



cirad

LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT

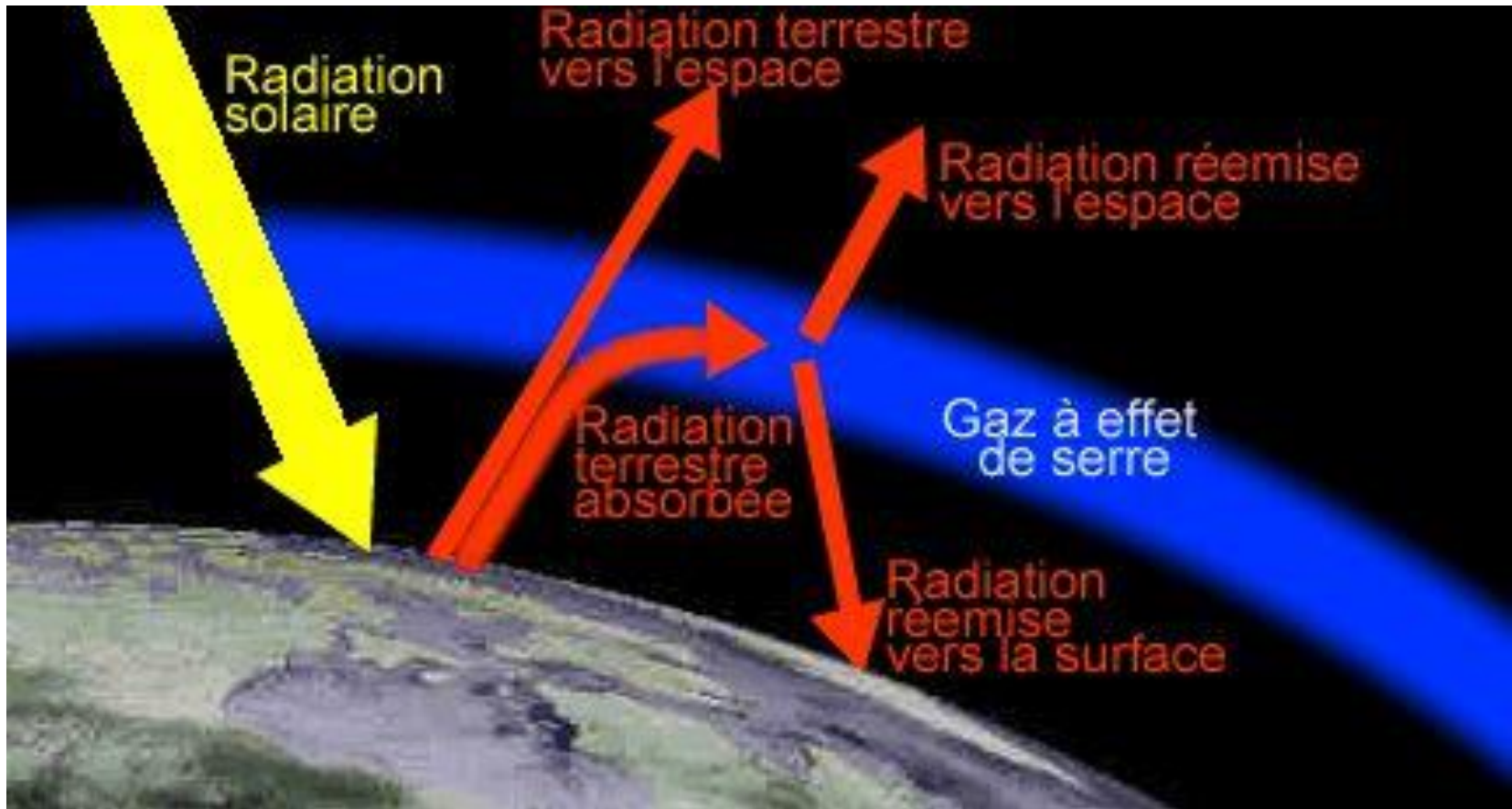
Innovons
Working
ensemble
together for
pour les
tomorrow's
agricultures
agriculture
de demain

Changement climatique et agriculture

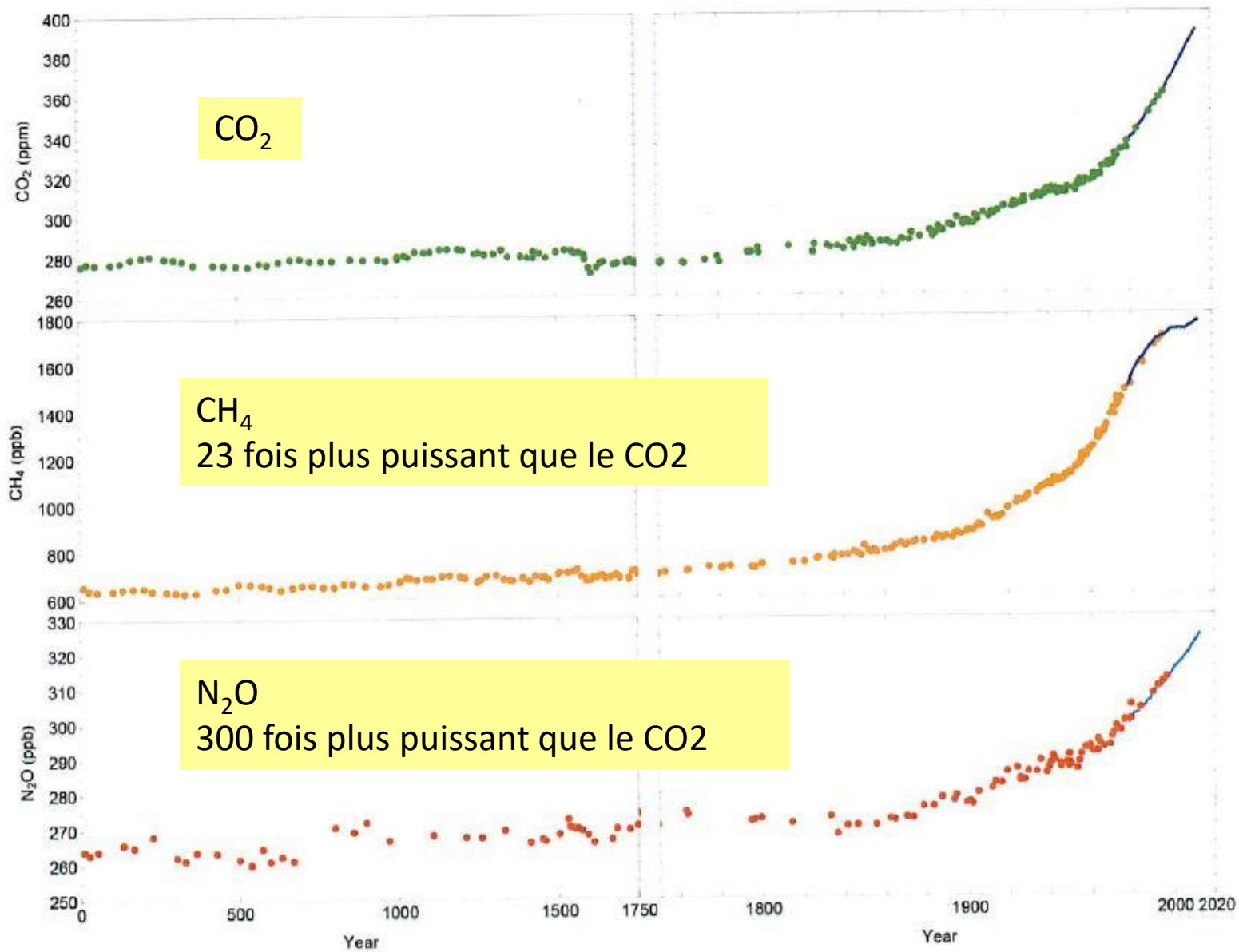
Emmanuel Torquebiau
Cirad Montpellier

4^{ème} Matinée du Conseil Consommateurs Aprifel
Paris, 28 novembre 2019

L'effet de serre



Température théorique à la surface de la terre sans effet de serre: $- 15^{\circ}\text{C}$
Température moyenne de 1951 à 1980: $+ 14^{\circ}\text{C}$



2000 ans de gaz à effet de serre
(Mesures dans les bulles d'air piégées par la glace ou la neige
CDC Climat Dossier 4 2014)

Le CO₂ depuis 650.000 ans (IPCC 2013)

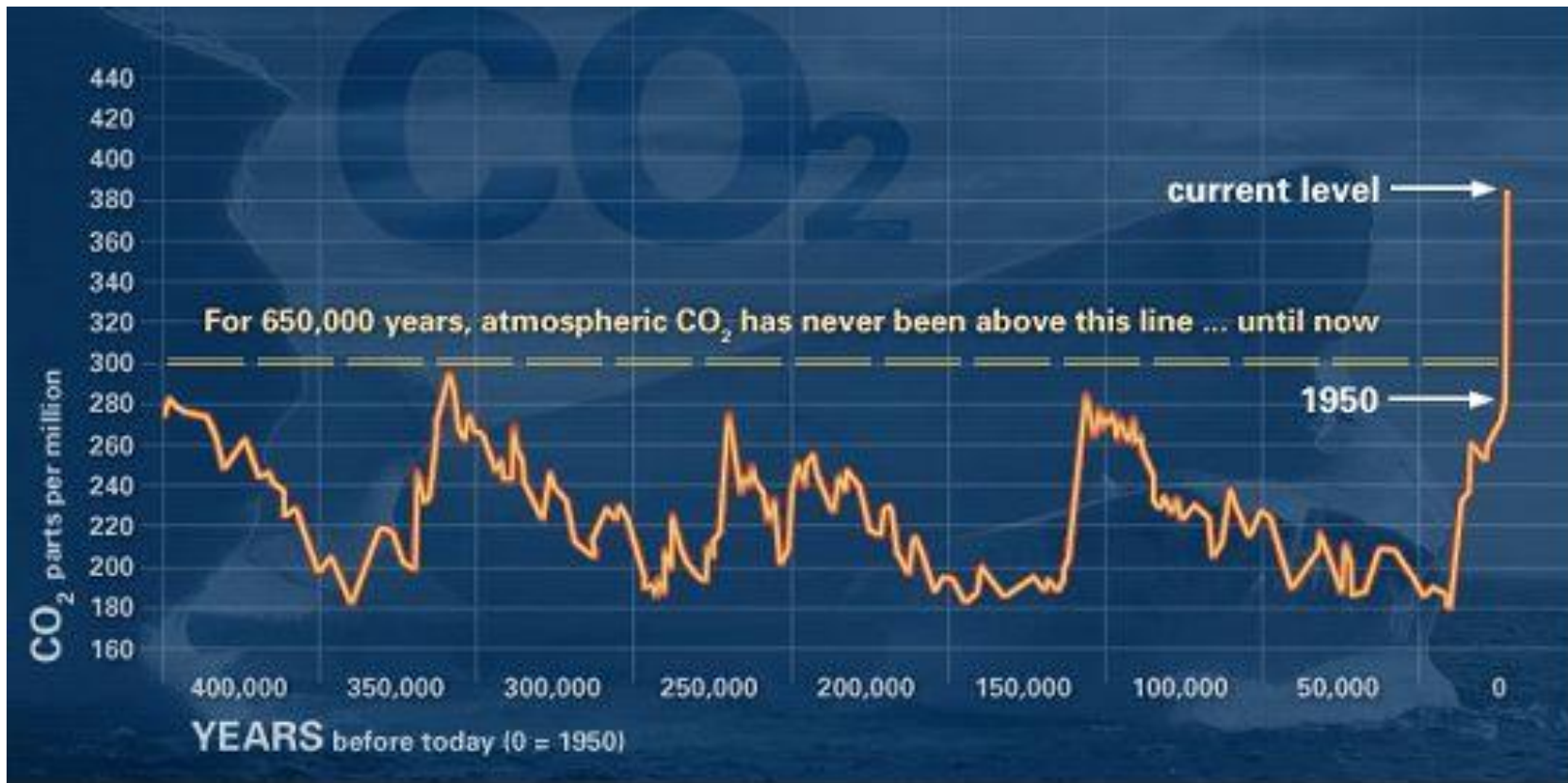
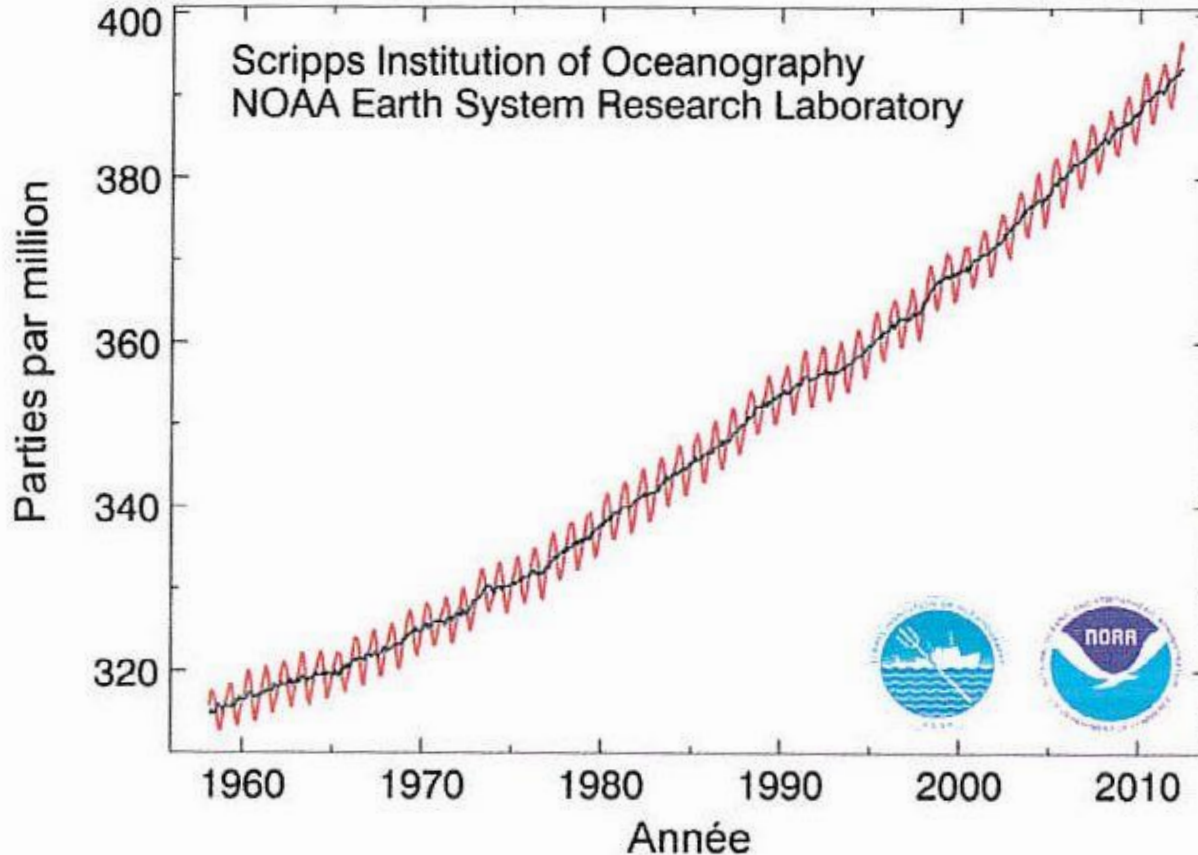


Figure 1 : Evolution de la concentration en CO₂ de l'atmosphère depuis environ 650 000 ans. A partir de 1960 les données sont issues de postes d'observations in situ. Avant 1960 les données sont reconstituées à partir de mesures indirectes comme les bulles d'air piégées dans les calottes glaciaires par exemple.

CO₂ atmosphérique à l'observatoire de Mauna Loa



Noter la variation annuelle liée à la position de l'observatoire dans l'hémisphère Nord (Hawaii): pendant l'été, la photosynthèse de la végétation l'emporte sur la respiration et fait baisser le taux de CO₂ (Poitou et al. 2014)

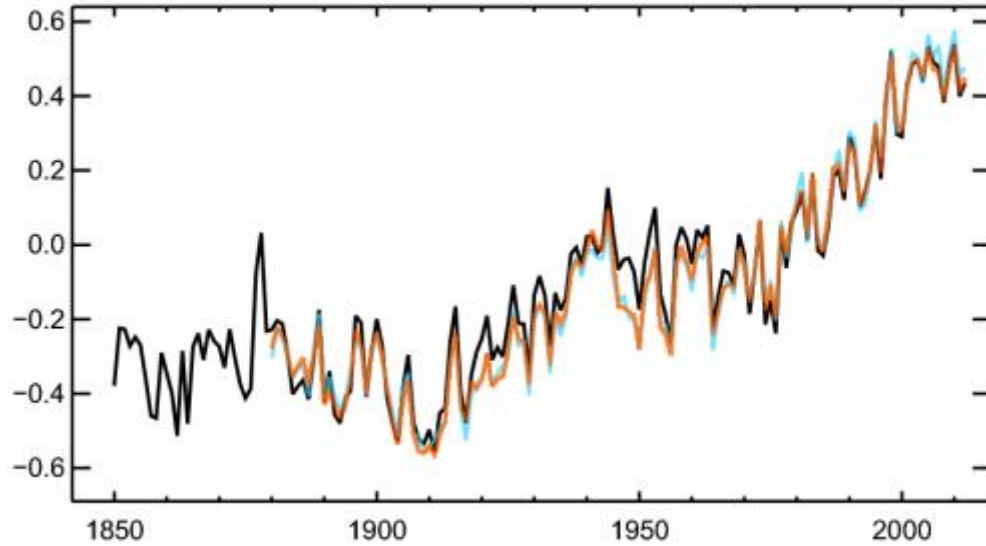
L'augmentation moyenne de la température à la surface de la terre de 1880 à 2012 a été d'environ :

- A. 0,87 °c
- B. 8,7 °c
- C. 0,08 °c

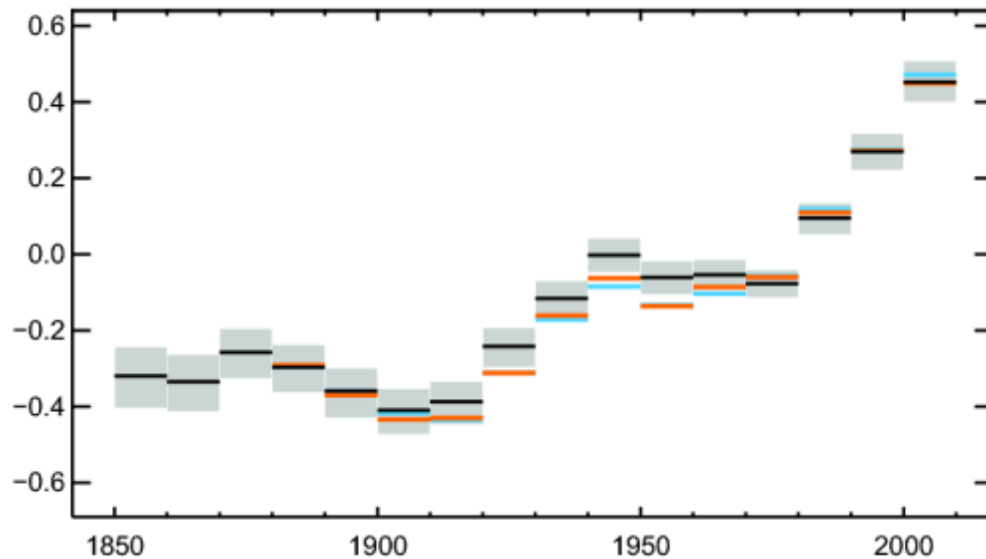
Réponse : A (IPCC 2014)

Augmentation de la température depuis le début de l'ère industrielle: - 0,87°c globalement,
- 1,53°c sur les terres émergées

Evolutions de la température moyenne globale en surface par rapport à 1961-1990 (GIEC, 2013)



Températures moyennes annuelles



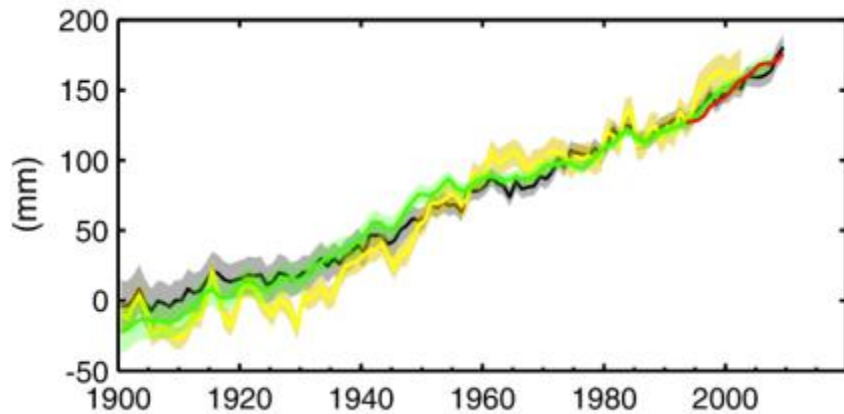
Températures moyennes décennales

L'élévation du niveau de la mer de 1901 à 2010 a été d'environ :

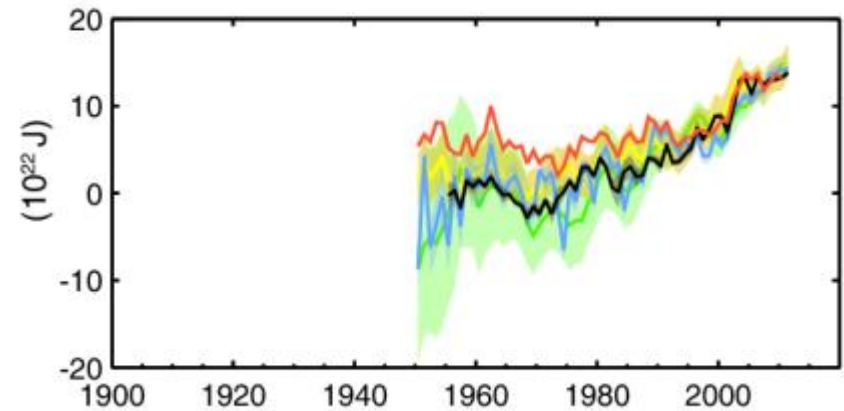
- A. 19 mm
- B. 19 cm
- C. 1,9 mm

Réponse: B (IPCC 2014)

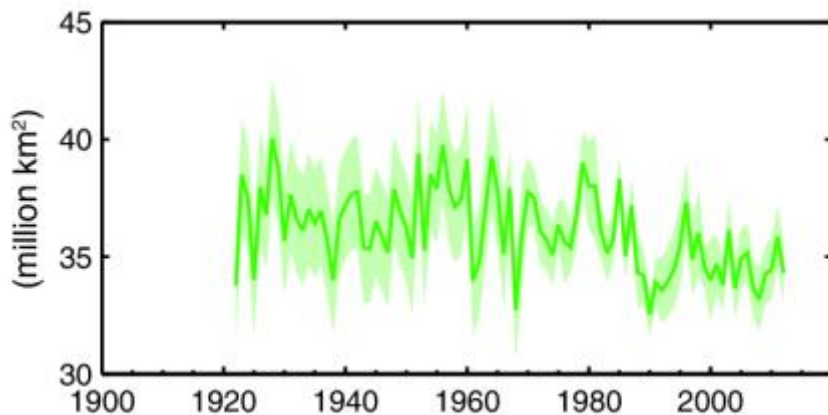
Changements dans l'océan et la cryosphère depuis le début du XX^e siècle (GIEC, 2013)



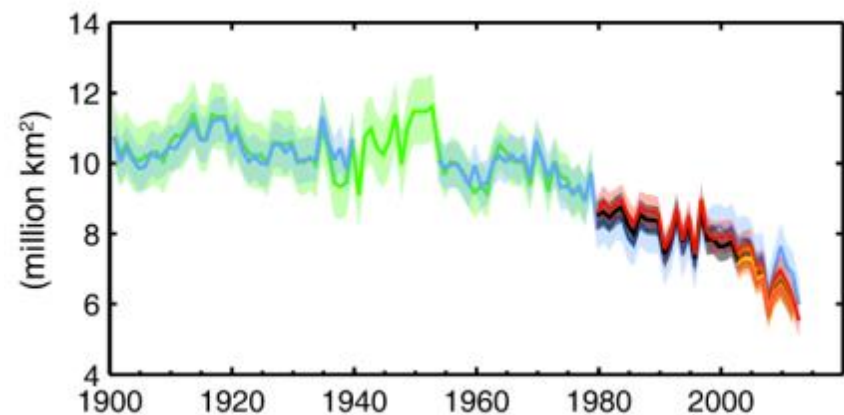
Niveau moyen mondial de la mer relatif à 1900-1905



Contenu calorifique océan superficiel (0-700m)



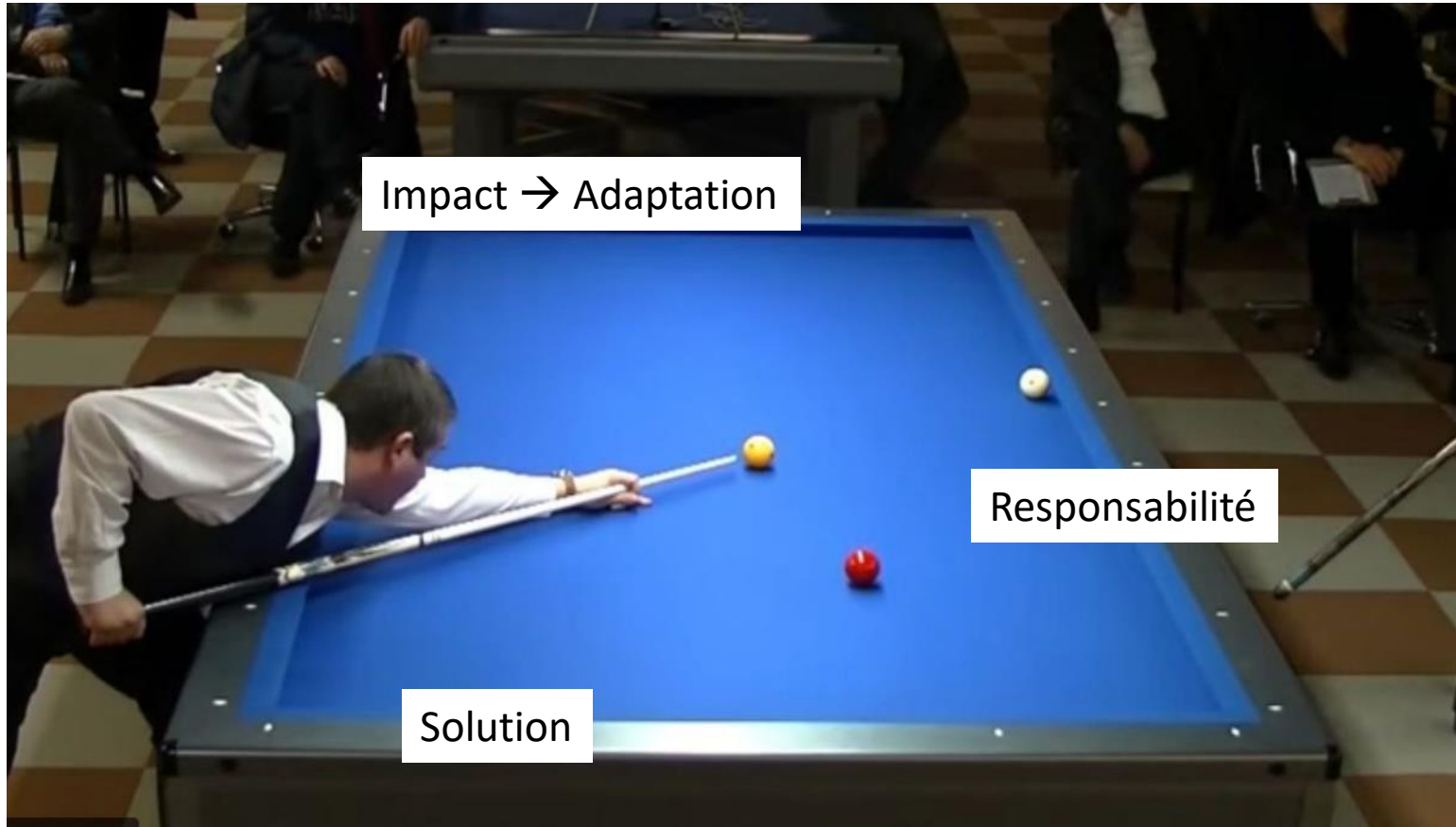
Couverture de neige au printemps (HN)



Extension de la banquise Arctique en été

Agriculture et changement climatique

Une partie de billard à 3 bandes !



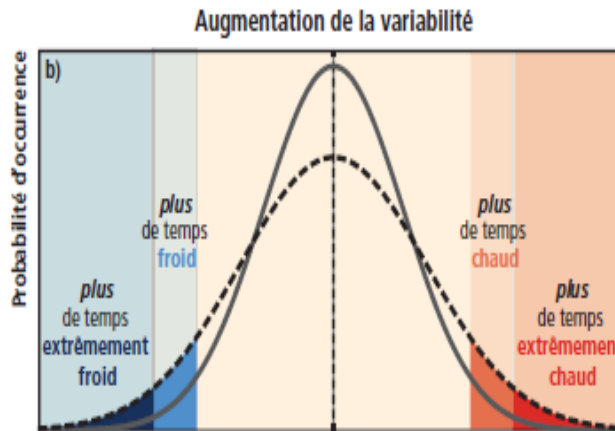
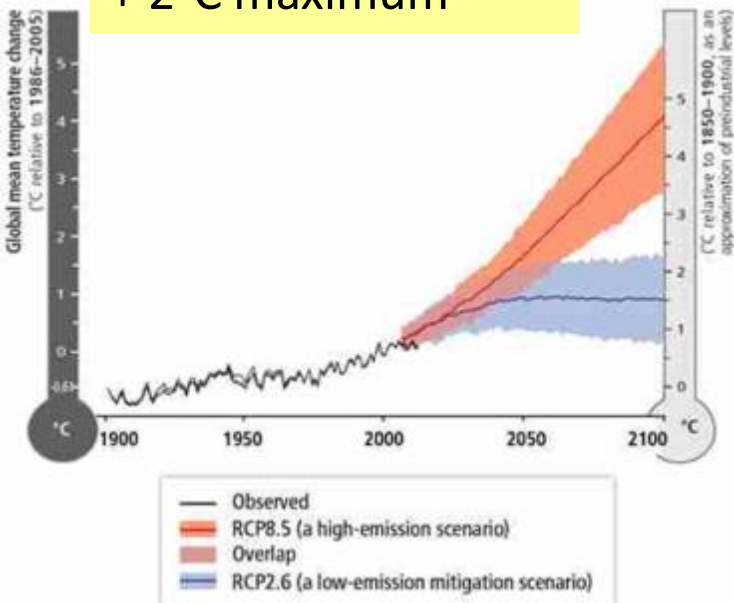
A quels changements faut-il s'attendre ?

1 Changements tendanciels

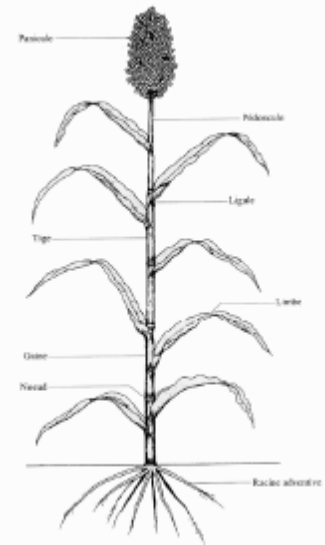
2 Evènements climatiques extrêmes

3 Variabilité saisonnière et interannuelle

Objectif: + 1,5 à + 2°C maximum



Aplatissement de la courbe



Clerget 2004

Ex: Sorgho photopériodique africain:

Synchronisation de la floraison avec la fin de la saison des pluies

Impacts positifs et négatifs...

Climat + chaud

Climat + sec

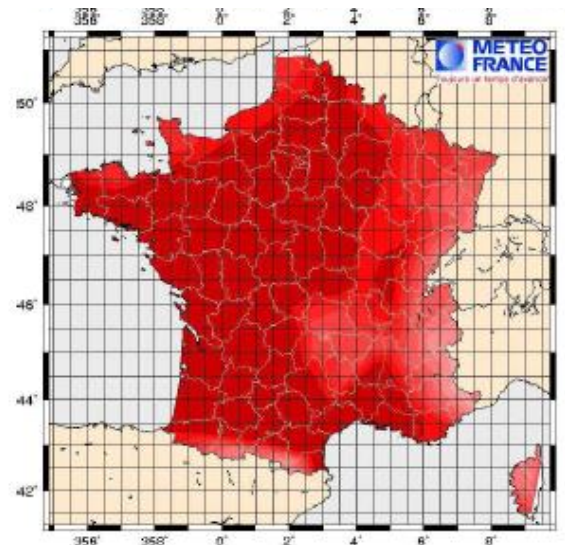
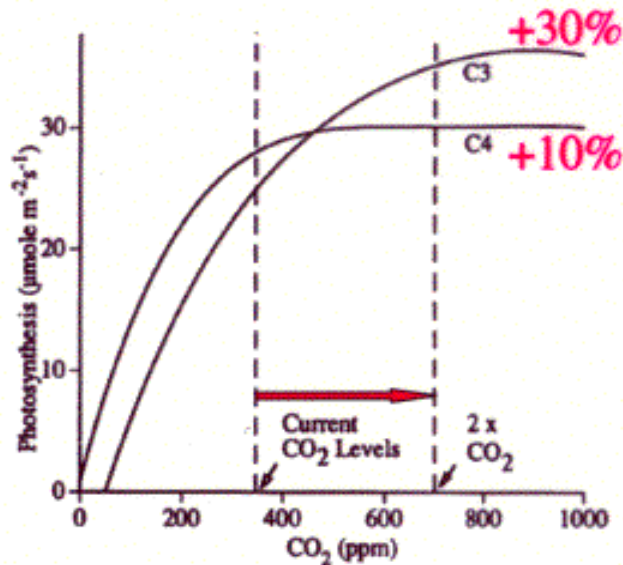
+ de CO₂

Des effets positifs...

- Augmentation photosynthèse
- Croissance + rapide
- Hivers + courts

Des effets négatifs...

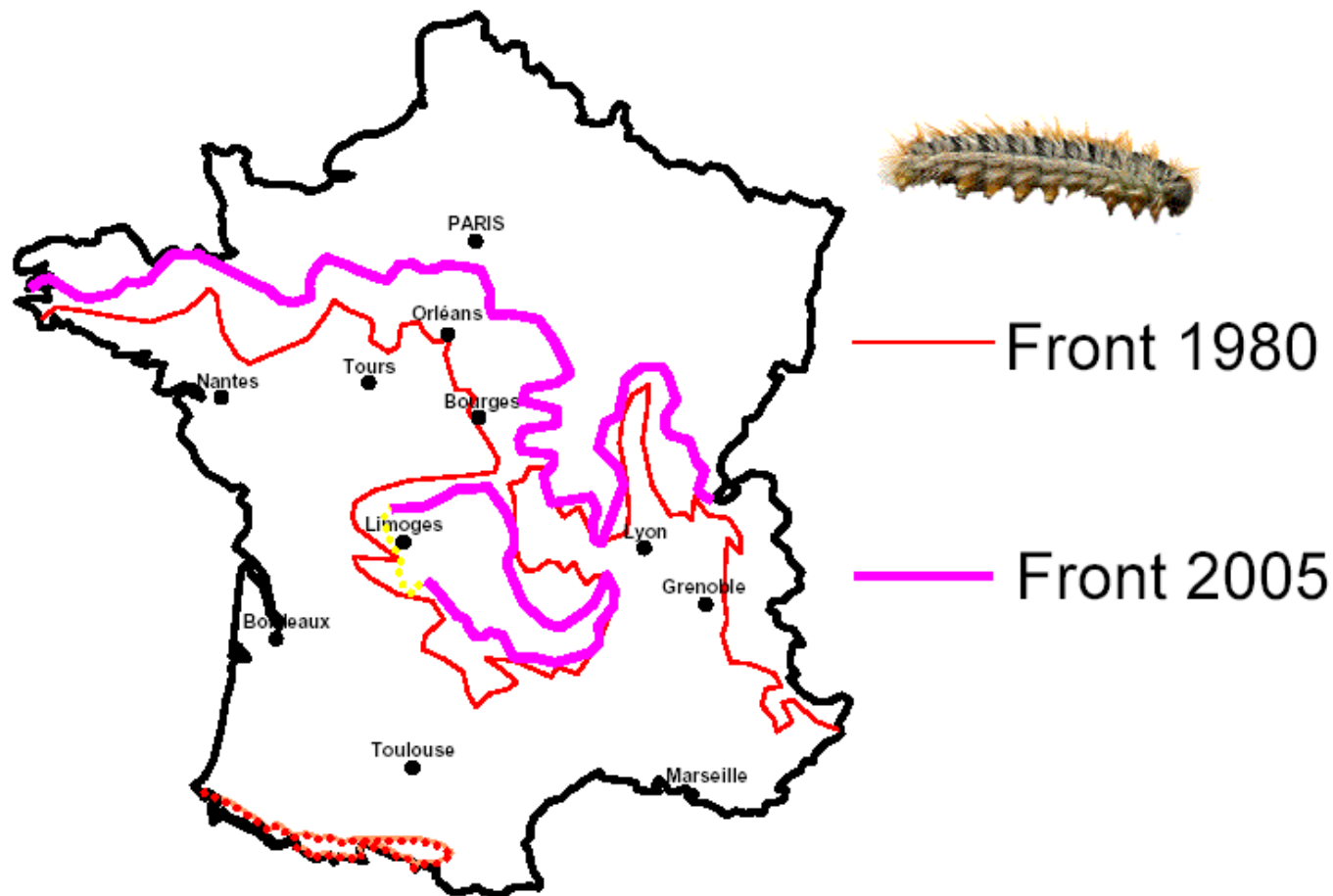
- Trop chaud ! (échaudage)
- Augmentation des besoins en eau



Impact sur les bioagresseurs



Exemple de la progression vers le Nord de la chenille processionnaire du pin



Roques et al., URZF, INRA Orléans
Merci à Th. Caquet

Face à l'impact : l'adaptation

4 stratégies

- **Anticiper** : systèmes d'alerte, études de vulnérabilité
- **Favoriser** les pratiques résilientes: agroécologie, agroforesterie, plantes de couverture, mélanges de cultures, etc.
- **Modifier** les régimes alimentaires: moins de viande, plus de céréales, de noix, de fruits
- **Eviter** : protéger les écosystèmes, diminuer les pertes et le gaspillage

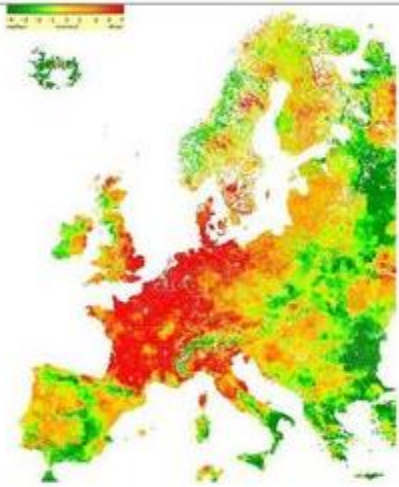
D'après Nathalie de Noblet-Ducoudré, CNRS

L'adaptation réactive : une réalité en agriculture

Exemple : Elevage et sécheresse du printemps 2011 en France
Coût: 241 millions € (CNGRA)

Indice quotidien standardisé d'humidité des sols en Europe

11 mai 2011



Impact pour l'agriculture Française :

Cultures d'été (maïs) : - 30 %

Cultures d'hiver (blé) : - 21 %

Arbres fruitiers : - 25 %

Fourrages : - 30 %

Les éleveurs s'organisent :

- Entame du stock de fourrage
- Achat foin, paille, concentrés
- Utilisation de substitution : Maïs grain en fourrage-ensilage / paille en fourrage
- Création de nouvelles ressources : Intercultures consommables / cultures dérochées / récolte des refus de pâturage / sursemis
- Modification du pâturage: Arrêt / accroissement de surfaces pâturées / distribution de fourrage au pré
- Avancée de ventes d'animaux de réformes



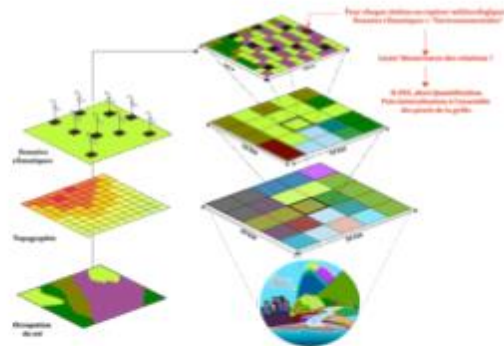
Adaptation dans la viticulture

Réorganiser les systèmes de production dans l'espace

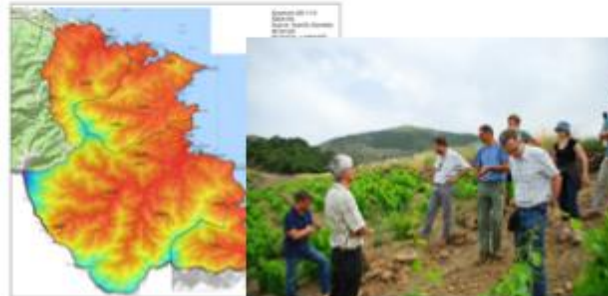
Variabilité locale : Coteaux du Layon 2011, Chenin blanc



Jouer sur l'hétérogénéité
d'un terroir

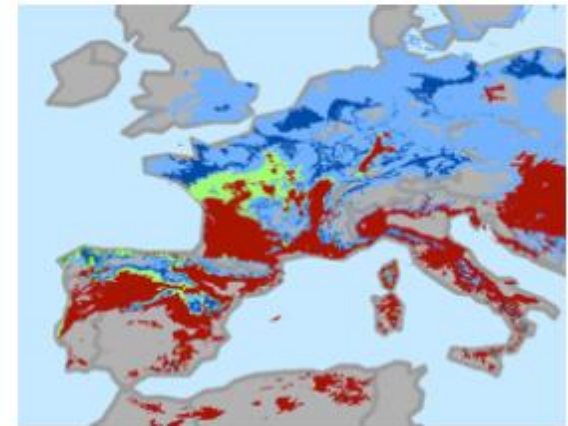


Modéliser, simuler et
accompagner les viticulteurs



LACCAVE

Envisager les déplacements
de zones de production?

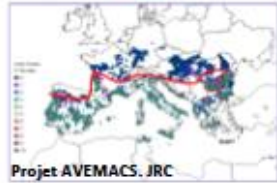


(Garcia de Cortazar-Atauri *et al.*, 2014)
Merci à Th Caquet

Adaptation dans la viticulture

Combiner des innovations de la parcelle à l'entreprise agro-alimentaire

Cabernet Sauvignon



Des variétés plus tardives, résistantes à la sécheresse, produisant moins de sucre, plus d'acidité

Tester de nouveaux modes de conduite



Une irrigation raisonnée selon les besoins de la vigne

LACCAVE

De nouvelles techniques de vinification

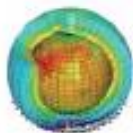


(Garcia de Cortazar-Atauri *et al.*, 2014)
Merci à Th Caquet



AGRICULTURE, FORÊT, CLIMAT

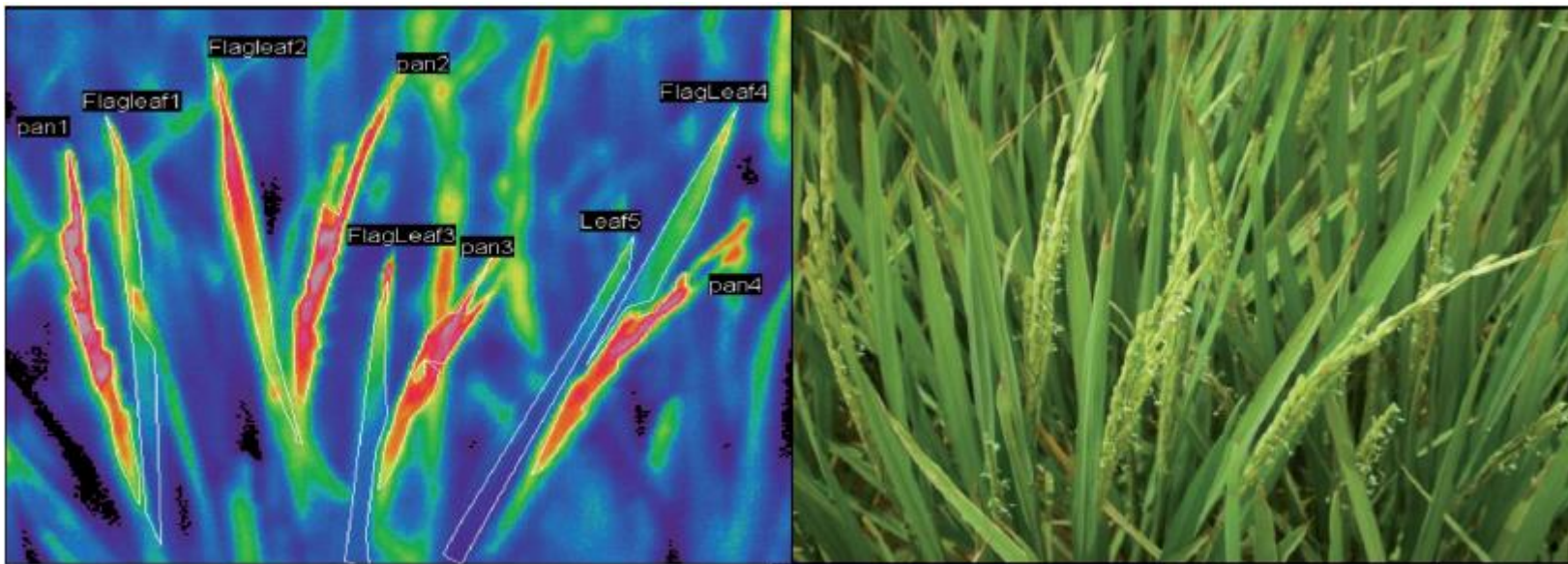
VERS DES STRATÉGIES D'ADAPTATION



- Cultures industrielles dans la Somme
- Polyculture-élevage dans la Meuse
- Bovin lait dans les Côtes d'Armor
- Forêt irrégulière de hêtre en Haute-Saône ..
- Grandes cultures dans le Cher
- Chênaie du bassin de la Loire
- Viticulture dans le Beaujolais
- Forêt de douglas en Limousin
- Bovin allaitant dans la Creuse.....
- Pin maritime dans les Landes
- Maïs irrigué dans les Landes
- Arboriculture fruitière dans le Vaucluse
- Sapinière en moyenne montagne méditerranéenne ..
- Ovin viande dans les Hautes-Pyrénées

CENTRE D'ÉTUDES ET DE PROSPECTIVE
Secrétariat général – Service de la statistique et de la prospective
Ministère de l'Agriculture,
de l'Agroalimentaire et de la Forêt

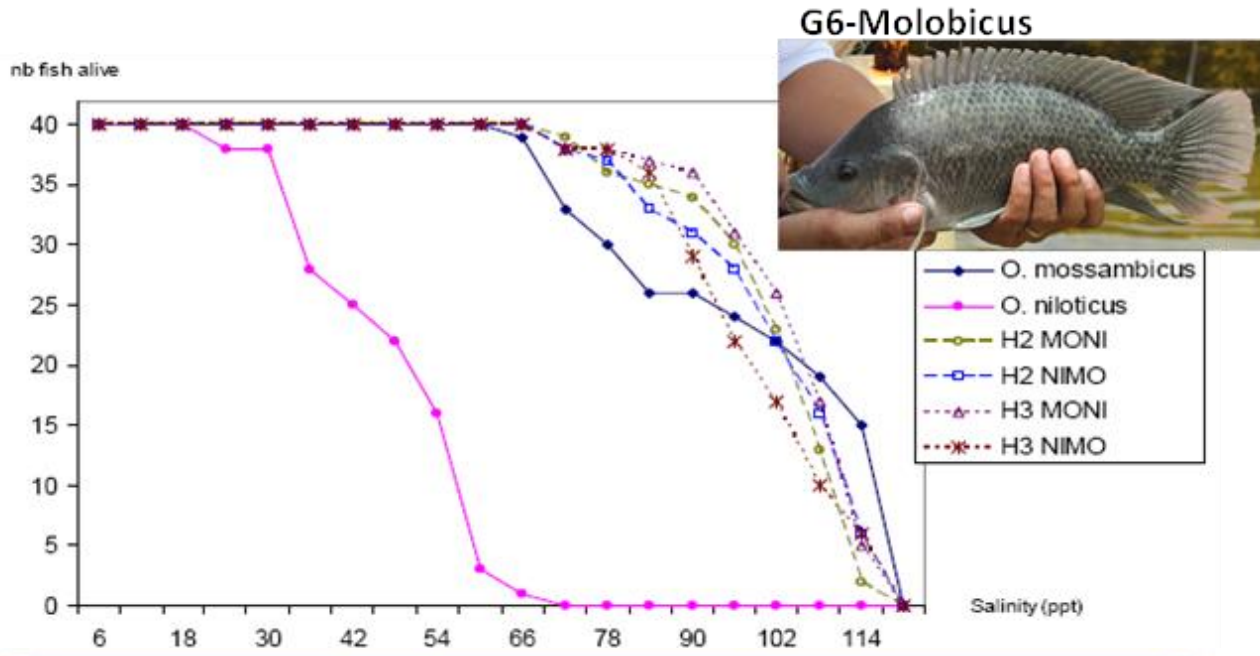
Adaptation du riz à la chaleur



- Echappement (fleurer plus tôt dans la journée)
- Evitement (refroidir en transpirant)
- Tolérance (changer de variété)

Adaptation à la salinité

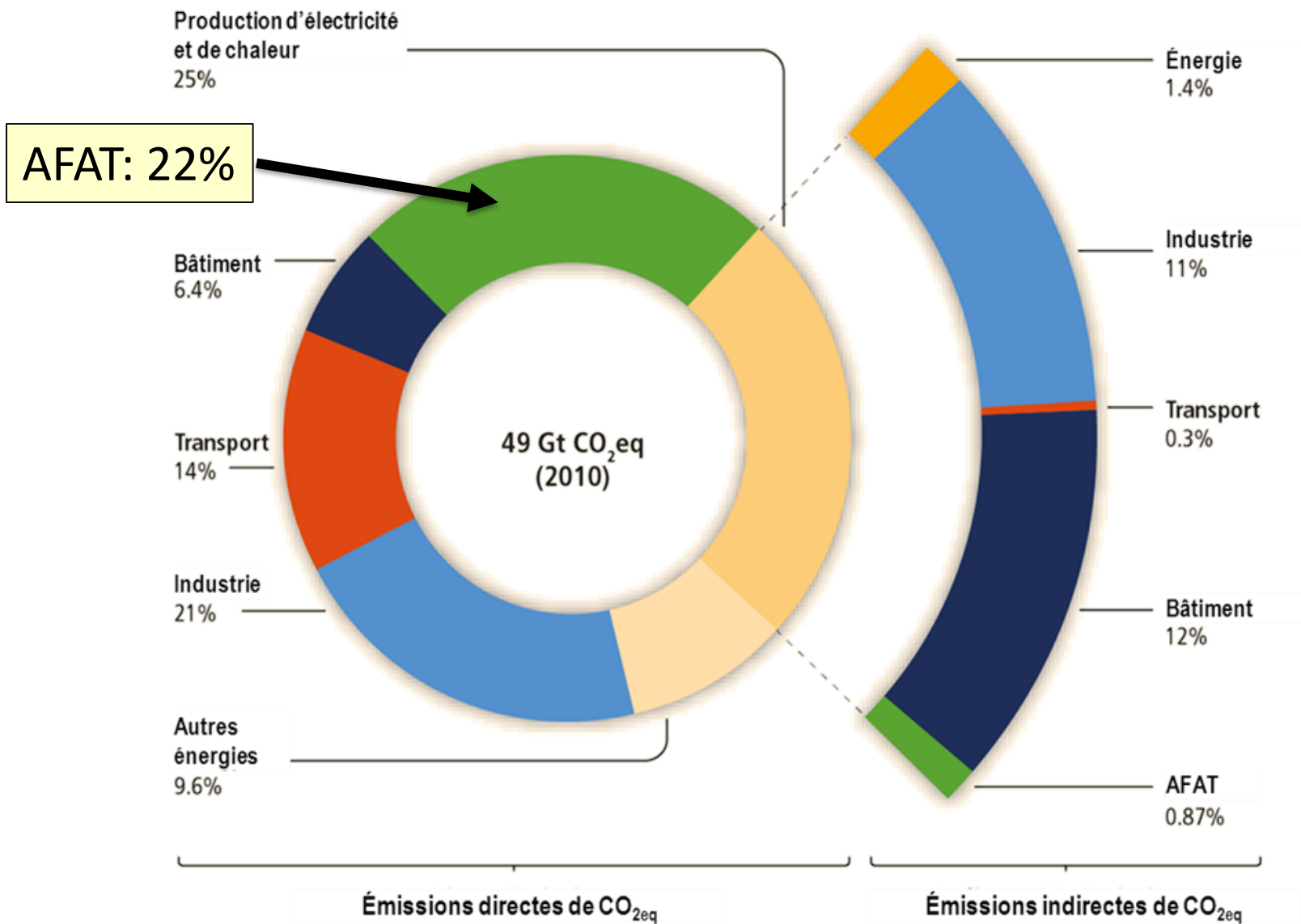
Test résistance à la salinité de tilapias (Baroiller, 2015)



Impact stress salin sur agrumes (Hussain et al., 2012)
Morillon, 2015.

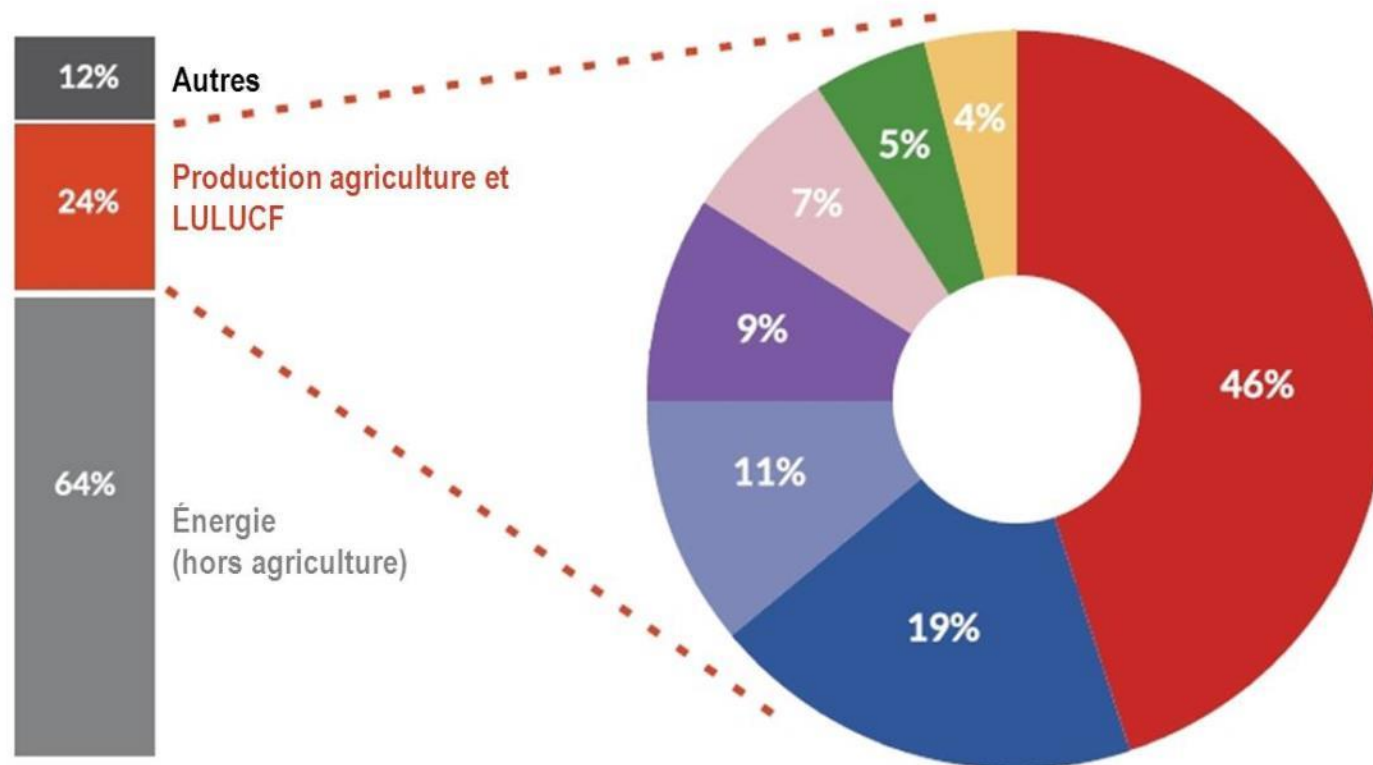
<p>Pas de symptôme</p> <p>Mandarinier Cléopâtre</p>	<p>Réduction du développement végétatif</p> <p>Bigaradier Australian</p>	<p>Chute des feuilles</p> <p>Lime Mexicaine</p>
<p>Chute des feuilles et nouvelles pousses</p> <p>Pomelos</p>	<p>Nécrose et chute des feuilles</p> <p>Kumquat</p>	<p>Feuilles et branches nécrosées</p> <p>Cédrats</p>

Emissions de gaz à effet de serre : la responsabilité de l'agriculture.
AFAT = Agriculture, Foresterie et Autres utilisation des Terres (IPCC, 2014)



Emissions du secteur AFAT : Agriculture, Foresterie et Autres utilisations des Terres.
(LUCLUF = Land use, Land use change and Forestry)

ÉMISSIONS DE GES
GLOBALES
100% = 49.1 GT CO₂e



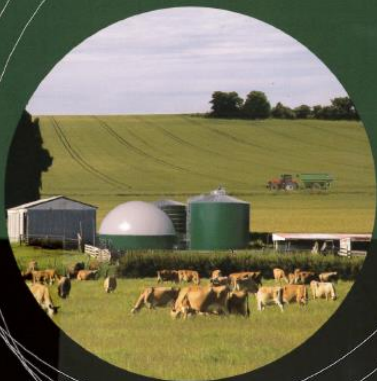
Élevage et déchets organiques animaux sont responsables de 7.2% des émissions de GES globales



Agriculture et gaz à effet de serre

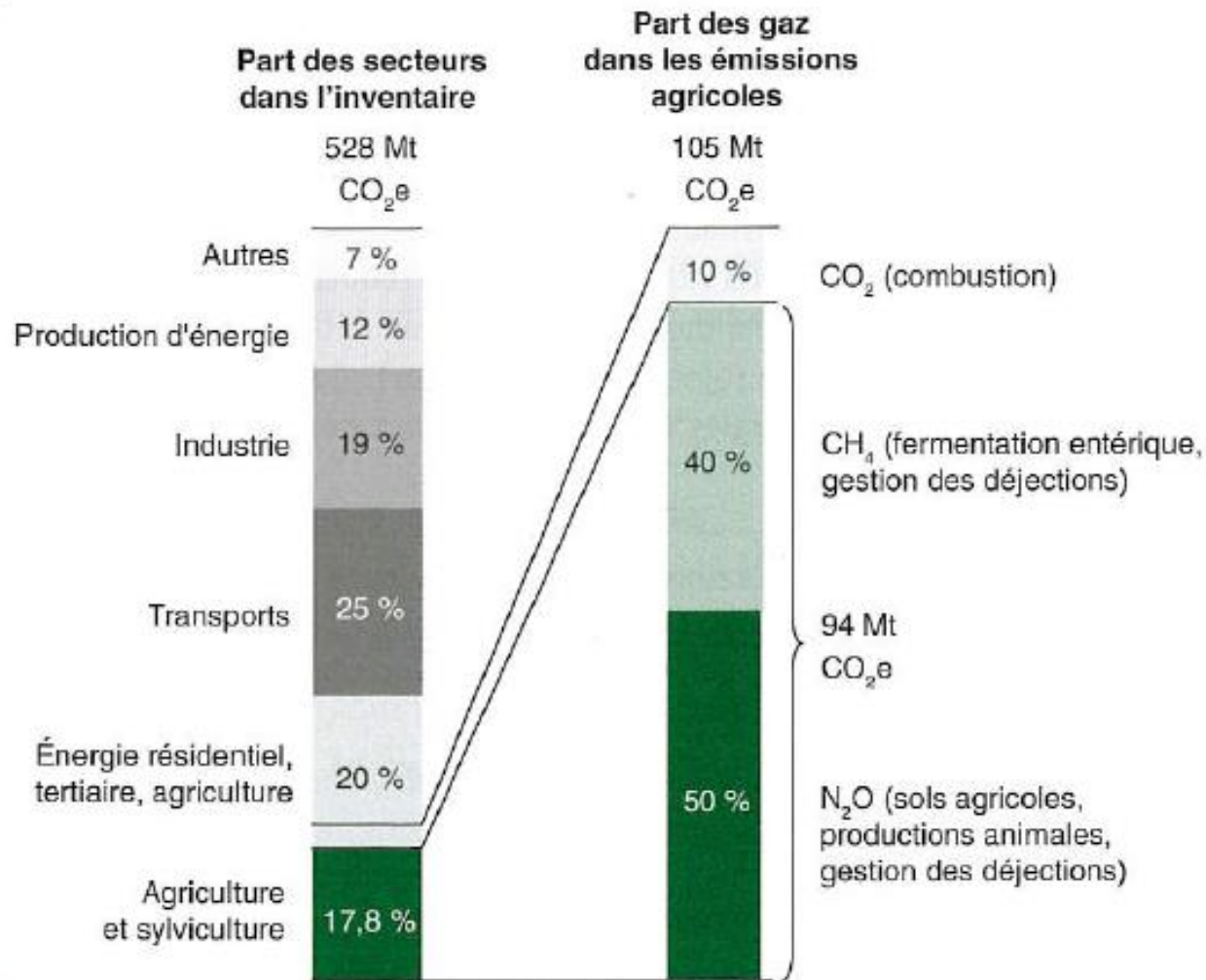
Dix actions pour réduire les émissions

Sylvain Pellerin, Laure Bamière et Lénéaïc Pardon, coord.



éditions
Quæ

Emissions de gaz à effet de serre en 2010, France



Leviers d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre en agriculture en France

- Diminuer les apports de fertilisants minéraux azotés
- Stocker du carbone dans le sol et la biomasse
- Modifier la ration des animaux
- Valoriser les effluents pour produire de l'énergie et réduire la consommation des énergies fossiles

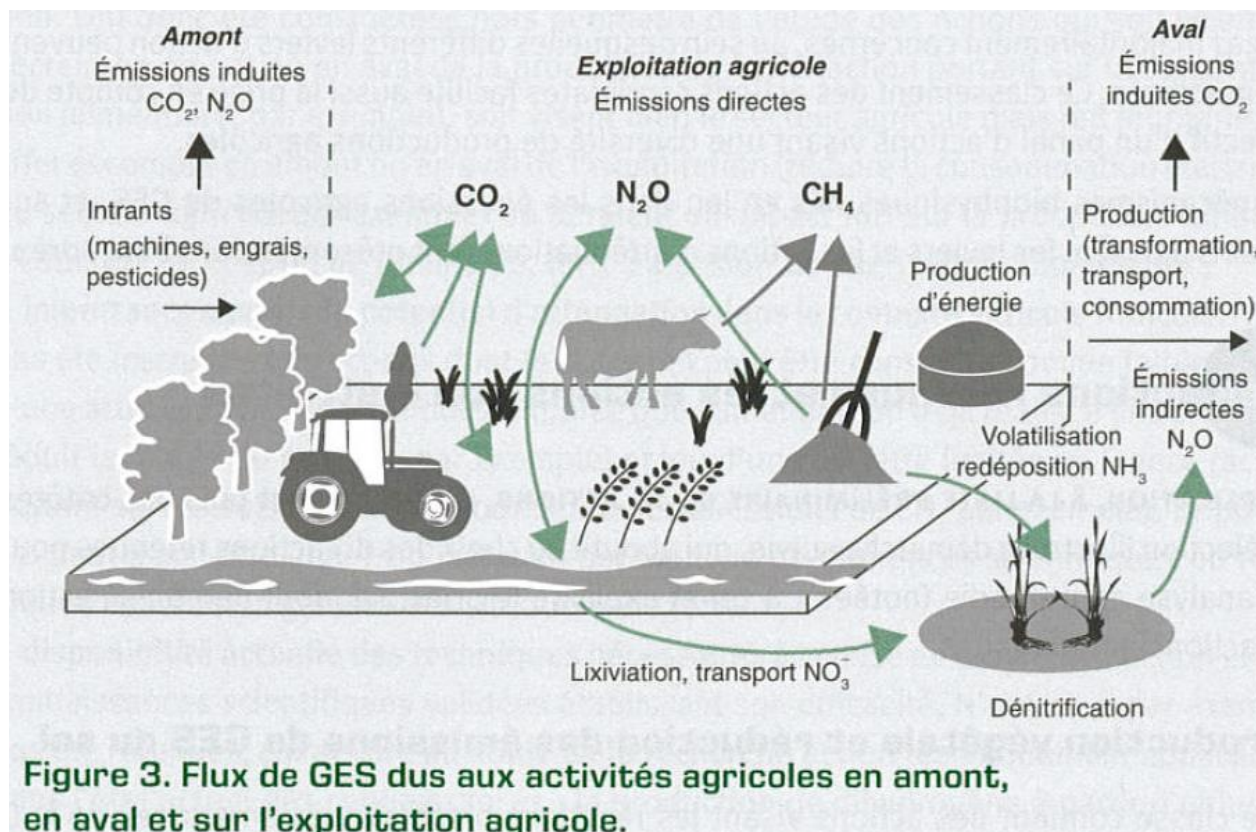
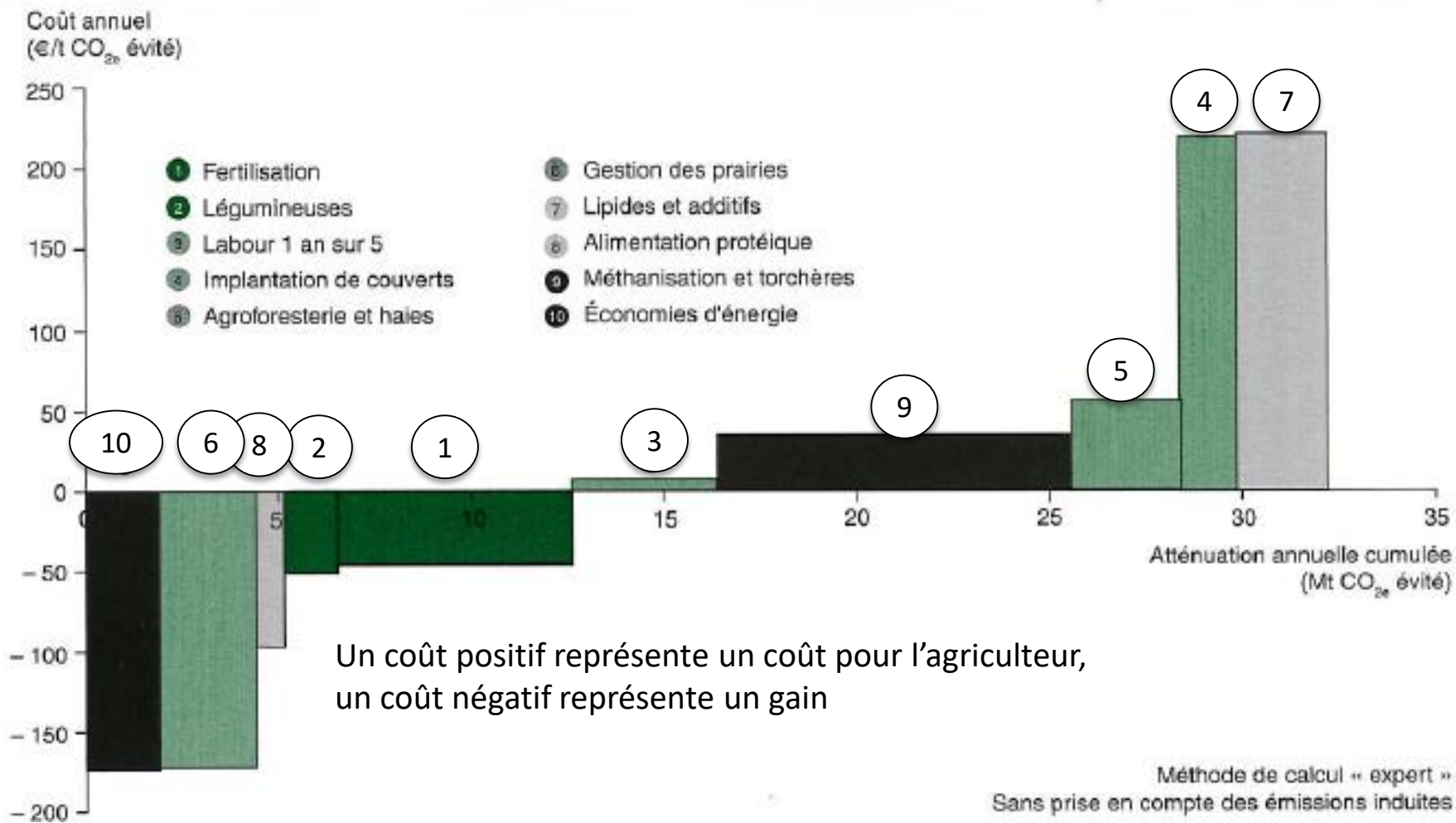


Figure 3. Flux de GES dus aux activités agricoles en amont, en aval et sur l'exploitation agricole.

Coût (€ / t) et potentiel d'atténuation annuel en 2030 de 10 actions de réduction des gaz à effet de serre (France métropolitaine)



Répondre aux enjeux du changement climatique

S'adapter tout en atténuant !


■ Adaptation

- Démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences
- Amélioration de la résilience

■ Atténuation


- Diminuer les émissions de gaz à effet de serre
 - = « réduire les sources »
- Augmenter la capture de gaz à effet de serre
 - = « augmenter les puits de carbone »

Le carbone du sol : une solution agricole et forestière au problème du changement climatique



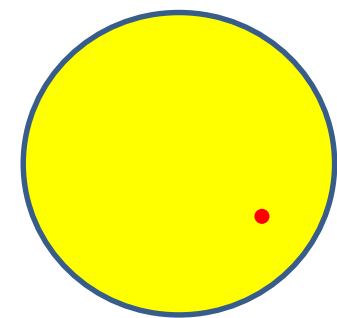
8,9 gigatonnes de C

Emissions mondiales annuelles de CO2 (énergie fossile)



**2400
Giga
tonnes
de C**

Stock mondial de carbone organique dans le sol (0 à 2m)



$$8.9 / 2400 = 4\text{‰}$$

Augmentation nécessaire du stock de carbone pour compenser les émissions de CO2

REJOIGNEZ L'INITIATIVE

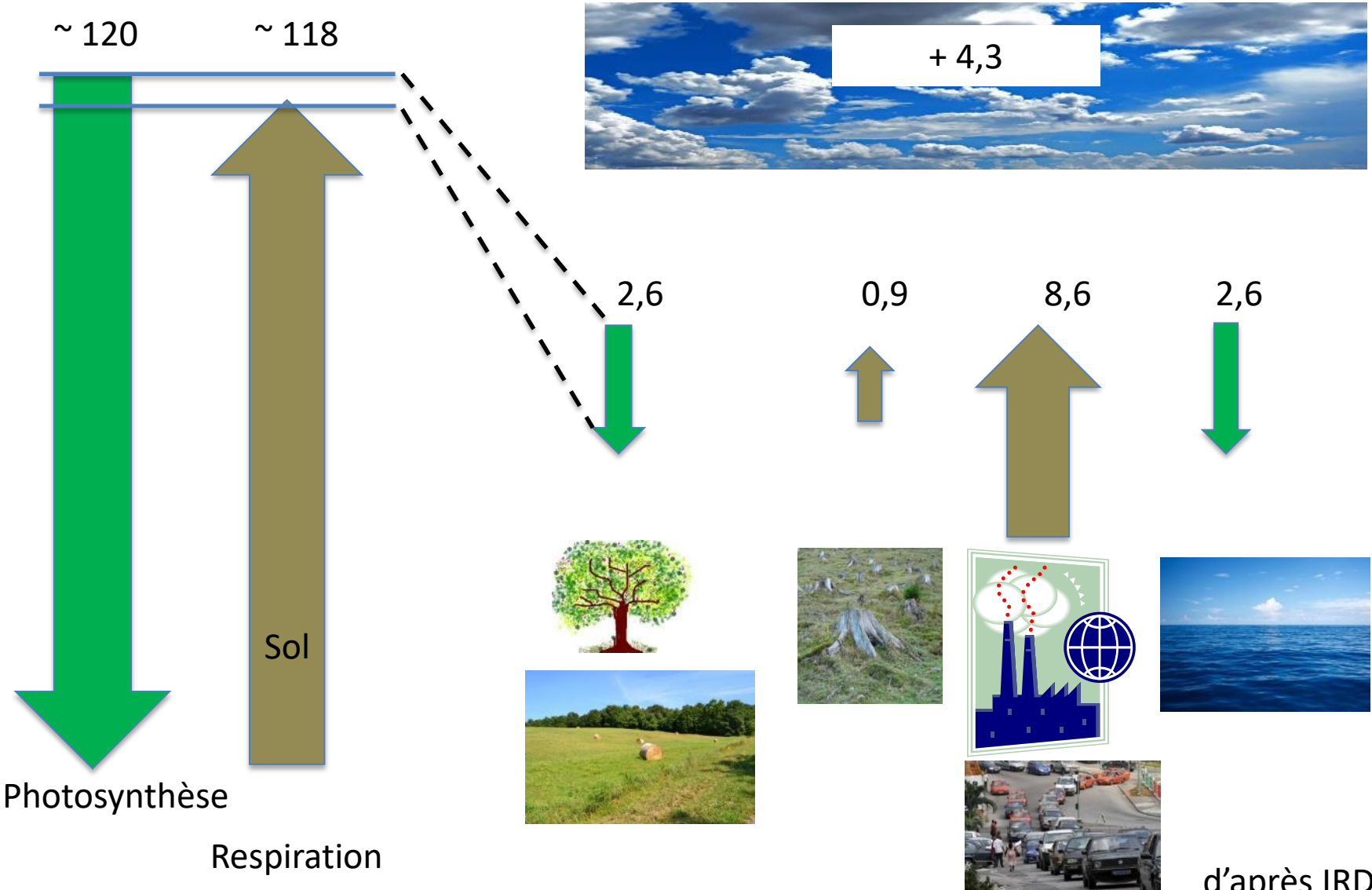
4 POUR 1 000

Les sols pour la sécurité alimentaire et le climat



Echanges de Carbone entre les écosystèmes et l'atmosphère

En milliards de tonnes de Carbone par an. Valeurs moyennes pour 2003-2012



d'après IRD, 2015

Potentiel du sol pour compenser les émissions de gaz à effet de serre



+ 3,4

2,6



$3,4 / 860 = 4\text{‰}$

L'Initiative 4‰

Augmentation de la teneur en carbone du sol de 0,4 % par an



Atmosphère
830

Végétation
450-650

**Sol 0-30 cm
860**

Sol 0-1m
1500-2400



En milliards de tonnes de Carbone (par an)

Pratiques agroécologiques pour la séquestration du carbone du sol



Zéro labour

Gestion intégrée de la
fertilité du sol



Gestion des
pâturages et des
terres de
parcours



Gestion de
l'eau



Engrais organiques



Cultures
associées

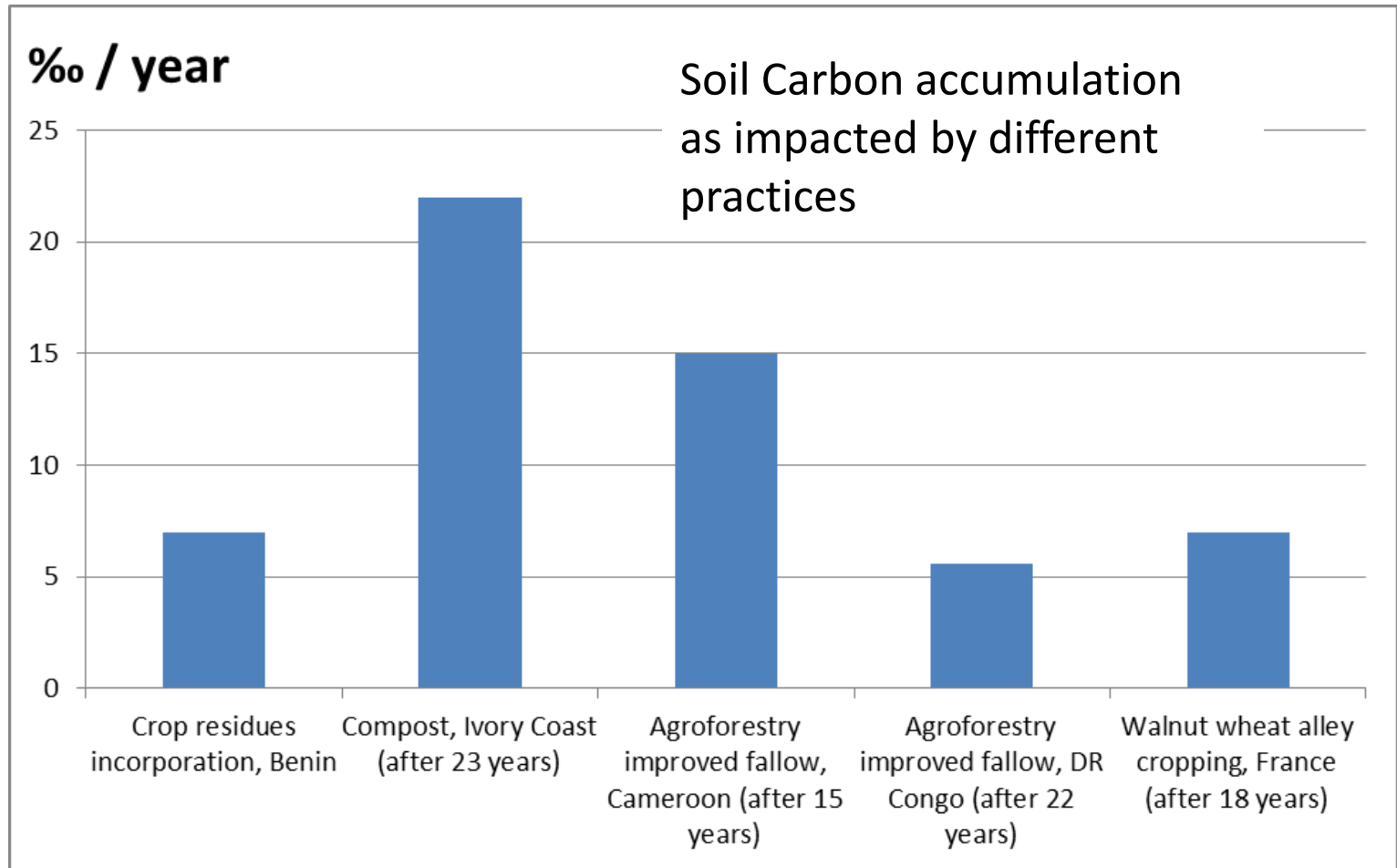


Agroforesterie

Soil carbon as a powerful agroecological CSA wedge



Kenne et al. 2016;
D'Andouss Kissi et al. 2013;
Bisiaux et al. 2009; Gond et al. 2016;
Cardinael et al. 2015a, b; 2017



Agriculture de Conservation

- Trois principes techniques de base:
 - Couverture permanente du sol
 - Perturbation minimale du sol (zéro labour)
 - Rotations de cultures



- Triplé gagnant:
 - Rendements maintenus pour sécurité alimentaire
 - Meilleure gestion du sol (adaptation)
 - Augmentation du carbone du sol (atténuation)

Champ agroforestier en Afrique de l'Ouest: maïs et Faidherbia
« Evergreen agriculture »



Photo: Dominique Loupe - CIRAD

Agroforesterie: noyers et grandes cultures



Agroforesterie: pré-verger en Normandie



S'adapter ✓

Atténuer

en diminuant les émissions ✓

en stockant du carbone ✓

mais aussi :

Repenser le système alimentaire dans son ensemble:

▶▶▶ modifier les régimes alimentaires

▶▶▶ réduire les pertes après-récolte

▶▶▶ réduire les déchets

Pour ses civils
enfants, 0,75
la moitié du
arrivé au millet,
et rapportant la ferme
de 2000 et
à la campagne
tout le monde



TCHAD 230 000 réfugiés de guerre soudanais vivent dans les camps de l'Onu. Chacun a droit à 2100 Cal par jour: céréales, sucre, sel, huile, légumes secs et farine vitaminée.

Source: © 2005 PETER MENZEL PHOTOGRAPHY

Merci à Pete Smith



ALLEMAGNE 1500 sortes de saucisses, 1200 restaurants McDonald's, 750 millions de kebabs avalés chaque année... Plus de la moitié des Allemands sont en surpoids ou obèses.

Source: © 2005 PETER MENZEL PHOTOGRAPHY

Merci à Pete Smith

Merci de votre attention