

# Changement Climatique, conséquences pour la production fourragère

**Jean-Christophe Moreau**, Service Fourrages et Conduite des  
Troupeaux Allaitants Institut de l'Élevage

Avec la contribution des équipes Réseaux d'Élevage pour le  
Conseil et la Prospective pour la partie prospective système

Et grâce à tous les autres partenaires du programme ACTA  
Changements Climatiques : F. Ruget, F. Souverain et E. Cloppet,  
J. Lorgeou, P. Gate et B. Lacroix, S. Poisson et M. Ferrand, F  
Launay et les stagiaires A Abdessamed, F Lannuzel et T  
Levet....



## Plan

**Le changement climatique et les GES: notions préalables**

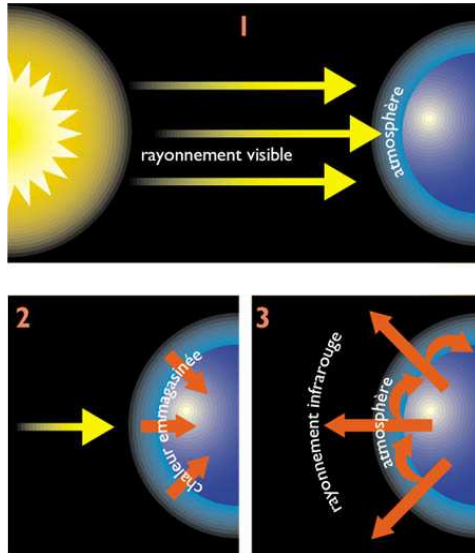
**Réalité et perspectives du changement climatique en France et en Bretagne**

**Éléments de méthodologie propres à l'étude ACTA CC**

**Incidence à l'échelle de diverses cultures fourragères**

**Incidence à l'échelle du système**

## Rappel : Le principe de l'effet de serre



Le phénomène d'effet de serre est lié à la présence dans l'atmosphère de certains gaz qui piègent les rayonnements émis par la Terre (infrarouge).

Une partie de ces rayonnements est réémise en direction du sol, contribuant ainsi au réchauffement des basses couches de l'atmosphère.

3. J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

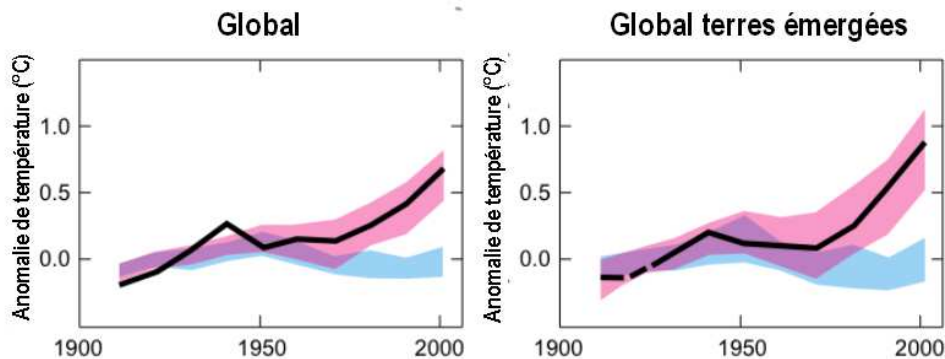
## Maintenant les modèles climatiques intégrant les effets anthropiques sont de + en + au point et rendent compte correctement des élévations de température constatées

Source: quatrième rapport GIEC  
Février 2007

En noir : température moyenne décennale relativement à la moyenne 1901-1950

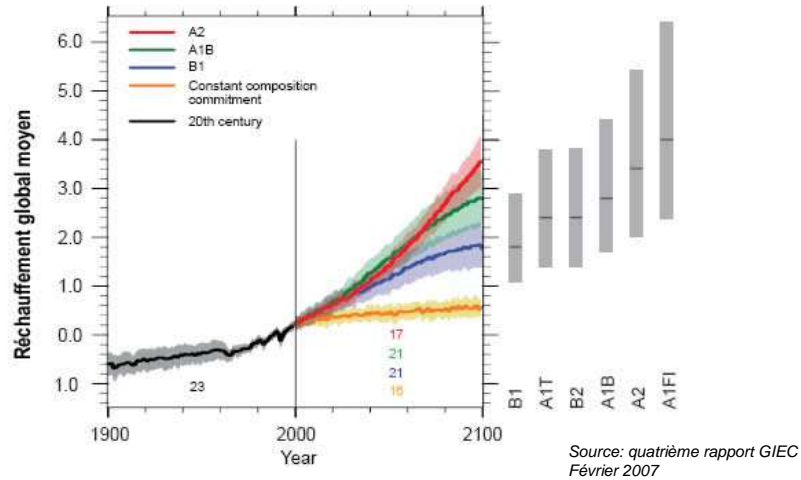
En bleu : intervalle de confiance sur simulations de plusieurs modèles intégrant seulement forçages naturels liés à activité solaire, volcans et autres paramètres astro-physiques

En rose: idem avec modèles intégrant aussi le forçage anthropique (GES et aérosols)

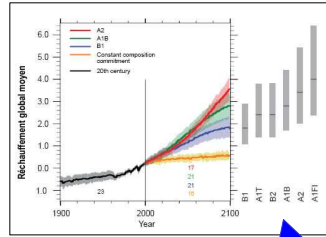
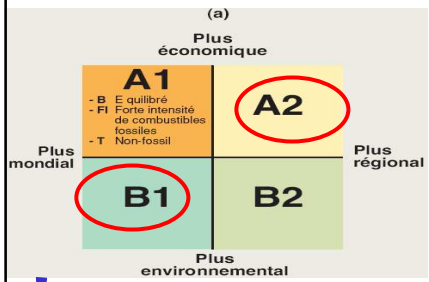


4. J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

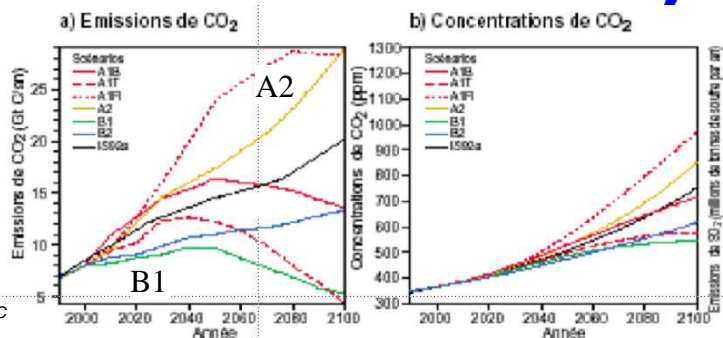
**On peut faire tourner ces modèles sur le futur et ainsi avoir aussi une idée de ce qui nous attend**



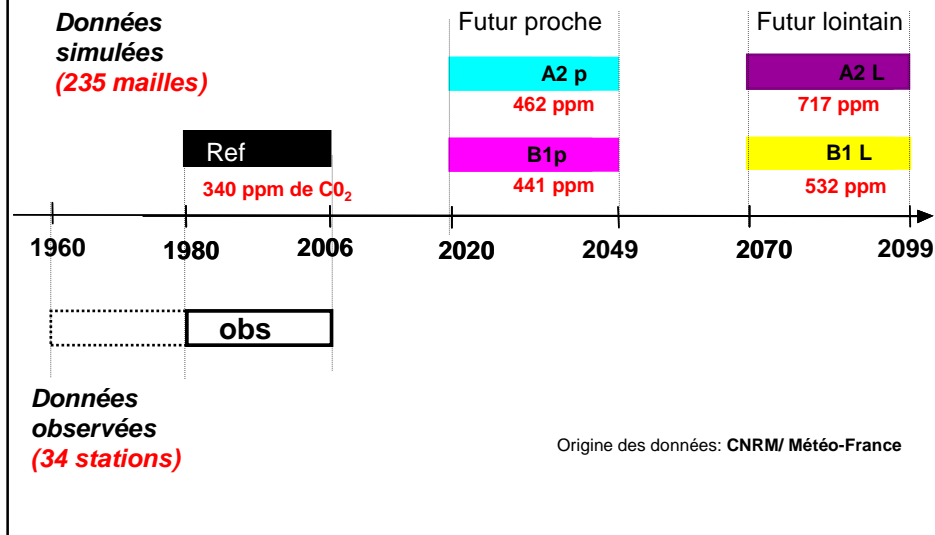
**Les modèles s'appuient alors sur des scénarios d'évolution des activités économiques**



Générateur de Climat

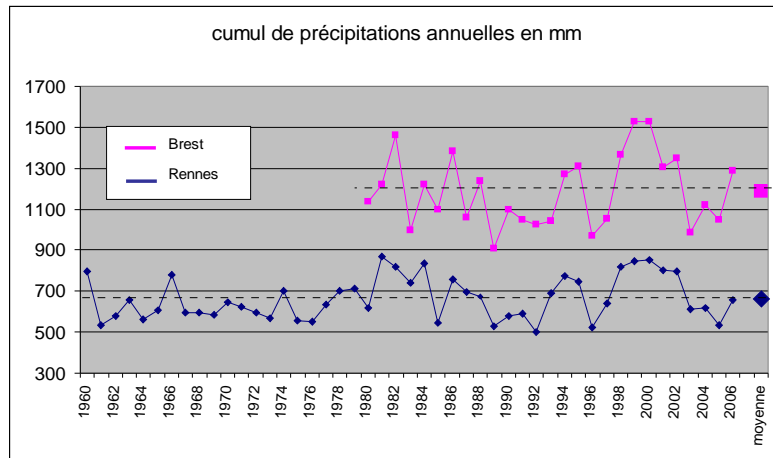


## Présentation des séries climatiques simulées



## Réalité et perspectives du changement climatique, en France et en Bretagne

## Evolution précipitations en Bretagne

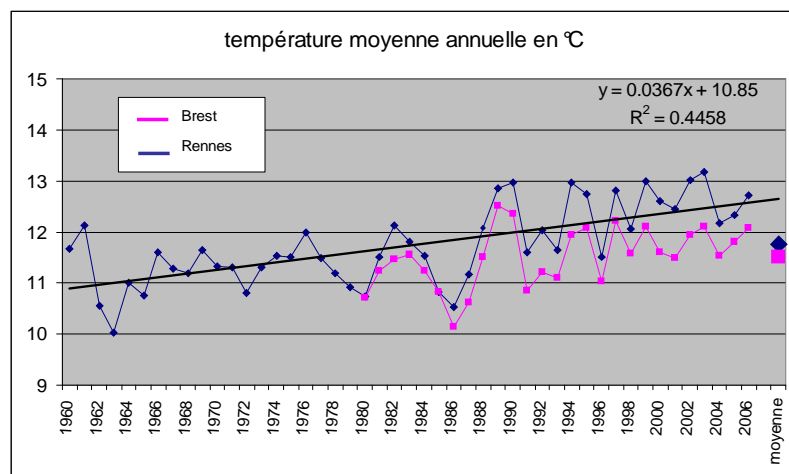


données Météo-France  
Traitement IE

il n'y a pas vraiment de tendance, mais peut-être plus de variabilité qu'avant 1980 (sur Rennes)

9 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## Températures en Bretagne

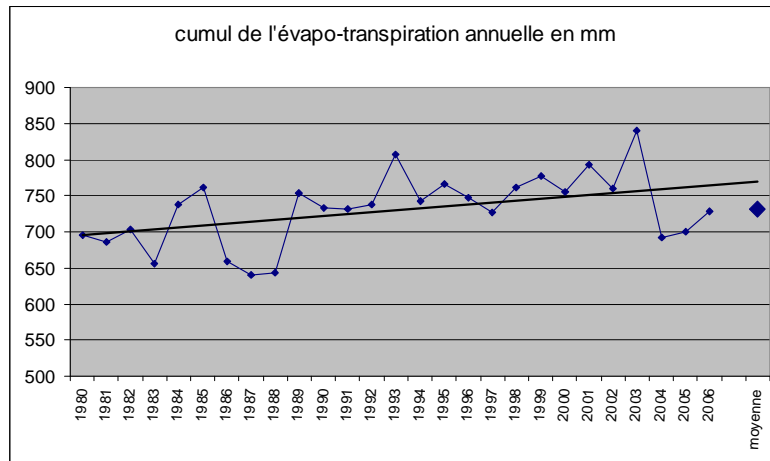


données Météo-France  
Traitement IE

la tendance est plus nette que pour les précipitations: déjà + 1,5°C en 47 ans à Rennes

10 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## L'ETP, une meilleure mesure de la réalité du CC ? ETP à Caen

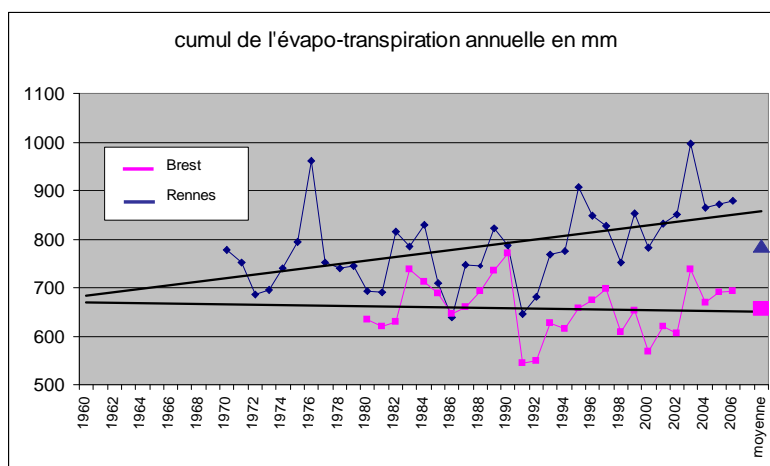


Les précipitations sont « stables », mais l'ETP aurait plutôt tendance à augmenter (modérément par rapport à d'autres stations de France)

données Météo-France  
Traitement IE

11 J.-C. MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## L'ETP en Bretagne

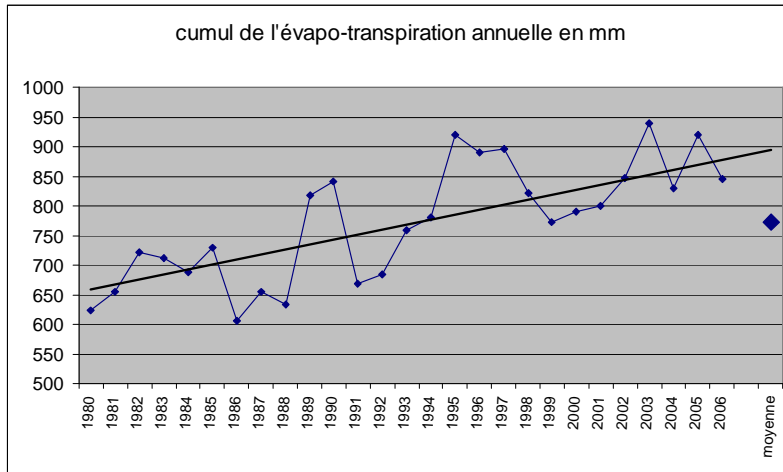


données Météo-France  
Traitement IE

Si les précipitations n'ont pas évolué, l'ETP à Rennes a fortement augmenté ces dernières années (+ 120 mm). Ce n'est pas la même évolution à Brest.

12 J.-C. MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## ETP à la Roche sur Yon

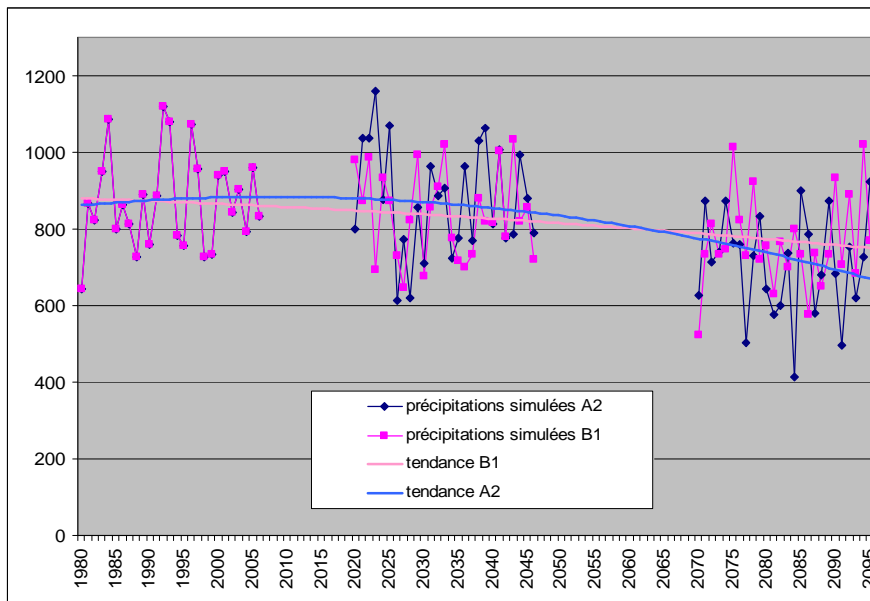


données Meteo-France  
Traitement IE

Les précipitations sont « stables », mais l'ETP est nettement à la hausse (+ 200 mm)

13 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

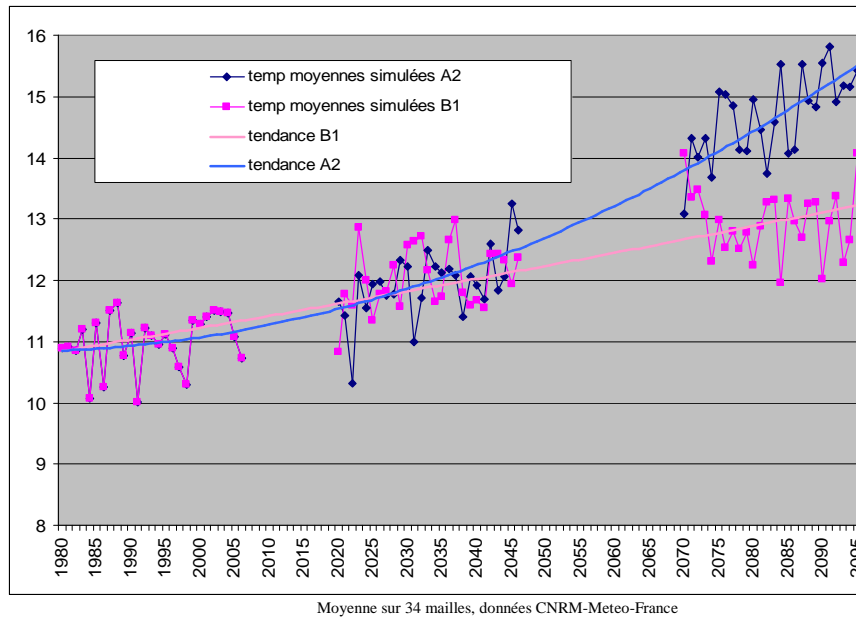
## Précipitations moyennes annuelles dans A2 et B1



Moyenne sur 34 mailles, données CNRM-Meteo-France

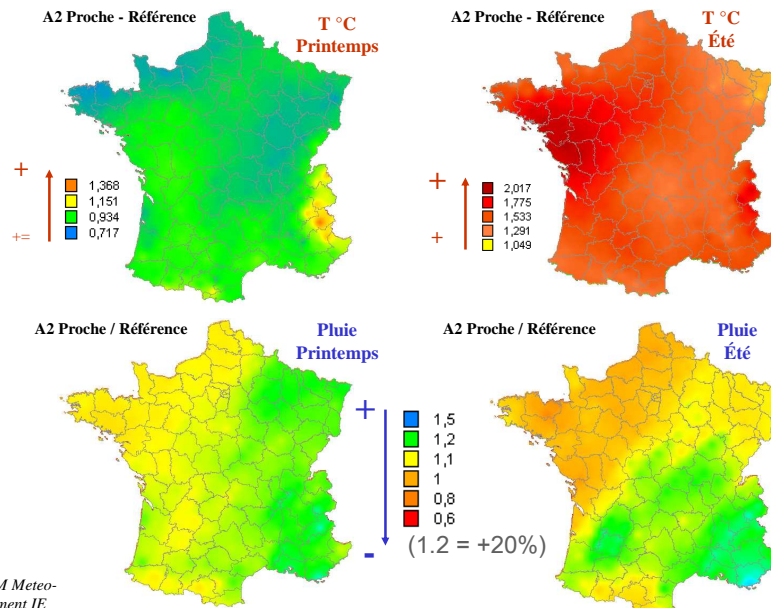
14 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## Températures moyennes annuelles dans A2 et B1

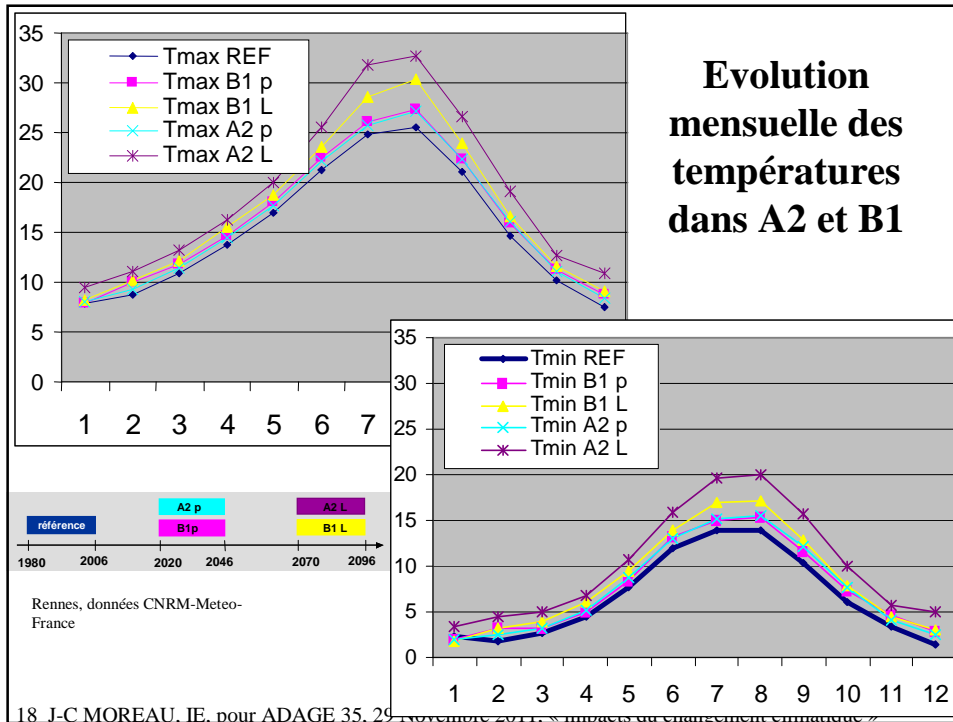
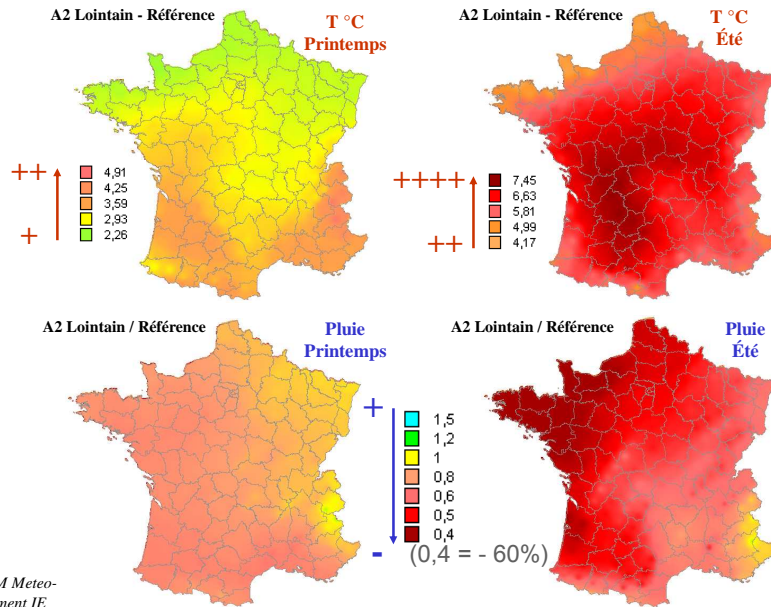


15 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011. « impacts du changement climatique »

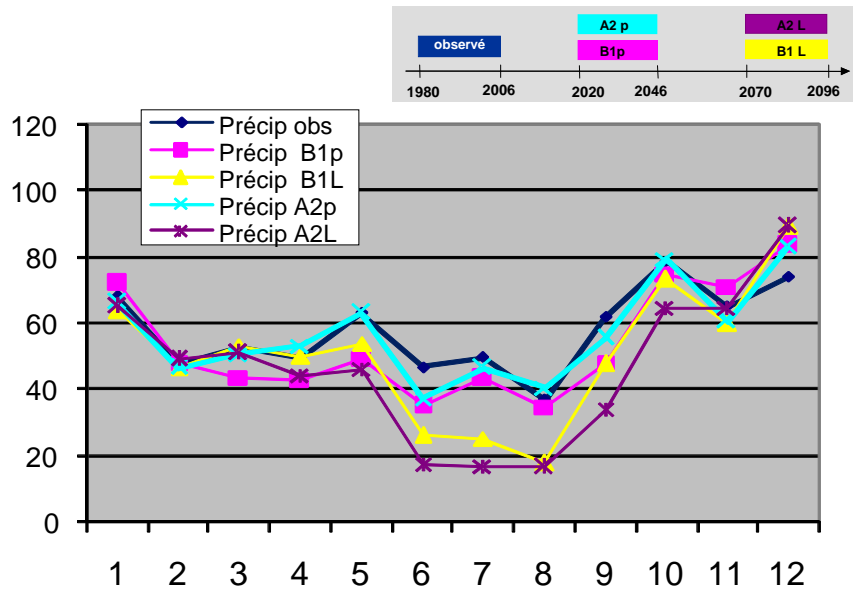
## Scénario A2 , futur proche (2020-2049) Evolution des températures et des précipitations



## Scénario A2 , futur lointain (2070-2099) Evolution des températures et des précipitations

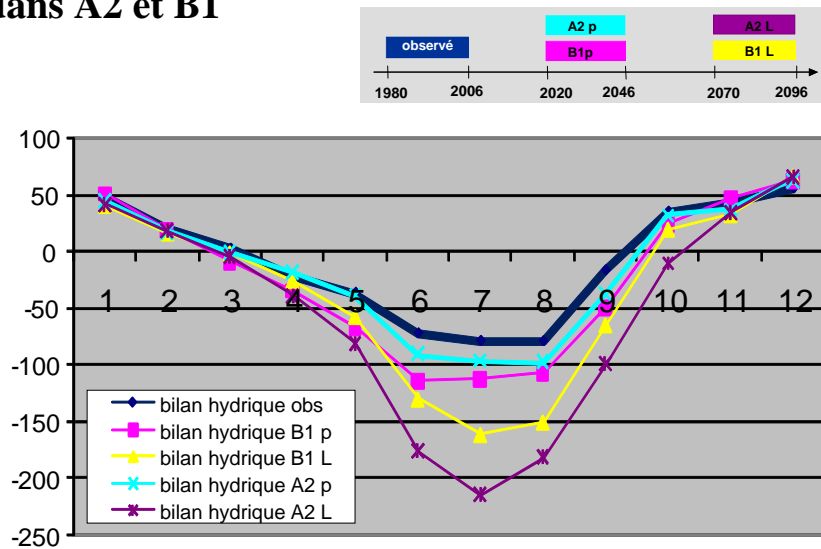


## Evolution mensuelle des précipitations dans A2 et B1



19. J.-C. MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## Evolution de P – ETP (« bilan hydrique ») dans A2 et B1



20. J.-C. MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## **À retenir ....**

La température augmenterait de 2 à 4.5° C (selon scénario)

Plus l'été que l'hiver, les maxi plus que les minis

Partout mais plus modérément en bordure de Manche

Les prévisions en matière de précipitations sont moins solides,  
Mais diminueraient selon un gradient Sud-Est / Nord-Ouest (---),  
et surtout l'été

Ce qui fera la sécheresse, c'est

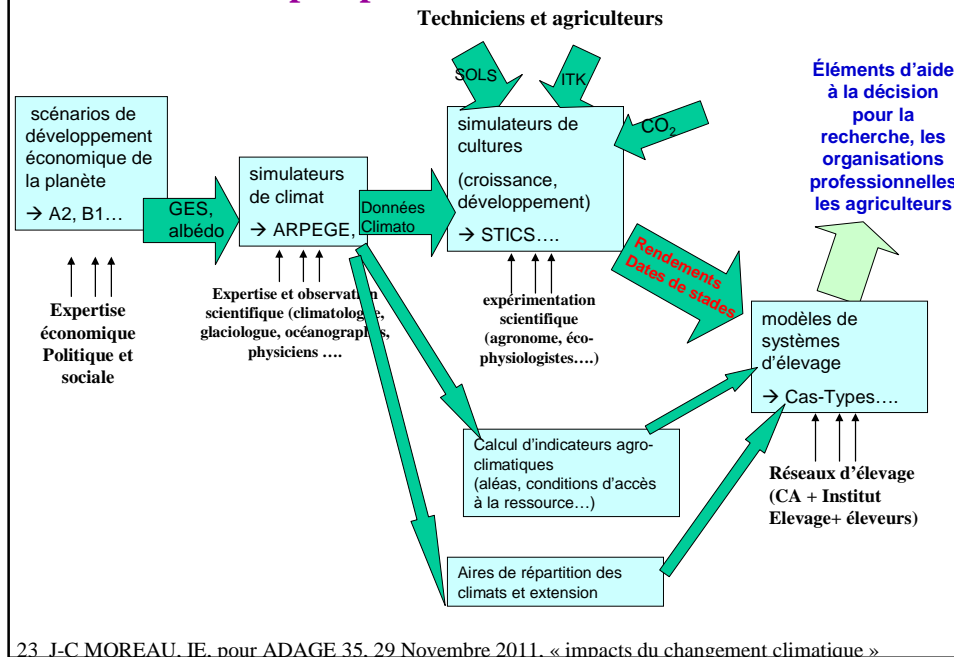
- Le manque de précipitations (1976)
- mais surtout l'augmentation de l'évapo-transpiration en lien avec l'élévation des températures (2003)

21 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## **Eléments de méthodologie propres à l'étude ACTA CC**

22 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## Conduite de la prospective dans l'étude « ACTA CC »



## Incidence à l'échelle de diverses cultures fourragères

**PRAIRIES:**

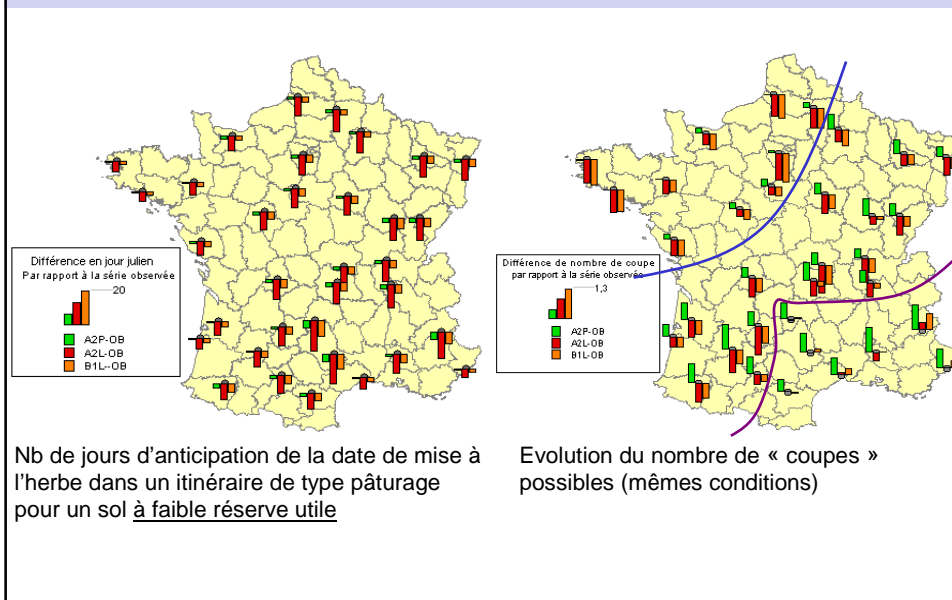
**Traitements Stics**

**Exploration de l'aléa climatique**

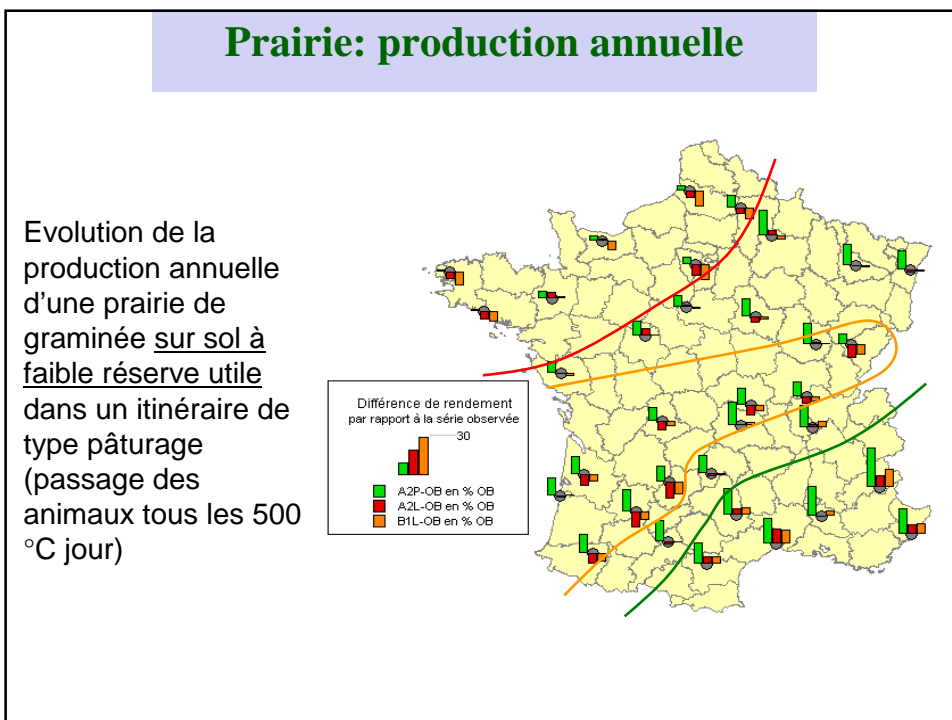
**LUZERNE**

**MAÏS**

## Prairie: dates de première exploitation, nb de passages possibles (ITK pâture)

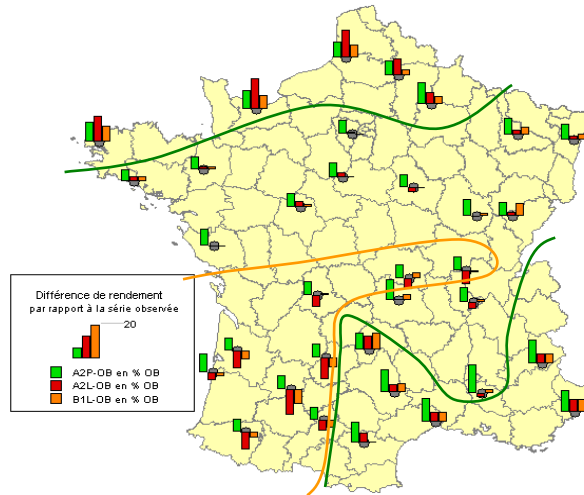


## Prairie: production annuelle



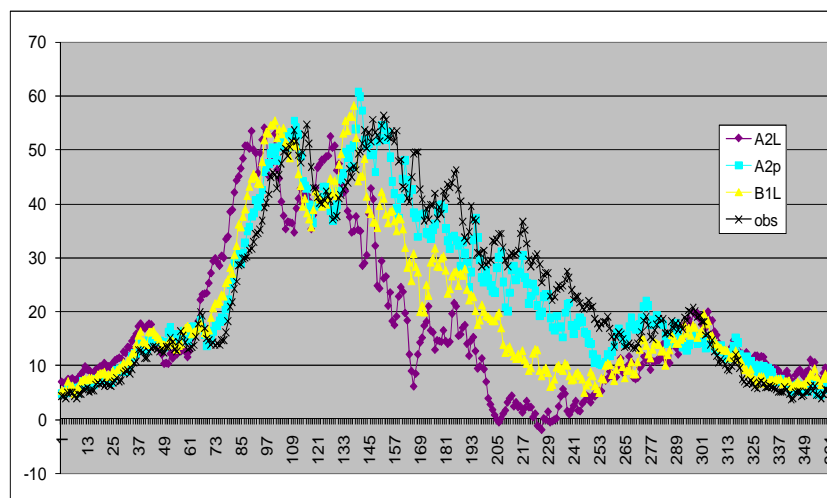
## Prairie: production annuelle

Evolution de la production annuelle d'une prairie de graminée sur sol à FORTE réserve utile dans un itinéraire de type pâturage (passage des animaux tous les 500 °C jour)



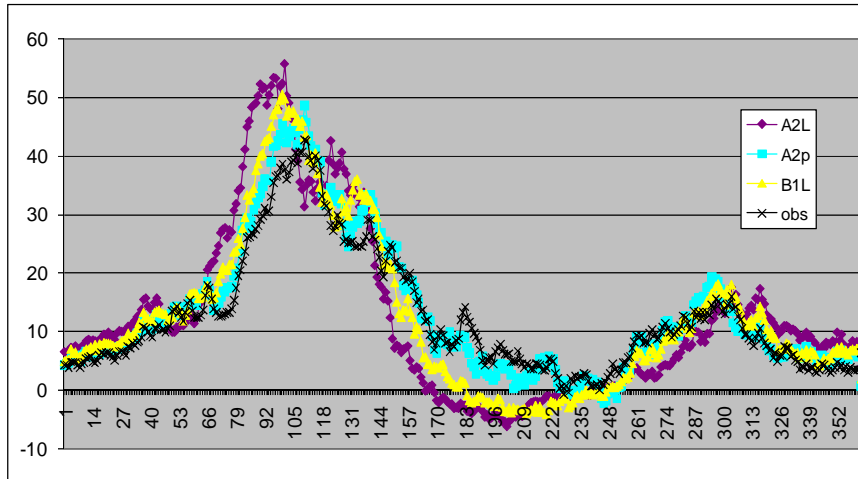
## EVOLUTION de la BIOMASSE NETTE PRODUITE QUOTIDIENNEMENT

Sol à RU élevée, région de Rennes



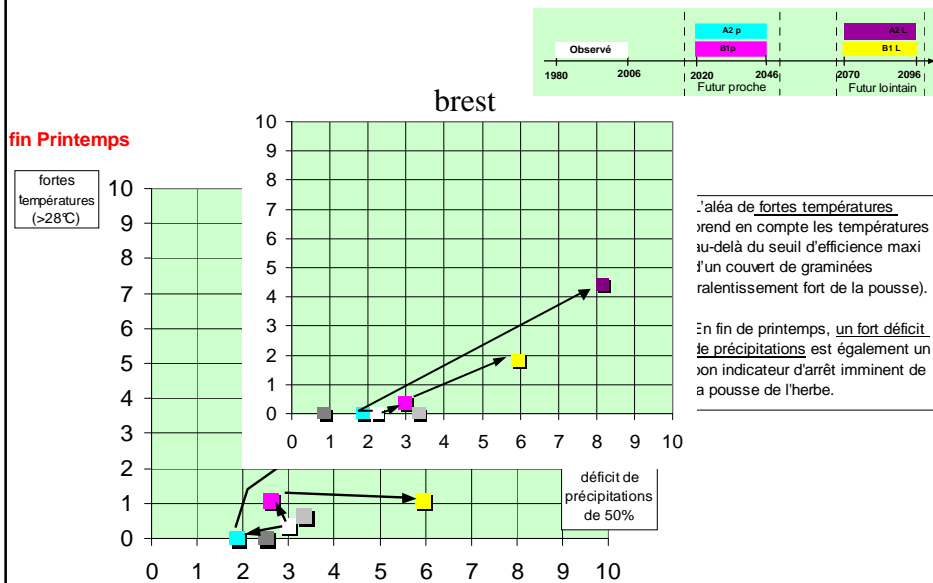
**EVOLUTION de la BIOMASSE NETTE PRODUITE QUOTIDIENNEMENT**  
 « interaction sol / climat »

Sol à RU faible région de Rennes



29 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

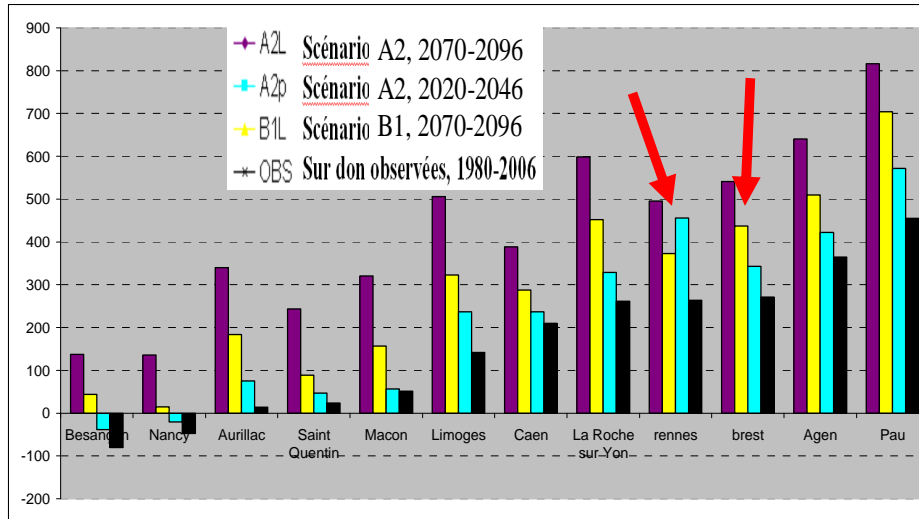
**L'aléa de sécheresse type « printemps 2011 »**



30 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## En certaines zones, on verrait s'ouvrir une perspective potentiellement intéressante... en HIVER

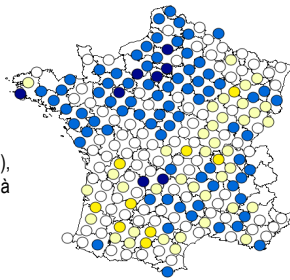
Quantité de MS (kg) produite en 60 jours d'hiver (15/12 au 11/02)



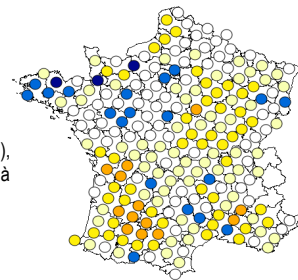
31 J.-C. MOREAU, I.E. pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011. « impacts du changement climatique »

## L' accès à la ressource pourrait être perturbé: exemple: conditions de récolte à 650 °J

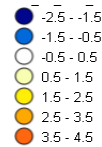
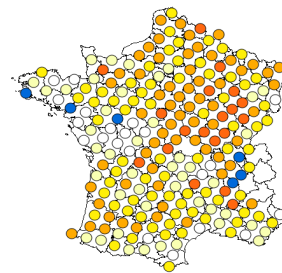
**A2 futur proche**  
(2020-2049),  
par rapport à  
situation de  
référence



**B1 futur lointain**  
(2070-2099),  
par rapport à  
situation de  
référence



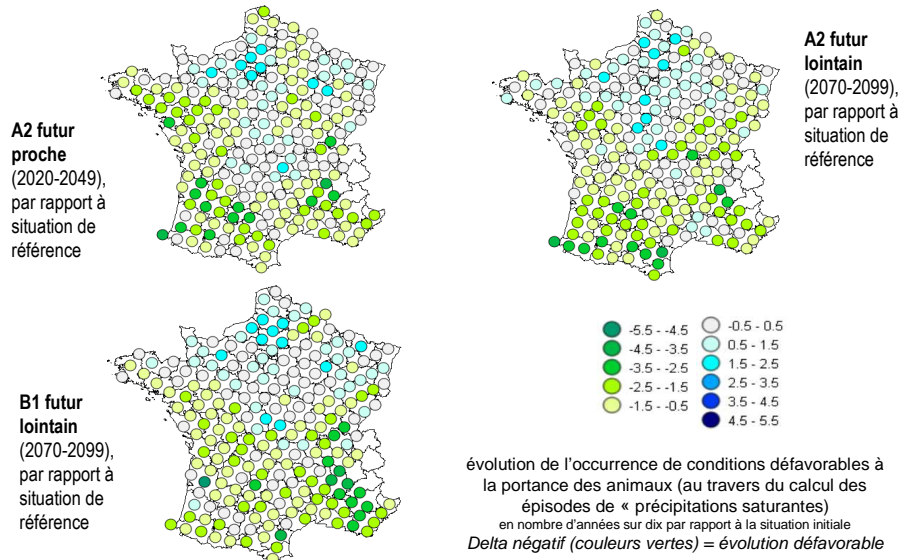
**A2 futur lointain**  
(2070-2099),  
par rapport à  
situation de  
référence



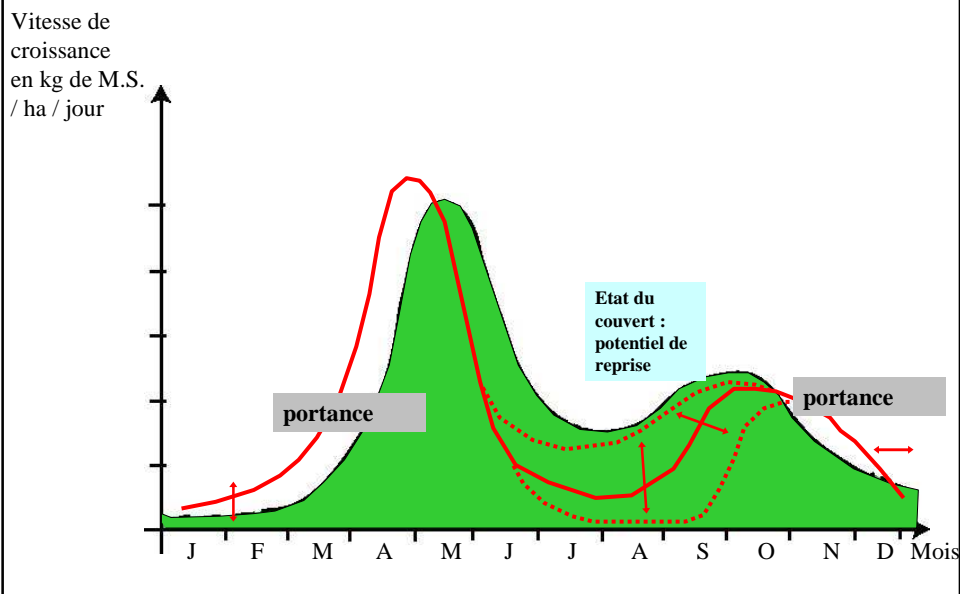
évolution de l'occurrence de conditions favorables à la réalisation de la récolte (en nombre d'années sur dix par rapport à la situation initiale)

Delta négatif (couleurs froides) = évolution défavorable

## Autre exemple: conditions de portance pour du pâturage tardif à l'Automne



## Représentation schématique de ce qu'on peut attendre du changement climatique sur la croissance de l'herbe (progressivement sur 80 ans)

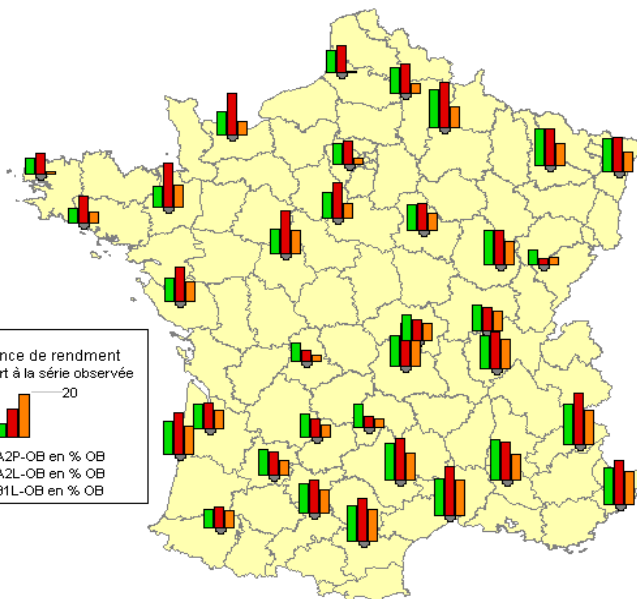
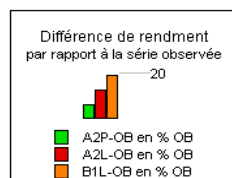


# La Luzerne

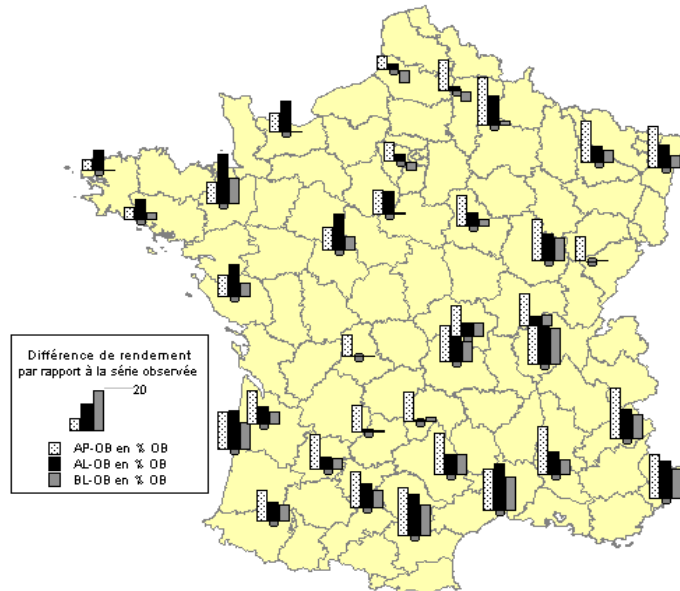
35 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## En sol à forte réserve utile: un avenir radieux !

Evolution du  
rendement annuel  
(cumul des 3 à 4  
coupes) d'une  
luzerne pour un sol  
à forte réserve utile



## En sol à faible réserve utile: s'en sortirait encore bien



37 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

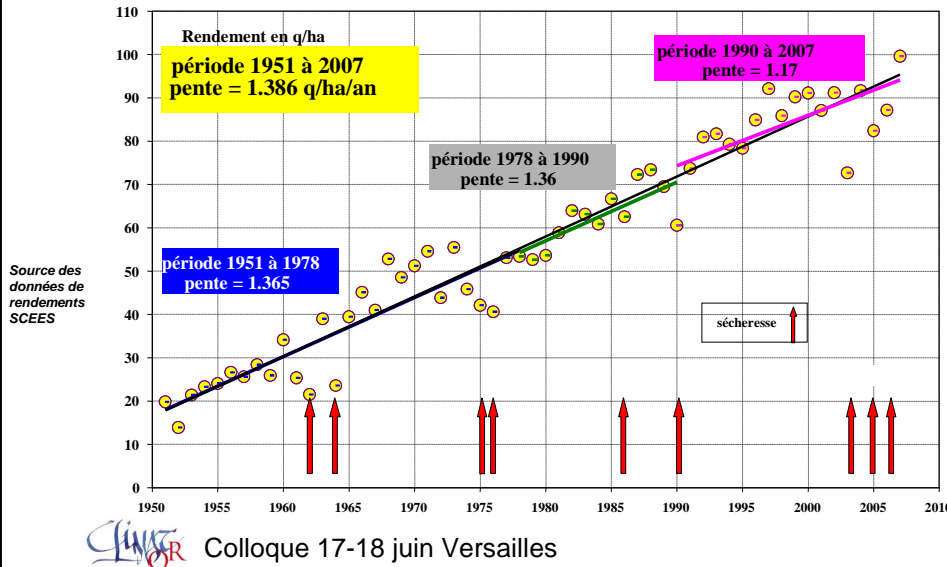
## Le Maïs

38 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## Maïs: pas de stagnation des rendements

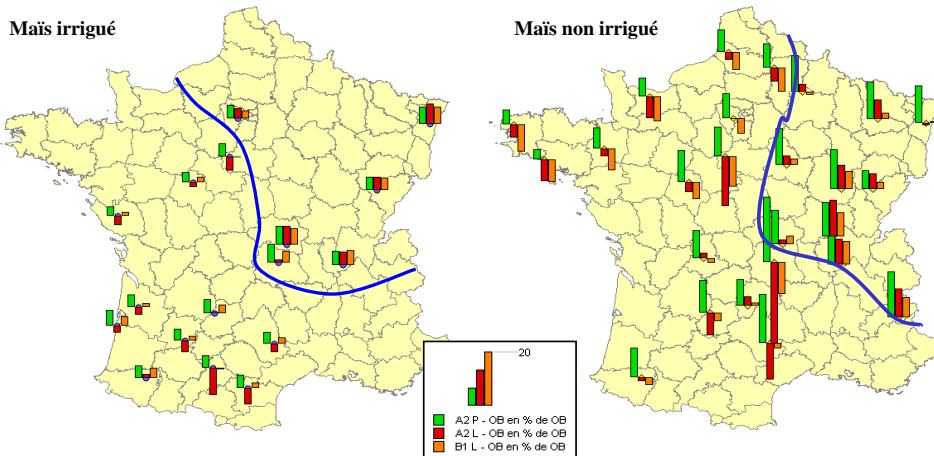
### Évolution du rendement national moyen entre 1951 et 2007

Calculs de pentes sur des périodes avec « a priori »



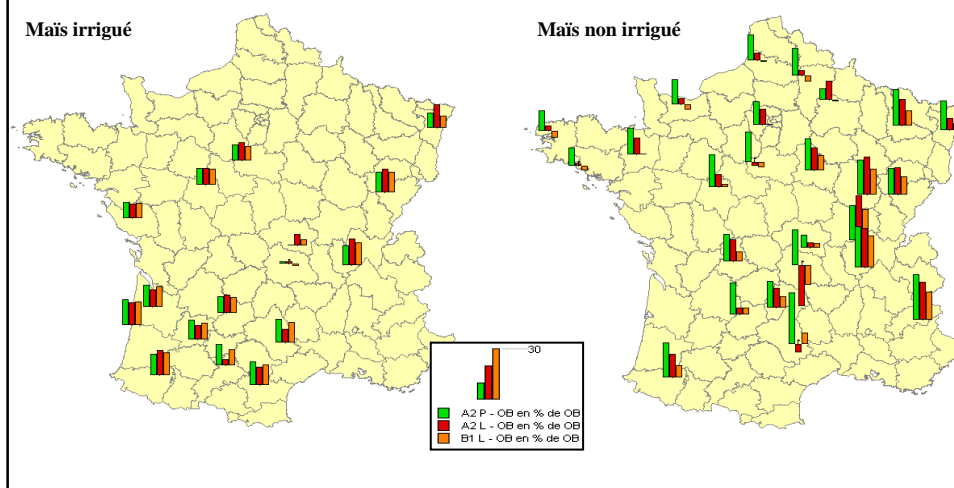
## Évolution du rendement du maïs ensilage pour les itinéraires techniques actuels sur un sol de 208 mm de réserve utile

Résultat de simulations sous STICS

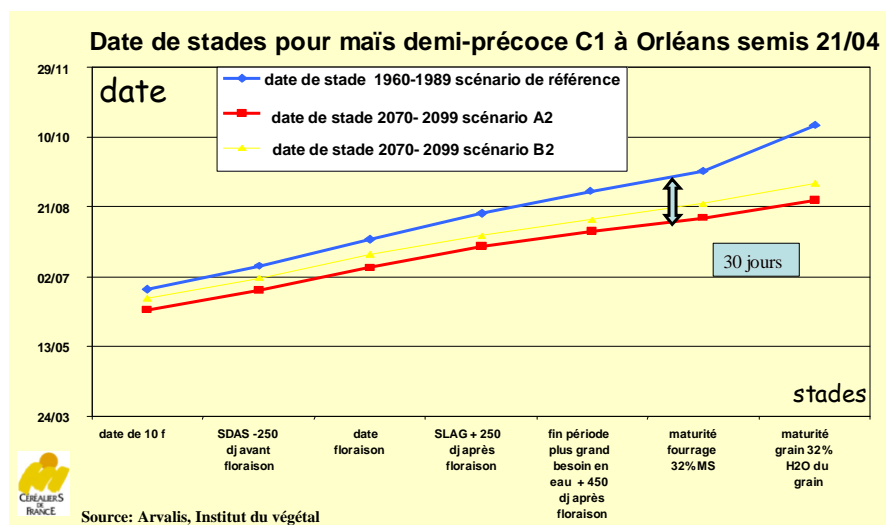


## Évolution du rendement du maïs ensilage pour les itinéraires techniques adaptés au futur sur un sol de 208 mm de réserve utile

Résultat de simulations sous STICS



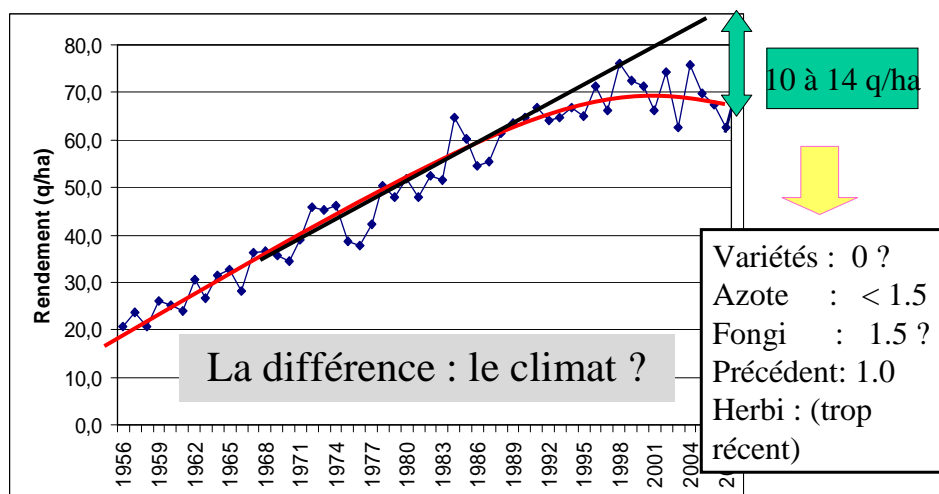
**Du seul fait des sommes de températures, à date de semis égale, un maïs verra sa maturité avancée d'un mois, voire plus ....**



## Le Blé

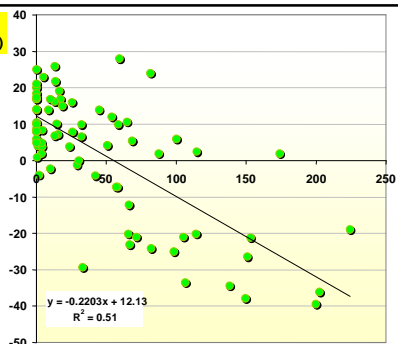
43 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

### Evolution des rendements : rien à voir avec le maïs



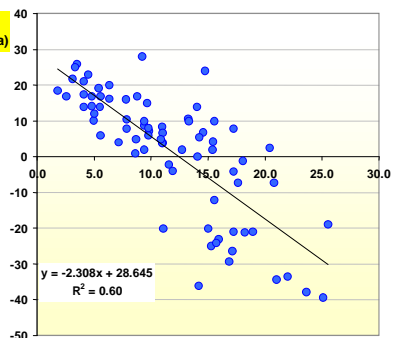
**La variation du rendement est expliquée en grande partie par 2 variables climatiques : sécheresse (montaison, remplissage) et T°C (remplissage)**

écart de rendement (q/ha)



déficit hydrique cumulé montaison

écart de rendement (q/ha)



pertes de PMG simulées par modèle (T°maxi, sécheres se remplissage)

Philippe Gate

ARVALIS  
Institut du végétal

**Pour résumer**

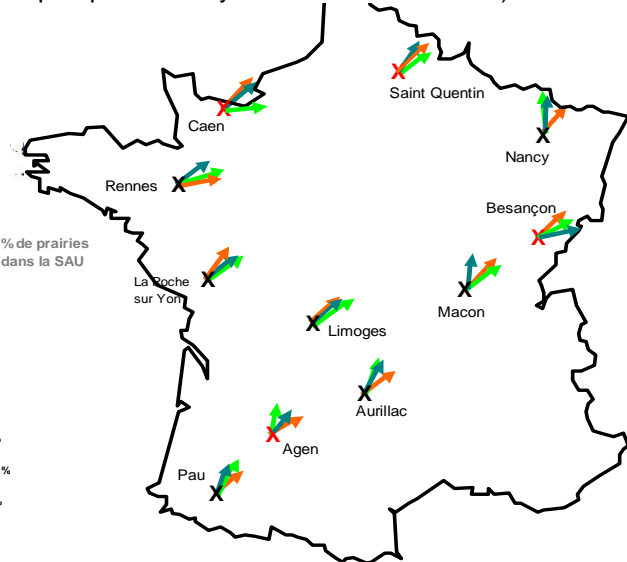
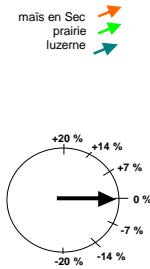
.....

**Evolution du rendement (cumul annuel des différentes coupes pour prairies et luzerne) dans le scénario A2 pour le futur proche (2020-2046) sur quelques sites en France**

(11 sites pour lesquels une prospective « systèmes » a été menée)

**Futur proche = pas de panique**

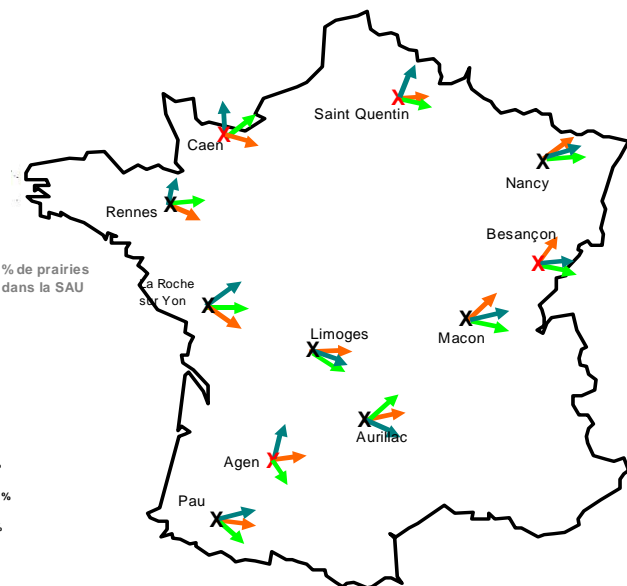
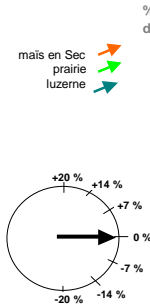
*tendances exprimées en % par rapport au rendement en situation initiale*



**Evolution du rendement (cumul annuel des différentes coupes pour prairies et luzerne) dans le scénario A2 pour le futur éloigné (2070-2096) sur quelques sites en France**

**Futur lointain: des écarts se creusent entre régions et selon les ressources fourragères**

*tendances exprimées en % par rapport au rendement en situation initiale*

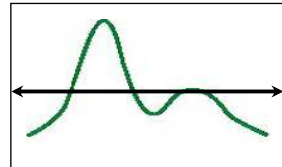


## Incidence à l'échelle de systèmes d'exploitation

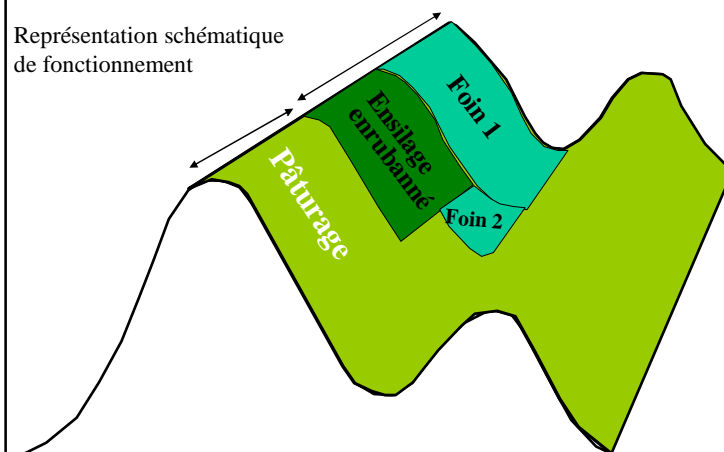
49 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

### Systèmes herbagers

Plus ou moins calés sur les possibilités de pâture en  
Eté-Automne, avec pâture exclusive au Printemps et  
d'éventuels apports de stocks l'Ete



Représentation schématique  
de fonctionnement



#### Stocks

1.5 à 2.2 T de  
M.S./ UGB  
Selon zone

50 J-C MOREAU, IE, pour ADAGE 35, 29 Novembre 2011, « impacts du changement climatique »

## Comment ces systèmes risquent d'être impactés par le changement climatique **d'ici 30 ans ?**

Possibilités de mise à l'herbe plus précoce

Possibilité de rentrer les animaux plus tardivement

Mais dans les deux cas, avec de l'incertitude (gelées, épisodes pluvieux importants)

Pas plus de stocks à faire en année moyenne

Moins de stocks pour l'hiver ()

Mais plus de stocks à distribuer l'été,

**Une possible augmentation du chargement !!**

## Comment ces systèmes risquent d'être impactés par le changement climatique **en fin de siècle ?**

Possibilités de mise à l'herbe plus précoce

Possibilité de rentrer les animaux plus tardivement

Mais dans les deux cas, avec de l'incertitude (gelées, épisodes pluvieux importants)

Pas plus de stocks à faire en année moyenne (mais incertitude ...)

Moins de stocks pour l'hiver ()

Mais plus de stocks à distribuer l'été, voire l'Automne (et d'autant plus qu'on se rapprochera de la fin de ce siècle...)

Nécessité de rechercher des espèces/variétés ou des couverts plus résistants aux fortes températures estivales (Luzerne ?)

## Adaptations...

Il faudra:

constituer des stocks de report (= l'excédent par rapport aux besoins en année normale) suffisants (= probablement supérieurs à ceux observés actuellement). Intérêt du foin dans cette fonction, des céréales immatures aussi, voire du maïs.

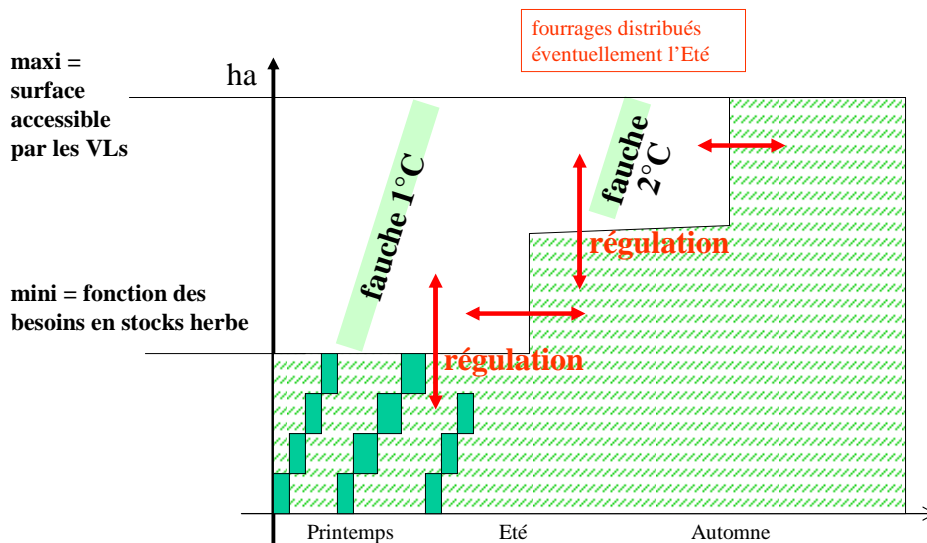
En système allaitant, peut être décaler les dates de vêlage vers un Automne plus précoce pour

- sortir les broutards plus tôt et (ou) moins lourds,
- en collant mieux à la disponibilité en herbe pâturable

Mieux gérer la pousse de l'herbe parce qu'elle sera plus aléatoire: (première économie = limiter le gaspillage, stocker les surplus au bon moment).

→ Mieux maîtriser la régulation par les surfaces

## La régulation par les surfaces: principes



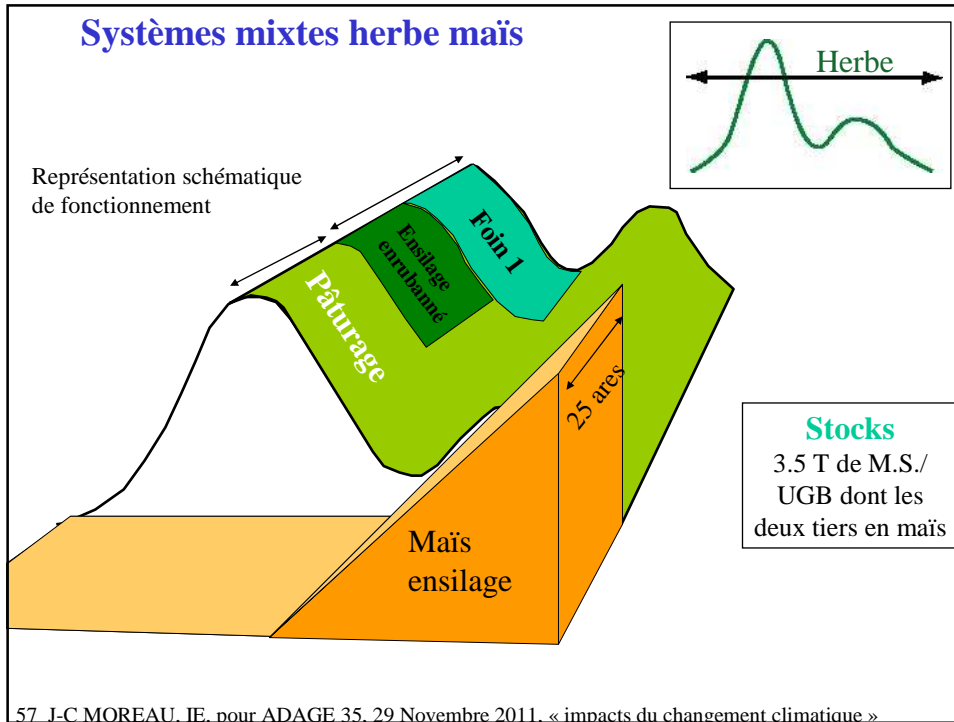
## La régulation par les surfaces: Problèmes posés

- **savoir anticiper sur les disponibilités à venir**
    - intérêt mesures de hauteurs d'herbe et volumes
    - intérêt d'une meilleure valorisation des données météo
  - **avoir des surfaces « à double fin » fauchables quand le besoin s'en fait sentir et avec des pousses échelonnées**
    - intérêt du maintien d'une diversité des couverts végétaux, intérêt des pratiques dites de « déprimage »
    - Mais inquiétudes quant à la pérennité de certains couverts**
  - **et savoir les faucher « au bon moment »** (au bon stade, et en anticipant sur le besoin de repousses)
    - intérêt de modes de récolte diversifiés et souples
    - Et inquiétudes pour l'avenir des systèmes très (trop ?) simples de type pâture + une fauche à foin**
- « Il faudra très certainement être plus prêts que maintenant à sortir la barre de coupe pour récolter seulement 1 T MS/ha »

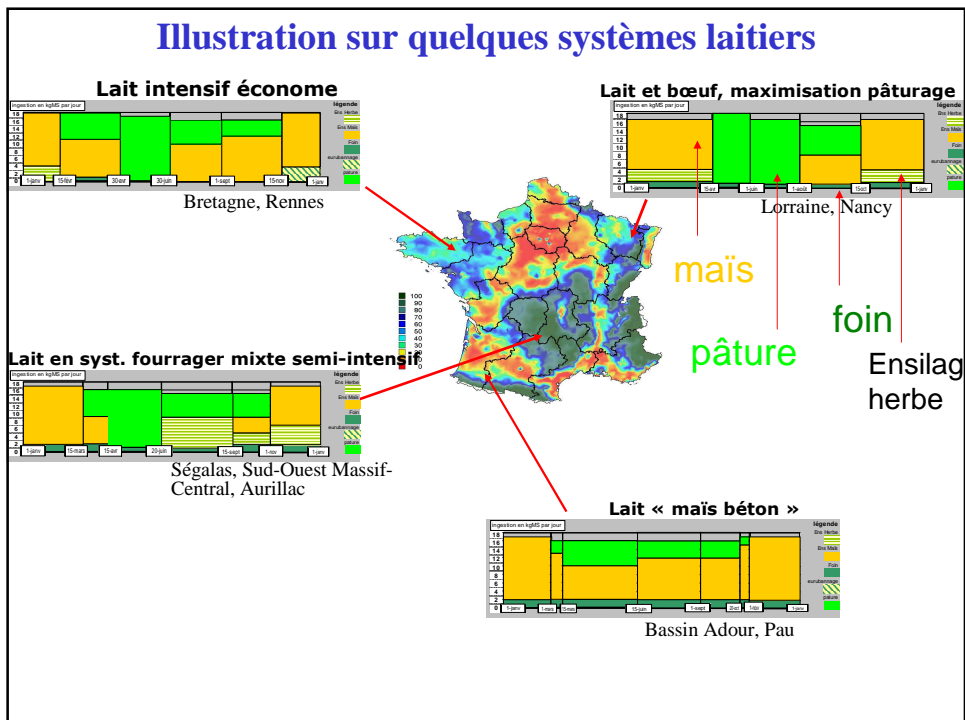
## De nouvelles (?) questions techniques pourraient avoir à être explorées par la R/D

- **l'intérêt du pâturage hivernal** (quelle biomasse, pour quelle qualité, quels animaux, quelle flore, quelles conséquences sur la flore)
- **Les pratiques de stockage sur pied** (sachant que la sénescence en fin de Printemps / Eté pourrait être notablement accélérée du fait du réchauffement): avec quel type de prairie, pour quels animaux, dans quelles limites de durée ...
- Relancer la culture et l'utilisation de la luzerne dans les zones propices, en pur ou en mélange.
- questions pour les semenciers: pérennité sous fortes contraintes, amélioration de la souplesse d'exploitation entre autres ....

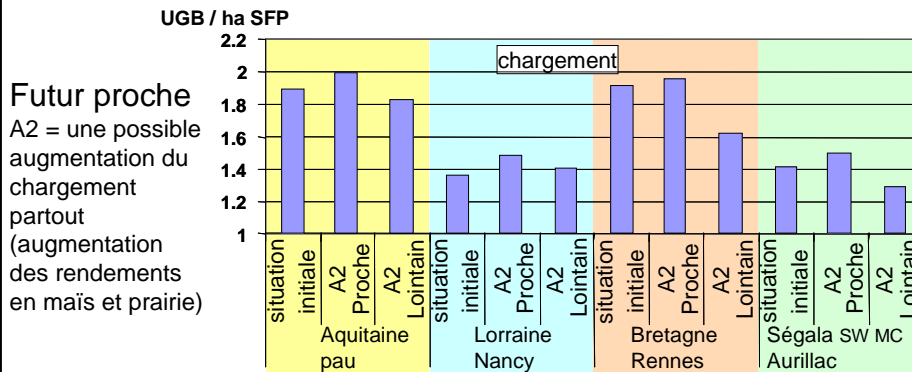
## Systèmes mixtes herbe maïs



## Illustration sur quelques systèmes laitiers



## Illustration sur quelques systèmes laitiers Evolution du chargement



Futur lointain A2 =

- le maintien du chargement n'est plus possible sauf en Lorraine (/situa Initiale), mais avec simulation intégrant la Luzerne, qui s'en sortirait très bien dans cette zone
- baisse en Ségalas et Bassin Adour (malgré pâturage hivernal)
- baisse plus forte en Bretagne (malgré introduction pâturage hivernal, mais sans introduction RGI / céréale en vert)

## Comment ces systèmes risquent d'être impactés par le réchauffement ?

Pour les prairies: comme les systèmes précédents avec une incidence moindre à l'échelle du système

Maïs :

Dans l'hypothèse d'un fort accroissement de l'ETP sur la zone, baisses de rendement à prévoir (même avec adaptation de l'ITK), du moins avec le matériel végétal actuellement existant.

On peut imaginer

- qu'on utilise des maïs de plus en plus tardif si possibilité réelle de semis plus tôt
- des stratégies d'évitement (semis précoce de variétés très précoces)

....

## Autres conséquences

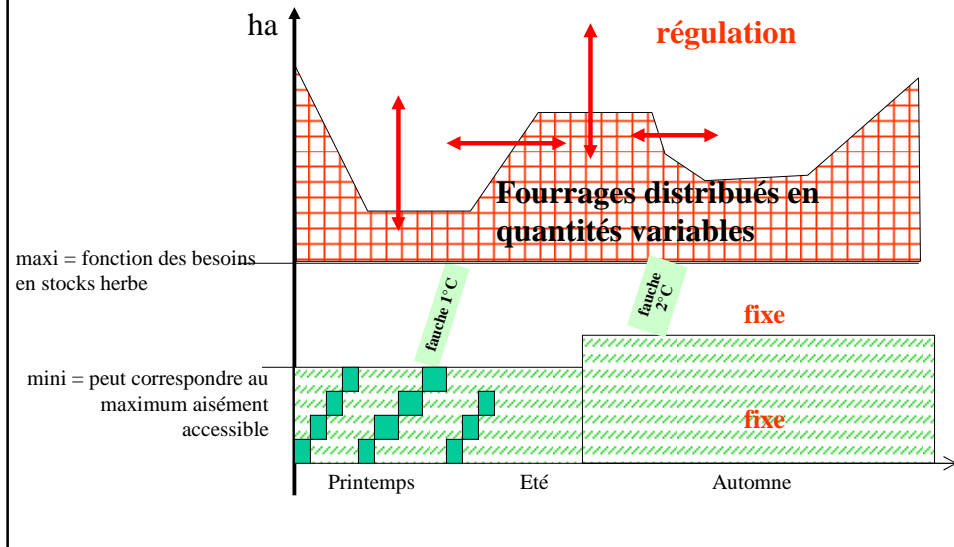
- Il faudra:
  - constituer des stocks de report suffisants (= probablement supérieurs à ceux observés actuellement).
  - Intérêt des céréales immatures et du foin dans cette fonction, mais surtout, intérêt de disposer de surfaces excédentaires en maïs (à destination EM ou EG selon conditions climatiques)
- Au sud de la Loire, l'irrigation risque de devenir la condition sine qua non à la production de maïs fourrage
- Le sorgho grain ensilé va retrouver de l'intérêt (et autres sorgho)
- Dans tous les cas où l'eau est contingentée, il faudra sans doutes
  - ♦ la réserver aux quelques parcelles susceptibles de la valoriser au mieux en maïs
  - ♦ Songer au sorgho pour les parcelles avec la RU la plus basse

## Conséquences, suite

Et dans certains cas (systèmes sans irrigation), songer à rééquilibrer le système fourrager dans le sens de

- moins de maïs avec notamment
  - plus de foin de luzerne en accompagnement du maïs/sorgho (dans zones propices)
  - Plus de pâturage au Printemps pour limiter le besoin en stock d'EM, avec des PT de Longue Durée (fét-dact + TB et autres associations, ou PME)
  - du pâturage sur sorgho fourrager l'été pour les Taries ou les génisses
  - la valorisation des sous bois (sylvo-pastoralisme), l'agro foresterie (prairies sous futaies...), etc ...
- la recherche de niveaux de production moins exigeants et plus économes en intrants, compatibles avec plus d'herbe et par exemple aussi avec l'utilisation de protéagineux (pois, féverolles) et de tourteaux (de colza, de Tournesol) auto-produits.

**Certains de ces systèmes régulent plutôt par les stocks, les surfaces affectées par saison étant quasiment fixes: principes**

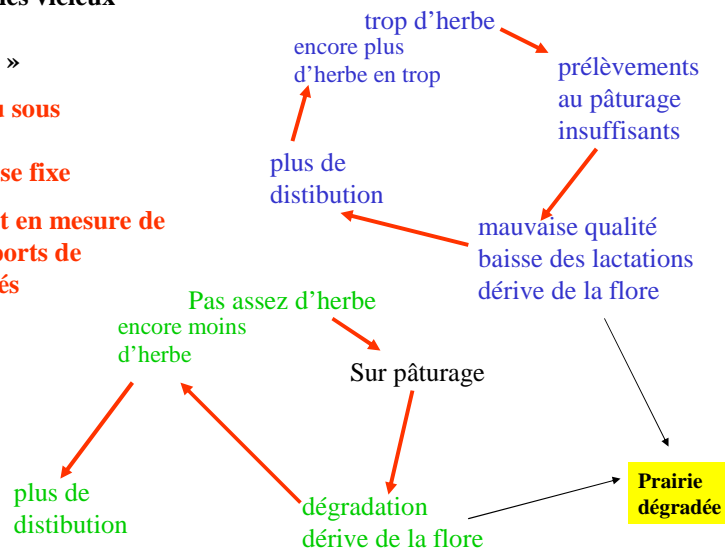


**La régulation par les stocks: Problèmes posés**

- Eviter les cercles vicieux qui mènent au « trop de stocks »

→ ne pas sur ou sous dimensionner la surface de base fixe

→ être vraiment en mesure de moduler les apports de fourrages stockés



## **Questions pour la recherche et (ou) le Développement**

- Affiner l'étude des aléas climatiques et préciser les niveaux des stocks de sécurité
- Valoriser la diversité floristique pour « étaler » le pic de production de Printemps
- Préciser le mode d'emploi du pâturage hivernal et du report sur pied estival
- Réinvestir sur la culture et la valorisation de couverts productifs d'hiver (RGI, seigle pour pâture ??)
- améliorer la pérennité des couverts végétaux sous fortes contraintes l'été (sélection variétale, introduction de nouvelles espèces)
- Sorgho grain ensilé / maïs, préciser conditions de substitution

## **Questions pour la recherche et (ou) le Développement**

- Préciser Evolution qualitative des fourrages (MAT) en lien avec évolution de la flore
- Innover en matière de « bâtiments / zones d'affouragement » d'Été
- Renforcer les débits de chantiers de récolte (verrous dans certains systèmes)
- Préciser toutes les conséquences du recalage des mises bas en systèmes allaitants
- Hiérarchiser les zones de production / avantages & inconvénients du CC

## **Mais d'ici 2070, beaucoup d'autres changements vont affecter les systèmes fourragers .....**

- attitude du consommateur vis à vis de la viande d'herbivores et des produits laitiers / autres sources de protéines à moindre PRG
- accès à l'eau
- Exigences de traçabilité
- mesures de protection de la biodiversité
- nécessité d'accroître la productivité du travail (grandes exploitations)
- spécialisation et relocalisation régionales des productions
- Politiques Agricoles
- rentabilité des activités d'élevage (prix) / céréaliculture ou cultures énergétiques
- politiques d'aménagement du territoire.....;

**Enjeux pour le développement: interaction du Changement Climatique et des adaptations proposées par rapport à ces autres de leviers de changement**