

Arbres hors forêt et changement climatique

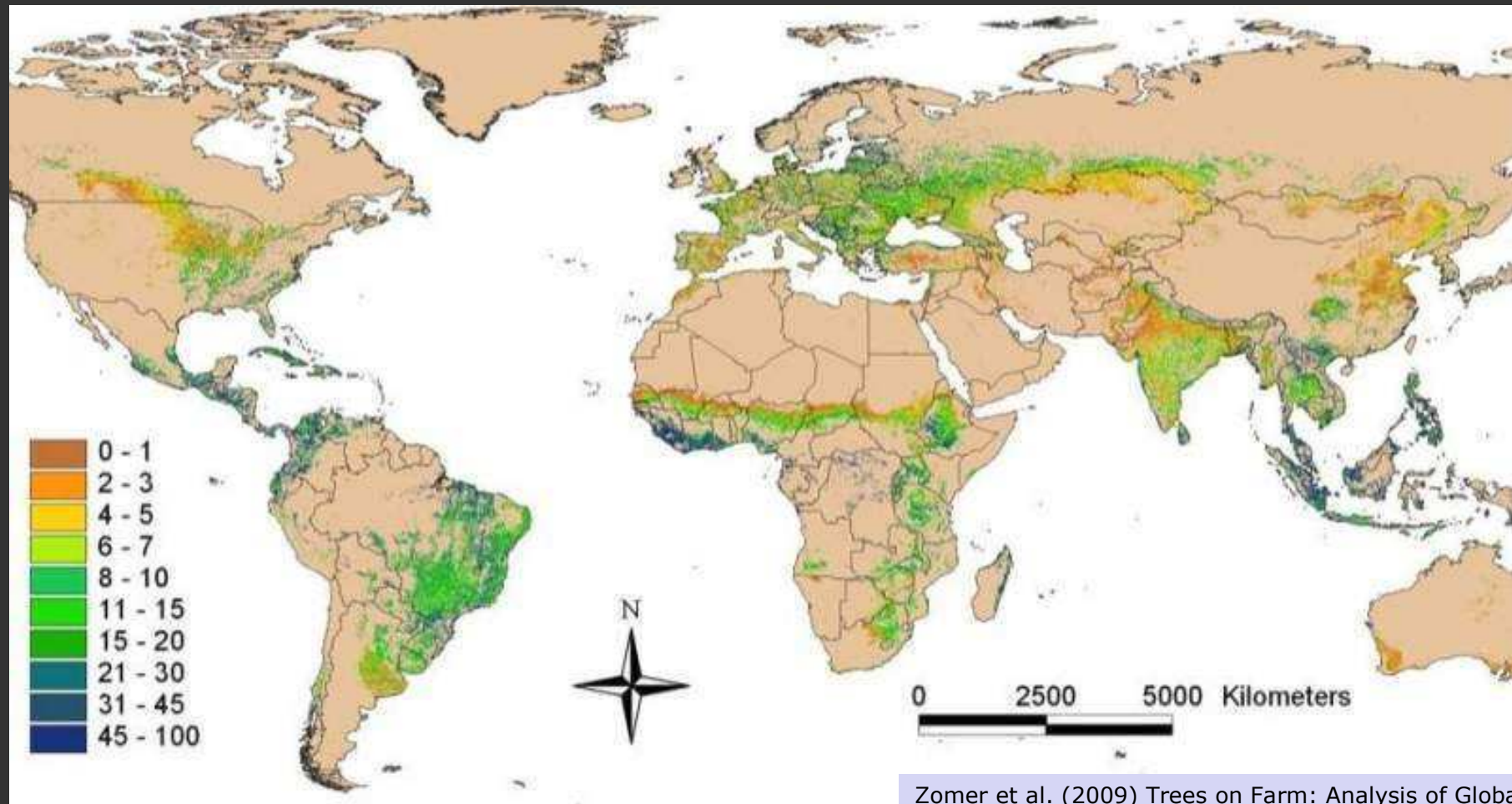
C. Dupraz, Inra Montpellier



RMT AFORCE, Paris, 4 Octobre 2012



L'arbre hors forêt...



Zomer et al. (2009) Trees on Farm: Analysis of Global Extent and Geographical Patterns of Agroforestry. ICRAF Working Paper no. 89. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre. 60pp

'The proportion of trees on farms and in forests varies considerably among countries, but two trends seem almost universal in the tropics:

-- the number of trees in forests is declining, and

-- the number on farms is increasing'

FAO. 2005. State of the World's Forests



Systemes hétérogènes complexes



Systemes agroforestiers



Systemes agrivoltaïques

Quelles interactions dans un système hétérogène dynamique ?

Conséquences sur rendement et services environnementaux ?

Nous évoquerons l'adaptation au changement climatique, pas l'atténuation

On ne parle pas de séquestration de carbone
ni de réduction des émissions de GES

Résilience?



Quelques mots sur les cultures

Jusqu'en 2007 : incertitudes sur l'impact du CC sur les cultures tempérées

- Sens de l'impact discuté, variable
- Hypothèse classique
 - céréales d'hiver +100 km vers le nord;
 - maïs : +300 m altitude

Agreste

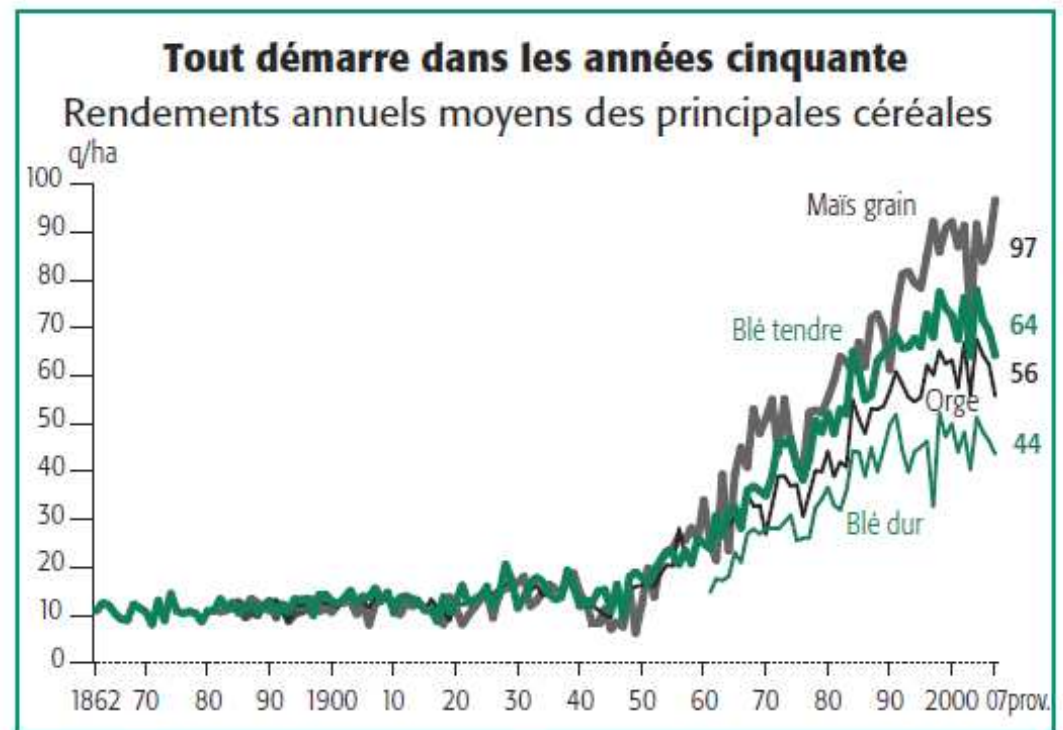
Primeur

Numéro 210 - mai 2008

*Une période favorable de 50 années
s'est achevée*

Les rendements du blé et du maïs ne progressent plus

2008...



Source : Agreste - Statistique agricole annuelle

2010...

Brisson N., Gate P., Gouache D., Charmet G., Oury F.-X. and Huard F. 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research* 119: 201-212.

Trouver le coupable

- Fin du progrès génétique ?

-

Pas du tout, au contraire

- Plus de ravageurs ?

-

Non

- Moins d'engrais ou de cultures de légumineuses dans les rotations ?

-

Peut-être, mais explique 20%

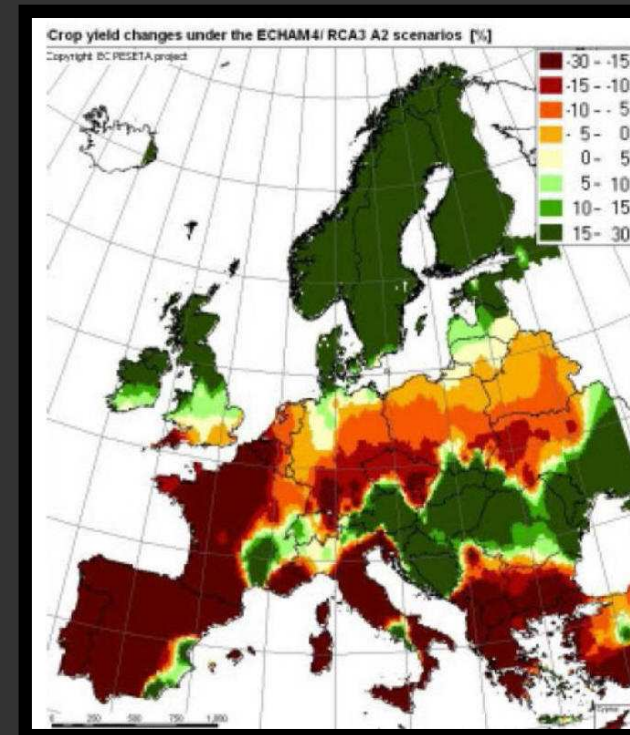
- Alors ?

C'est le changement climatique

Les grandes cultures souffrent de plus en plus

De stress thermiques ou hydriques précoces dans leur cycle

De stress thermiques ou hydriques pendant le remplissage des grains.



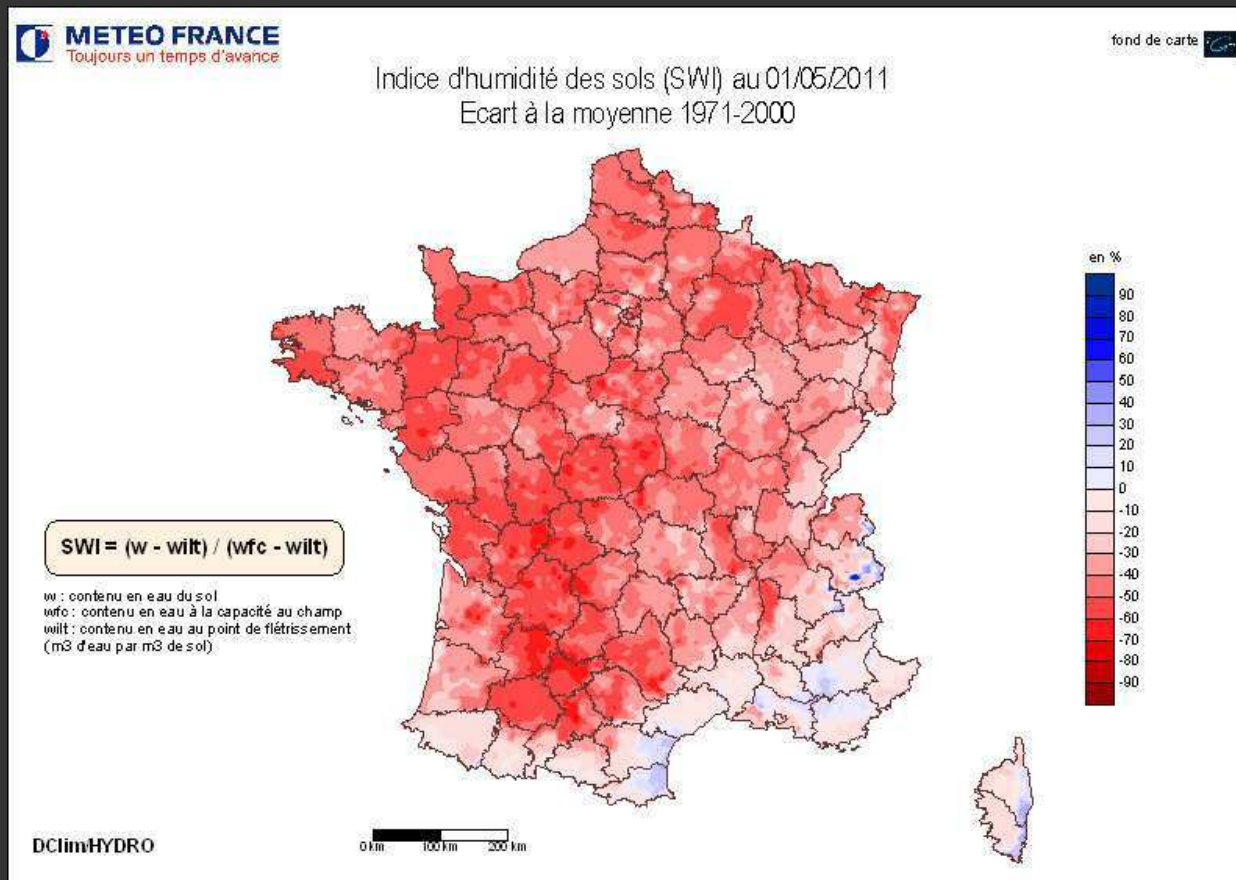


Pour s'adapter au changement climatique, on envisage d'utiliser des variétés à cycle plus court (stratégie d'évitement), mais à productivité moins forte

En agroforesterie, ces variétés augmenteront la complémentarité arbres-cultures

En agroforesterie, des variétés à cycle long et à fort potentiel peuvent être conservées

2011 : année parfaite pour tester ces hypothèses ?



Arbres et changement climatique ?

- Augmentation du CO₂
- Augmentation des températures? Lesquelles, et quand?
- Changements de pluviométrie et/ou d'hygrométrie?
- Fréquence des événements extrêmes (gelées, grêle, vent)
- Concomittances, interactions, enchaînements

Arbres et changement climatique ?

- Augmentation du CO₂
- Augmentation des températures? Lesquelles, et quand?
- Changements de pluviométrie et/ou d'hygrométrie?
- Fréquence des événements extrêmes (gelées, grêle, vent)
- Concomittances, interactions, enchaînements

Moins de stomates sur les feuilles

American Journal of Botany
Abraham Miller-Rushing.

27 arbres (chênes, érables, charmes) prélevés entre 1893 et 2006 au Arnold Arboretum de l'Université d'Harvard, à Boston.

Moins de stomates
Des ouvertures stomatiques plus petites

Bien connu à l'échelle des temps géologiques

Sensibilité à la sécheresse réduite chez les feuillus, pas les conifères (INRA)

Autres conséquences sur les arbres de l'élévation du CO₂:

Augmentation de leur vitesse de croissance

Déséquilibre nutritionnel (l'arbre "épuise" le sol)

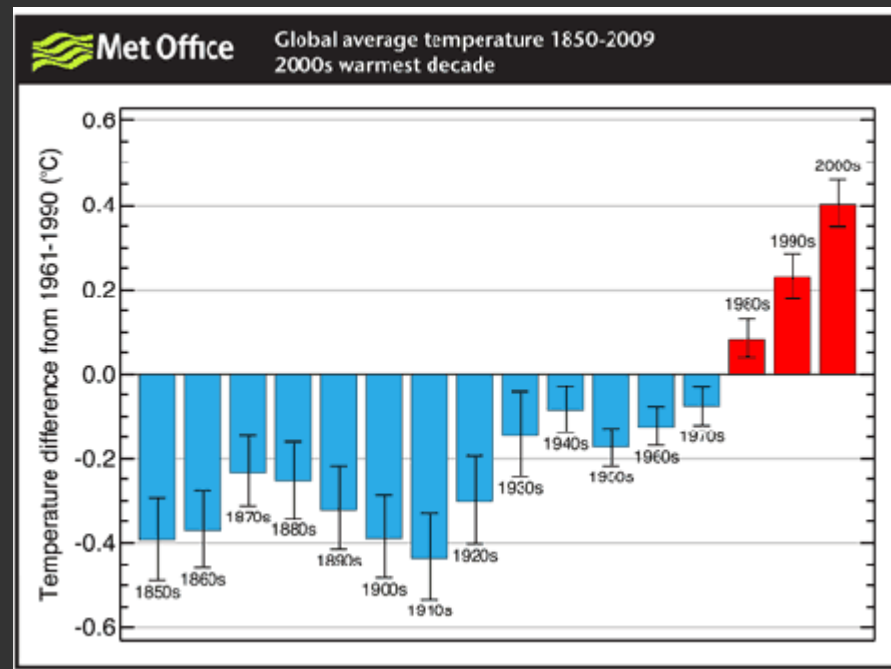
Dégradation des propriétés mécaniques du bois et de sa composition chimique (?)

Pas d'évidence d'un effet différent entre arbres forestiers et hors forêt

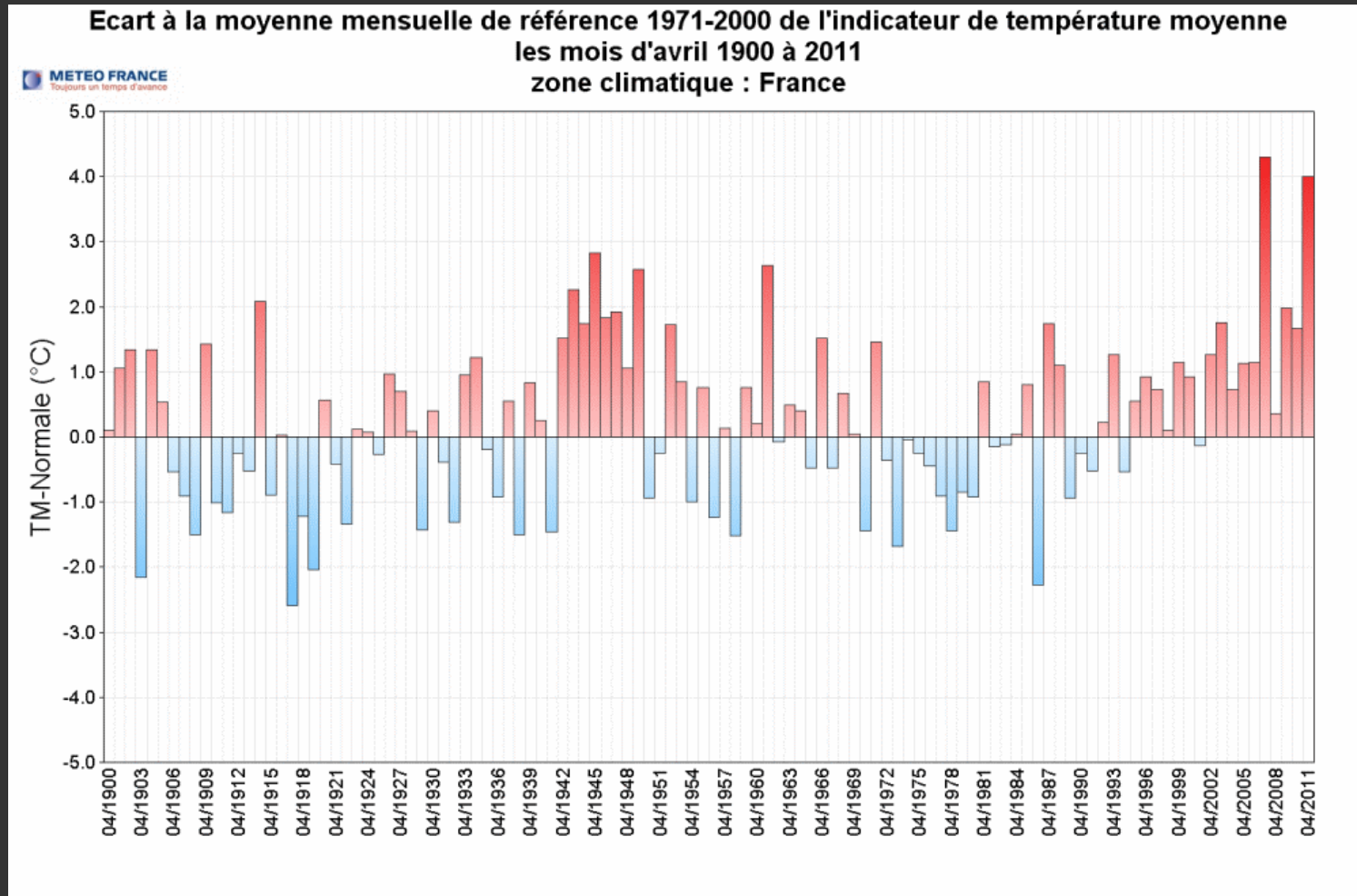
Quel changement climatique ?

-
- Augmentation des températures? Lesquelles, et quand?

Pour les températures le changement global ...

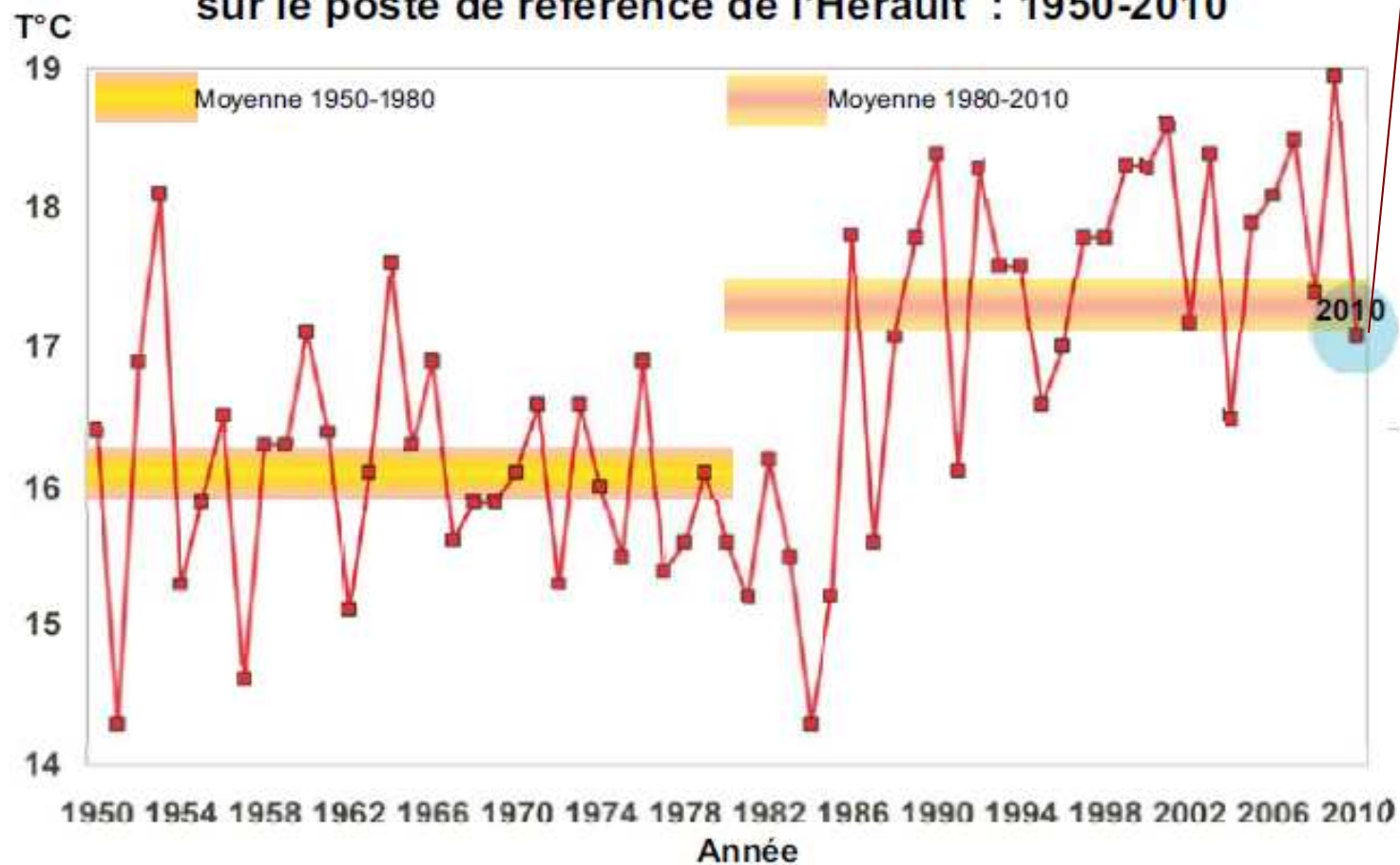


... peut être différent du changement local



Montpellier, France

Evolution des températures moyennes en mai sur le poste de référence de l'Hérault : 1950-2010



Temperature moyenne de mai, Montpellier

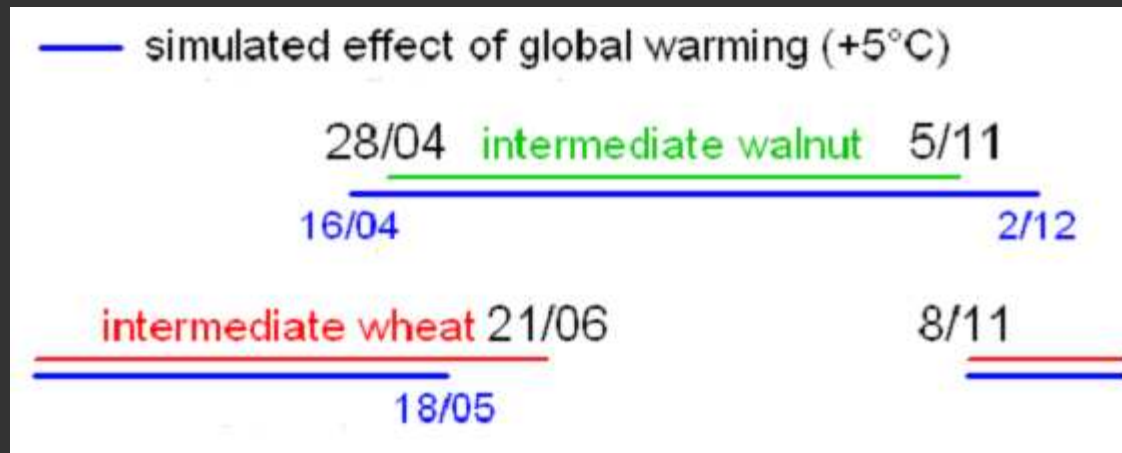
Influence du changement climatique sur la complémentarité des arbres et des cultures en agroforesterie

Le réchauffement modifie les phénologies des arbres et des cultures, donc leur complémentarité

(Linderholm 2006, Moriondo and Bindi 2007)



Effets attendus du réchauffement climatique



Arbres :
saison de végétation
allongée (+)
Stress hydriques (-)

Cultures :
saison de végétation
raccourcie (-)
Stress thermiques et
hydriques (--)

Effet sur le LER ?

Pas significatif : résilience de l'interaction (?)

Quel changement climatique ?

- Augmentation du CO₂
- Augmentation des températures? Lesquelles, et quand?
- Changements de pluviométrie et/ou d'hygrométrie?
- Fréquence des évènements extrêmes (gelées, grêle, vent)
- Concomittances, interactions, enchaînements

CHÊNES VERTS ET STRESS HYDRIQUES (CNRS MONTPELLIER, SITE DE PUECHABON)

Diminution de 30% des pluies depuis 9 ans



Sécheresses absolues de 6 mois



Indifférence !

Importance des systèmes racinaires profonds

L'arbre hors forêt est fortement couplé à l'atmosphère

Hors forêt, le contrôle climatique de l'arbre est faible :

Forte sensibilité à l'advection

Éclairage violent

Sollicitations mécaniques fortes

Adaptations physiologiques

Explique les crises post éclaircies,

Inversement, les cultures peuvent créer des conditions contrastées :
mais irrigué, chaumes de céréales



Arbres hors forêts et bilan hydrique

+20 à +60 % en biomasse dans les parcelles agroforestières

En première approximation, +20 à +60% de consommation en eau et azote

Systèmes agroforestiers pertinents là où il y a des fuites d'eau et de nitrates

L'arbre assèche le sol en profondeur en été (stockage plus efficace des pluies d'automne et d'hiver)



Arbres hors forêt et bilan hydrique

Exemple : Bilan simplifié céréales en Languedoc

Pluie : 900 mm

Evaporation du sol : 250 mm

Transpiration de la culture : 300 mm

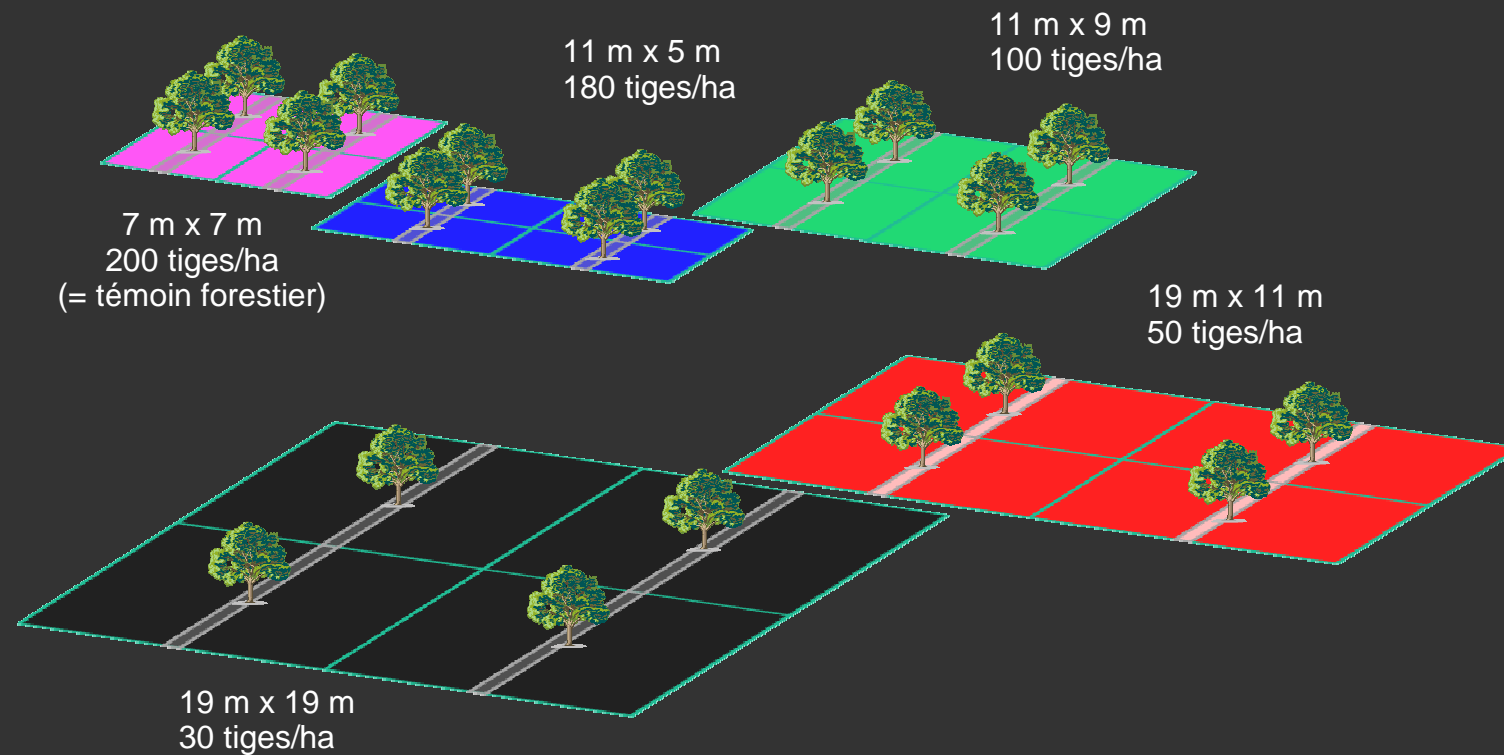
Fuites (ruissellement + drainage) : 350 mm

Très fortes fuites, niche favorable aux systèmes agroforestiers

Transpiration de 50 noyers adultes par hectare = 250 mm

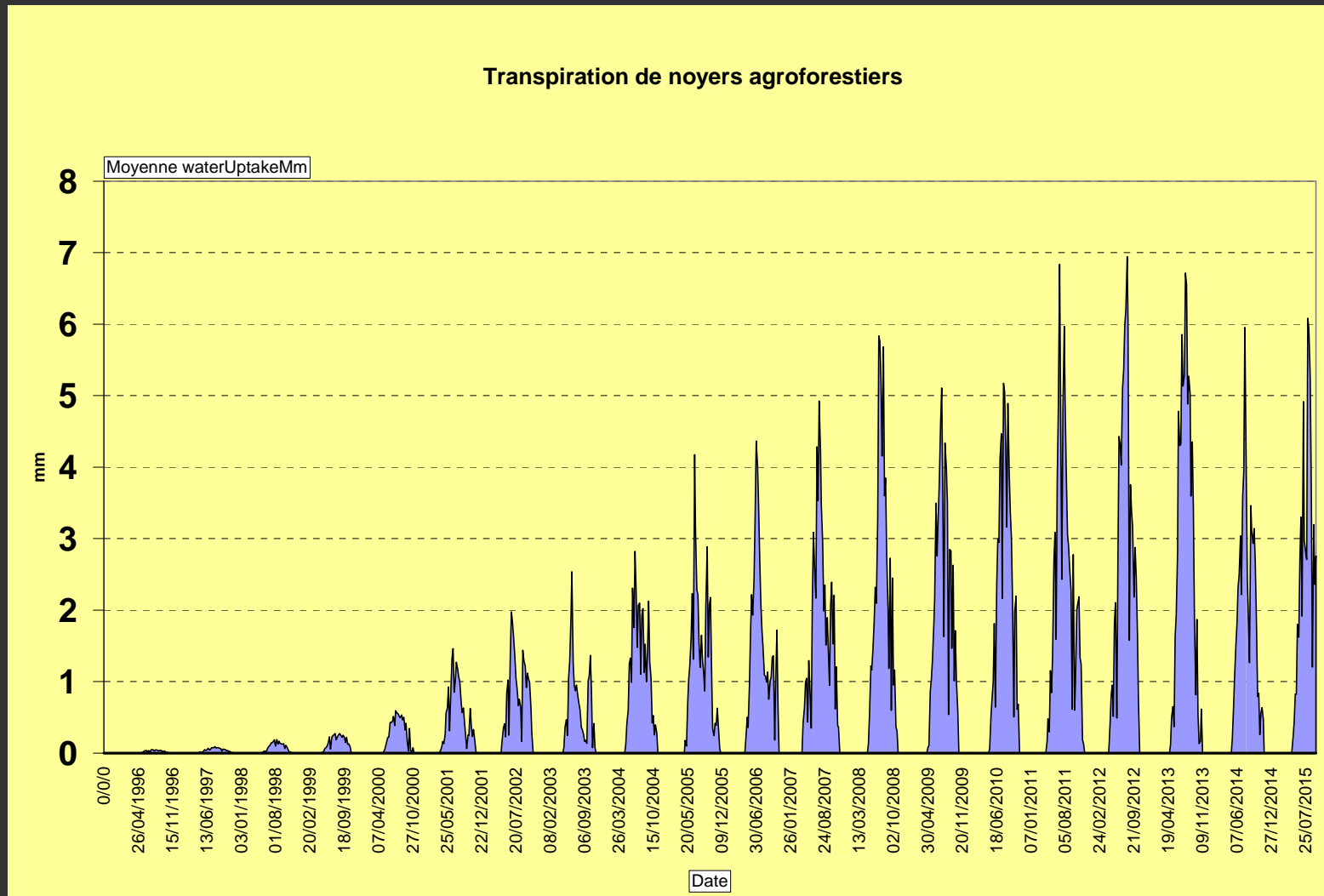
Ruissellement et drainages réduits à 100 mm?

Approche par modélisation : Expériences virtuelles

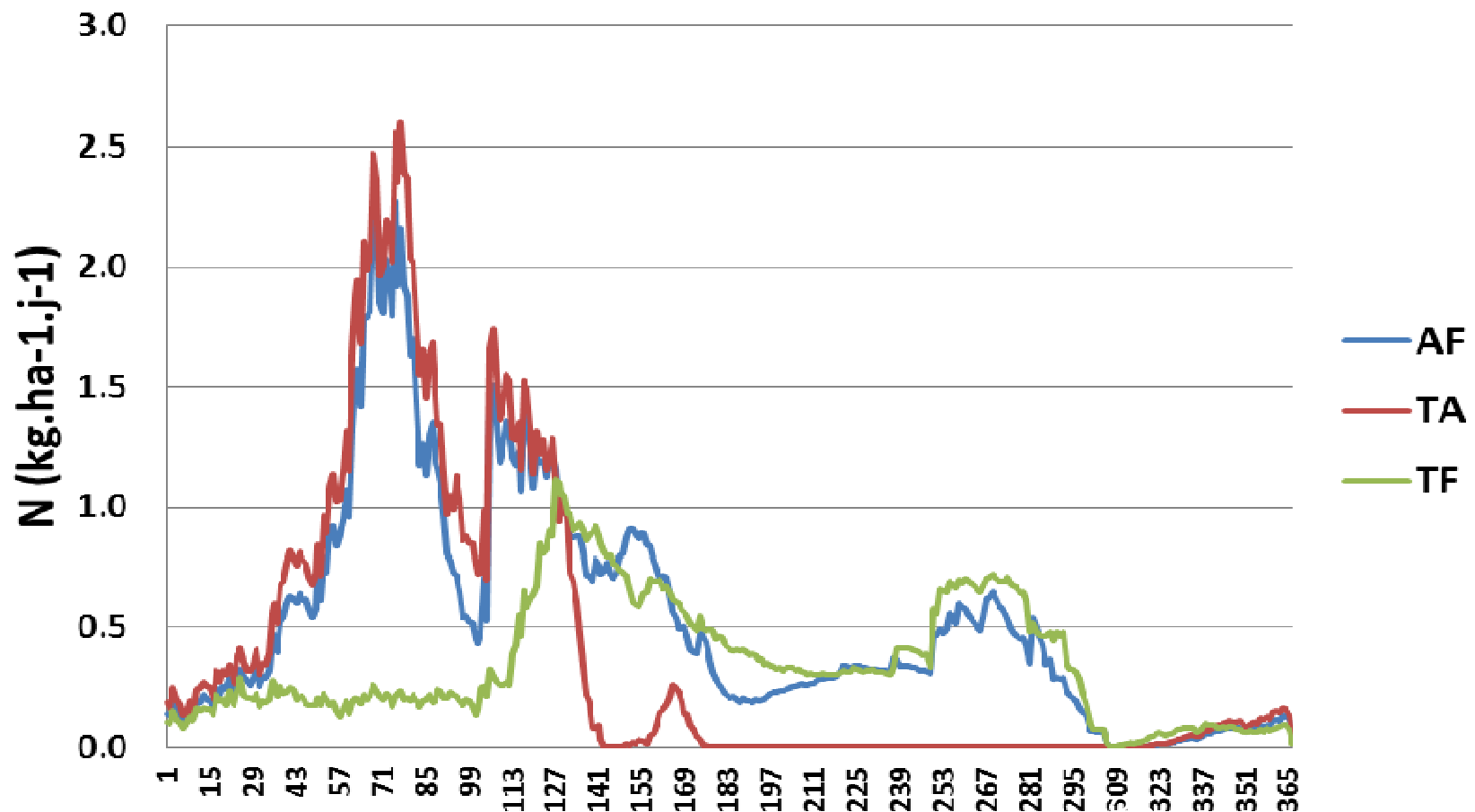


- Motifs de plantation
- Types de cultures intercalaires
- Orientations des lignes d'arbres : Nord-Sud / Est-Ouest
- Variabilité climatique

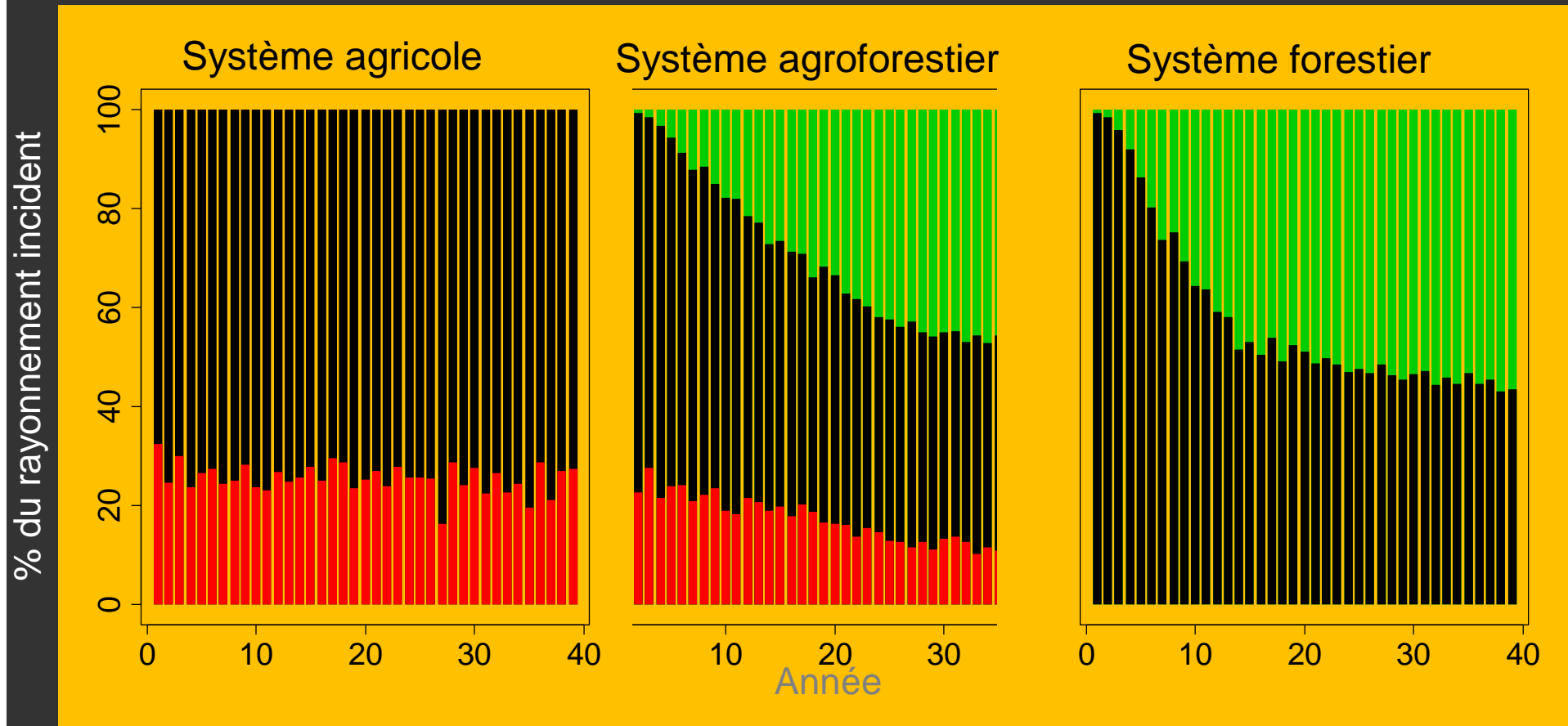
Approche par modélisation : transpiration des arbres



Dynamique intra-annuelle du prélèvement d'azote par le couvert végétal



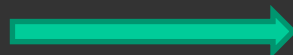
Bilan d'utilisation de la lumière (40 ans)



Quantités relatives de lumière interceptée :

Noyers : 0.73

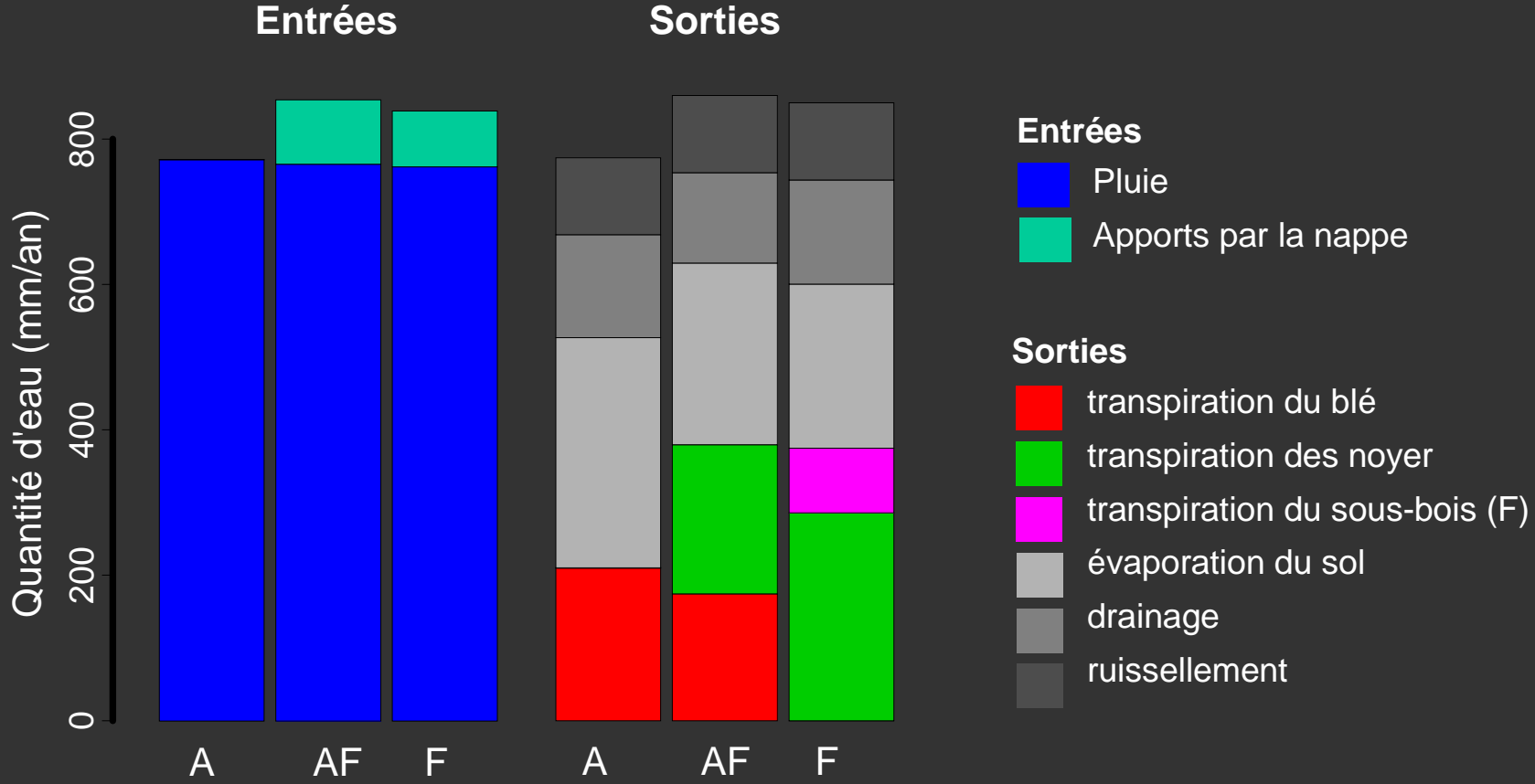
Blé : 0.66



Intensification lumière = 1.39

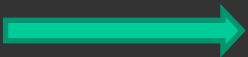
- Noyers
- Blé
- Non utilisé

Bilan hydrique simulé sur 40 ans



Quantités relatives d'eau transpirée :

Noyers : 0.71
Blé : 0.84



Intensification eau = 1.55

Spécificités de l'arbre hors forêt

Croissance rapide

Enracinement profond, induit par la compétition des cultures (d'hiver)

Très résistant au vent

Exemple de mécanismes spécifiques aux systèmes arborés

La pompe à nutriments

Remontée d'éléments nutritifs issus de l'altération de la roche-mère par les racines profondes des arbres

Le filet de sécurité

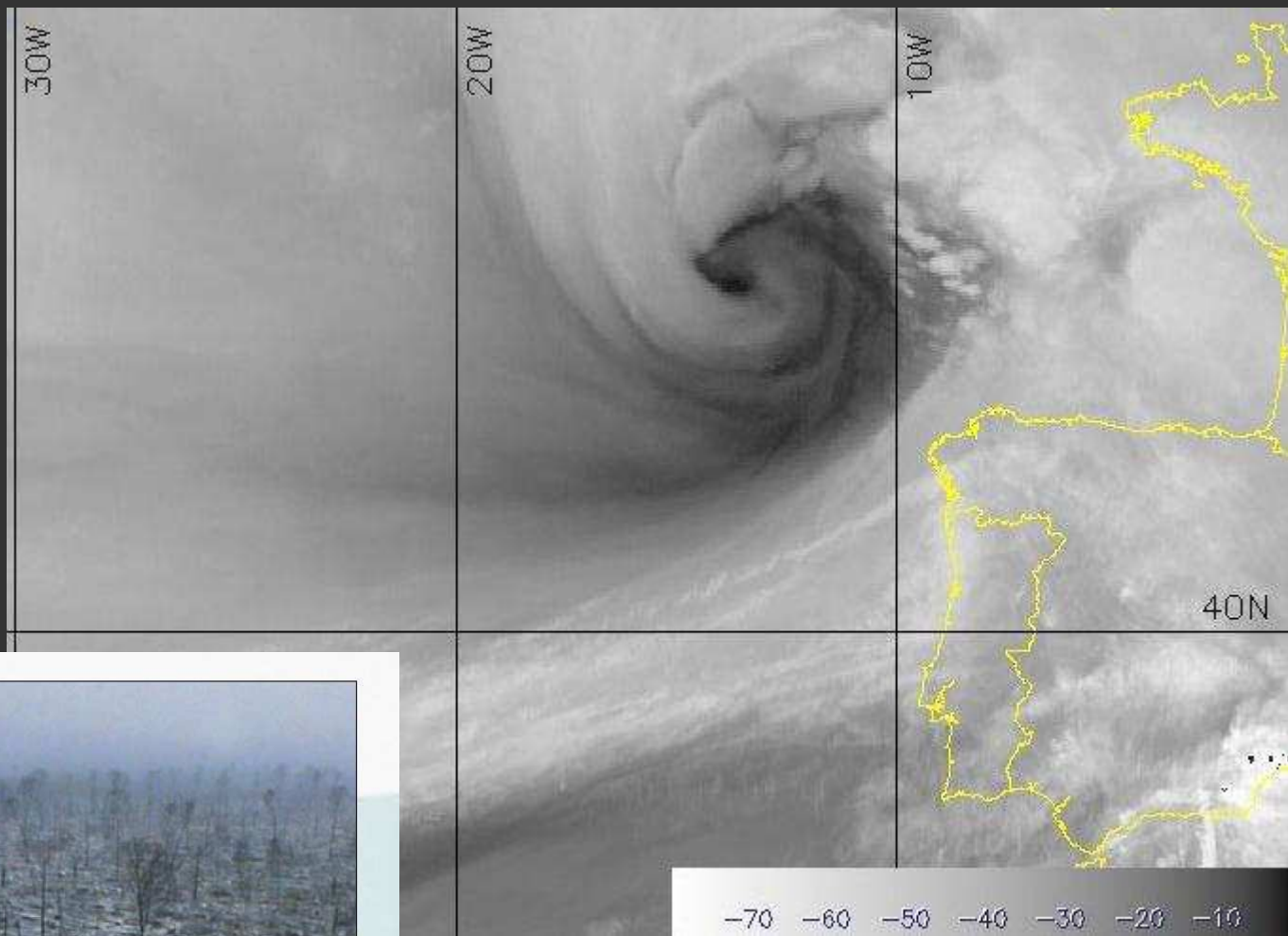
Interception d'éléments nutritifs ou polluants drainés au delà de la profondeur des racines des cultures par les racines profondes des arbres

L'ascenseur hydraulique

Redistribution nocturne d'eau dans le profil de sol par les racines des arbres. Les racines en zone sèche exsudent de l'eau en provenance des racines en zone humide

Quel changement climatique ?

- Augmentation du CO₂
- Augmentation des températures? Lesquelles, et quand?
- Changements de pluviométrie et/ou d'hygrométrie?
- Fréquence des évènements extrêmes (gelées, grêle, vent)
- Concomittances, interactions, enchaînements



About 300 million trees were felled in France, approximately 3% of the national total (photo courtesy AFP)

Tempête Lothar, décembre 1999



Tempête Klaus,
Janvier 2009

Forêt domaniale d'Aulnay

Ferme agroforestière Jollet







Conclusion : résilience des systèmes agroforestiers au changement climatique

Pas de résultats expérimentaux
Modélisations mal validées
Prudence

Résilience de l'interaction
Cultures plus sensibles que les arbres
Arbres hors forêts plus résistants que arbres forestiers
Stress hydriques accentués moins dangereux

Beaucoup de mécanismes à effets incertains ou contradictoires

Exemple sur l'interaction:
chute des feuilles automnale plus tardive = problèmes avec les
semis de céréales d'hiver





Thanks for your attention