal/cap/day)	Plant based energy intake (kcal/cap/day)	Animal based energy intake (kcal/cap/day)	Food Loss (% consumption)	Targeted Imports (kcal)	Targeted exports (kcal)	Livestock (kcal/TLU)	Crop (kcal/ha)	Pasture (TLU/ha)	Constraints on agriculture expansion	Afforestation over 2000- 2050 in Mha
FABLE COUNTRIES	ARG	1.3	1.0	1.0	1.0		1.3	2.7	1.4	2.0	1.0	ND 2030	1.9
	AUS	1.6	1.0	1.2	0.4		1.7	1.8	1.9	1.5	1.1		15.8
	BRA	1.1	1.1	1.1	1.0		1.1	1.7	1.3	1.5	1.5	ND 2030	11.4
	CAN	1.3	1.0	1.0	1.0	R	1.3	1.6	1.2	1.2	1.0		
	CHN	1.0	1.0	1.0	0.7	R	0.8	1.3	1.0	1.0	1.0	MC	41.3
	COL	1.0	1.0	1.0	1.0	R	0.9	3.3	1.0	1.2	1.0	ND 2030	1.9
	ETH	1.7	1.1	1.0	1.3	R	2.5	1.3	2.1	2.9	1.0		14.3
	FIN	1.1	1.0	1.3	0.3		1.3	0.6	1.2	0.9	1.0		0.3
	IND	1.4	1.2	1.2	1.3	R	2.2	1.6	1.4	1.9	1.0	NE 2010	2.0
	IDN	1.4	1.2	1.2	1.3	R	1.6	2.7	1.5	1.5	1.0		1.9
	MYS	1.4	1.0	0.9	1.7		1.7	1.8	1.2	1.4	1.0		1.9
	MEX	1.2	1.1	1.1	1.1	R	1.5	1.2	1.3	1.5	1.4	NE 2010	4.2
	RUS	1.0	1.1	1.0	1.0	R	0.9	4.9	2.3	2.2	1.0		
	RWA	1.9	1.2	1.1	1.8	R	3.3	1.4	2.9	1.9	1.0		
	SWE	1.3	1.1	1.0	1.1		1.3	1.8	1.1	1.2	1.0		1.8
	UK	1.2	1.0	1.0	0.8	R	1.0	1.0	1.4	1.6	1.3		1.5
	US	1.2	0.9	1.0	0.8		1.4	1.9	1.6	1.4	1.0		38.0
ROEU	1.0	1.0	1.0	1.0	R	1.0	1.6	1.2	1.2	1.0		10.1	
ROW	RASI	1.2	1.0	1.0	1.0		1.2	1.7	1.3	1.4	1.0		
	RAFR	1.8	1.0	1.0	1.1		1.8	1.6	1.3	1.4	1.5		
	RAME	1.3	1.1	1.1	1.1		1.3	1.6	1.4	1.4	1.4		
	RCAS	1.5	1.1	1.1	1.1		1.6	1.8	1.0	1.5	1.5		
	RMID	1.6	1.1	1.0	1.1		1.9	1.7	1.5	1.6	1.0		
RPAC	1.3	1.0	1.0	1.0		1.3	1.4	1.6	1.2	1.0			
RNEU	1.1	1.1	1.1	1.1		1.1	1.2		1.3				

*The Food, Agriculture, Biodiversity, Land-Use  
and Energy Pathways (FABLE) Consortium*

**Discussion**



# L'agriculture dans le Pacte Vert européen (Green Deal)

- **Le Pacte Vert européen (2019)** est une nouvelle stratégie de croissance en réponse aux défis du changement climatique, de la perte de la biodiversité, de la pollution des écosystèmes.
  - **Neutralité carbone atteinte en 2050** et réduction de 50% des émissions de 1990 en 2030
  - Croissance économique découplée de l'utilisation des ressources
  - Conservation et restauration du capital naturel
  - Protection de la santé et du bien-être des citoyens européens

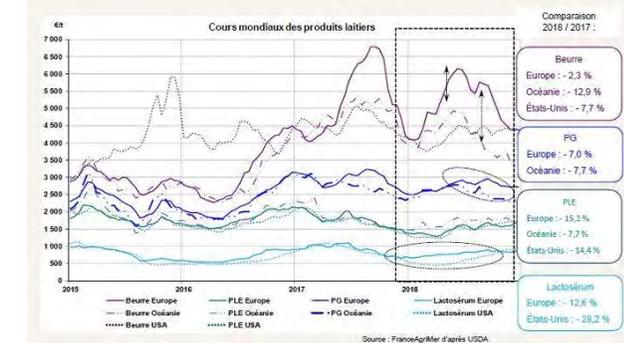


- Depuis 2018, les émissions et séquestration carbone du secteur LULUCF sont intégrées dans le cadre de la stratégie énergie et climat
- Taxe carbone et ajustement carbone aux frontières pour éviter le déplacement des émissions européennes
- **Stratégie de la "Fourche a la Fourchette" (printemps 2020):**
  - utilisation de nouvelles technologies tout au long de la chaîne de production
  - proposition **que > 40% du budget de la PAC contribuent à réduire les émissions et augmenter la séquestration de carbone**
  - augmentation des performances environnementales de l'agriculture dont séquestration carbone dans les sols, amélioration de la qualité de l'eau et de la gestion des nutriments

# Les exploitations agricoles européennes au coeur des transitions

## Profitabilité des exploitations agricoles

- Evolution des prix mondiaux et l'évolution de la concurrence internationale
- Anticipation des changements de la demande
- Premiums liés à de nouveaux labels?
- Agriculture plus résiliente face au changement climatique ... et nouvelles opportunités à exploiter?
- Paiements des services éco-systémiques: réforme de la PAC? paiements carbone?
- Risque de changement de pratiques dans un contexte d'endettement élevé ?



## Connaissances techniques liées aux nouvelles pratiques

- Est-ce que nous avons suffisamment de connaissances sur ces nouvelles pratiques et leur performance dans différents terroirs pour conseiller et accompagner les agriculteurs?
- Une réforme des enseignements agricoles est-elle nécessaire?



## Attractivité du secteur agricole

- Mal-être des agriculteurs: taux de mortalité 20% supérieur à la mortalité de la population générale, 30% plus élevée chez les éleveurs (2019, Santé Publique France)

INRAE

➤ Place des agricultures européennes  
dans le monde à l'horizon 2050

Entre enjeux climatiques  
et défis de la sécurité alimentaire



# Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050

Colloque de restitution de l'étude – 14 Février 2020

## ➤ Mise en discussion des résultats

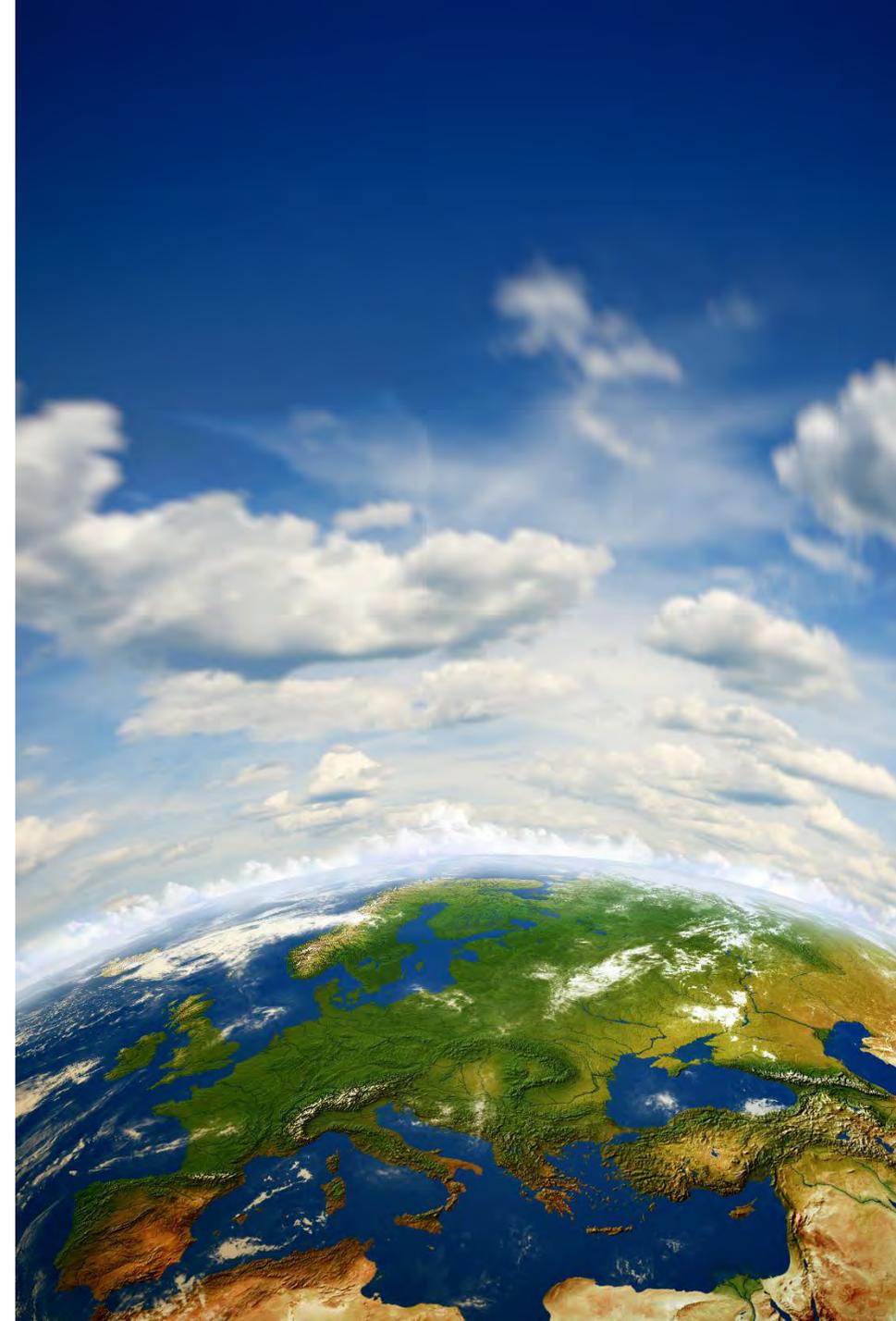
**Florence Buchholzer** – *DGAGRI*

**Patrick Caron** – *Cirad, Agropolis International*

**Arnaud Gauffier** – *WWF*

**Séverine Fontaine** – *Carrefour*

**Jean-François Loiseau** – *Coopérative Axereal*



INRAE

➤ Place des agricultures européennes  
dans le monde à l'horizon 2050

Entre enjeux climatiques  
et défis de la sécurité alimentaire



# Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050

Colloque de restitution de l'étude – 14 Février 2020

## ➤ Clôture du colloque

**Philippe Mauguin**

*Président Directeur Général d'INRAE*



INRAE

➤ Place des agricultures européennes  
dans le monde à l'horizon 2050

Entre enjeux climatiques  
et défis de la sécurité alimentaire

