

Le changement climatique et ses conséquences. Des moyens pour s'y adapter

Dr. Jean-François Berthoumieu

ACMG AGRALIS Services

Aérodrome Agen

47520 – Le Passage – France

Tel. 00 33 553 77 08 48

acmg@acmg.asso.fr

jfberthoumieu@agralis.fr





Association Climatologique de la Moyenne Garonne et du Sud-Ouest

Crée en 1959

Centre expérimental Climat de la filière Fruits et légumes du Bassin du Grand Sud-Ouest

- Agro climatologie
- recherche appliquée sur le gel, la grêle, la pluie et le stockage inter saisonnier de l'eau,
- Services pour les agriculteurs: irrigation, télédétection, ...
- Gestion de l'eau, sondes capacitatives
- Environnement, biomasse

ACMG

**Aérodrome d'Agen
47520 LE PASSAGE**

**Tel 33 553.77.08.40
Fax 33 553.68.33.99
acmg@acmg.asso.fr
Internet
www.acmg.asso.fr**



11/13 personnes

Président : Jean-Claude Boyer

Crée en 2003

Directeur : Dr Jean-François BERTHOUMIEU

Membre Terres du Sud: Patrick François



Le temps aujourd'hui...

Et demain ? >>>>

- TELECHARGEMENT FICHIER**
- > [CHANGEMENT CLIMAT](#)
 - > [SECHERESSE 2006 \(47\)](#)
 - > [ASSEMBLEE Gnlle 2006](#)
 - Publications Cloud seeding – OMM
 - > [New concept of hail prevention using hygroscopic flares](#)
 - > [Lakes of 2nd generation](#)

Ce service est momentanément suspendu. Merci de consulter notre kiosque téléphonique 08.92.68.47.82

Cliquer ici

L'Association Climatologique de la Moyenne-Garonne et du Sud-Ouest (ACMG) propose aux agriculteurs et toutes personnes intéressées une assistance et des solutions techniques pour la gestion des aléas climatiques au quotidien.

Retrouvez les services de l'ACMG et de sa filiale Agralis-Services : prévisions météo, gel, climatologie, irrigation, agriculture de précision, pluie et grêle, environnement, ...

ENTREZ >>>

Cliquer là pour les suivis irrigation et les conseils en ligne

ACMG
Aérodrome d'Agen
47520 Le Passage
Tél : +33 (0) 5 53 77 08 40
Fax : +33 (0) 5 53 68 33 99
E-mail : info.acmg@acmg.asso.fr

Nos partenaires...



Appui Technique aux Irrigants de Lot-et-Garonne
Référentiel de parcelles - 2006

[Voir les courbes d'évolution des réserves hydriques](#)

[Télécharger le dernier Message Conseil Irrigation](#)

Fraises - Prune - Pomme - Kiwi - Noisette - Noix - Betterave porte graines
Maïs grain - Maïs doux - Maïs semence - Tomate - Tabac





L'irrigation de précision pour une meilleure valorisation de la ressource en eau

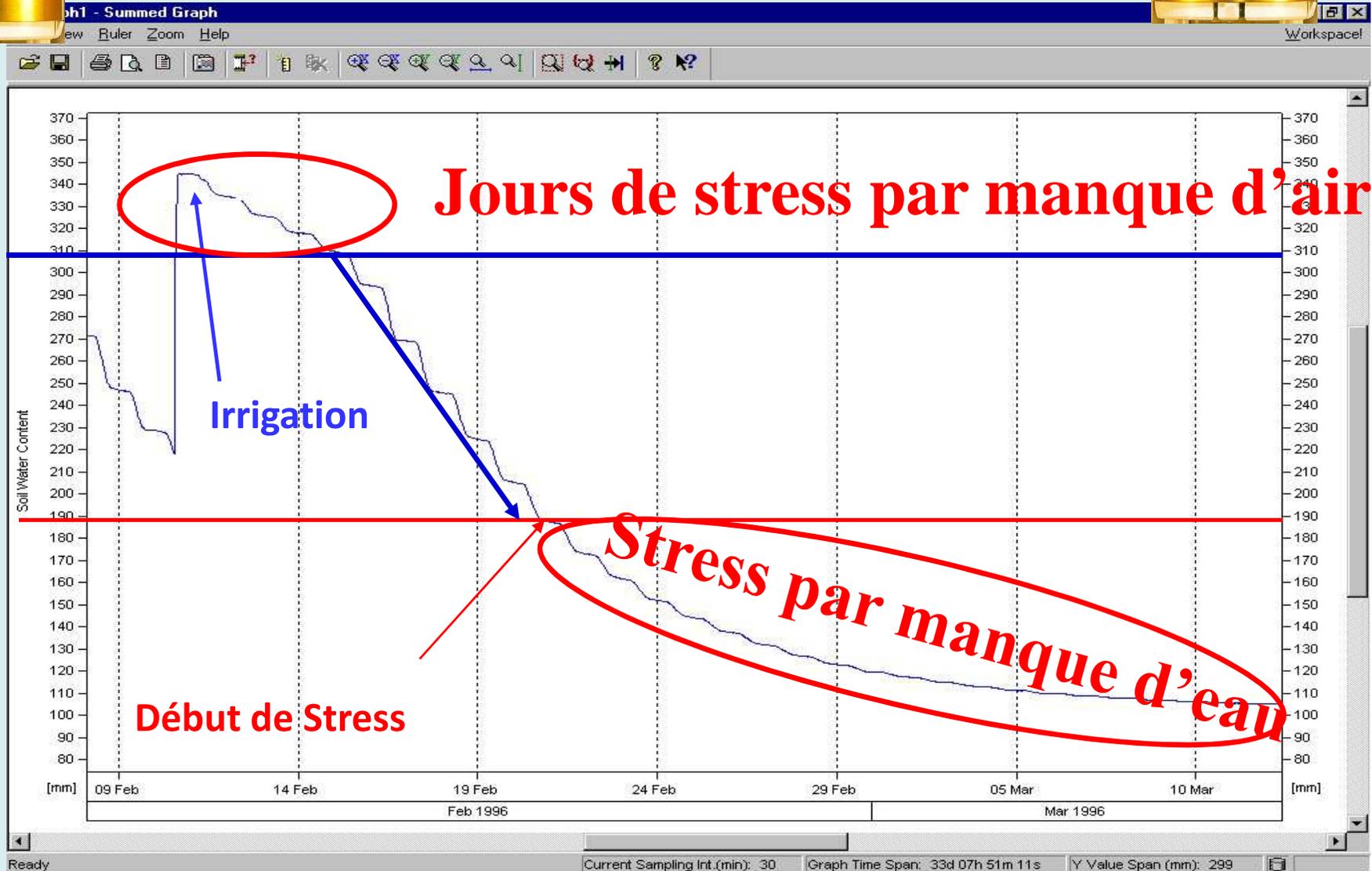
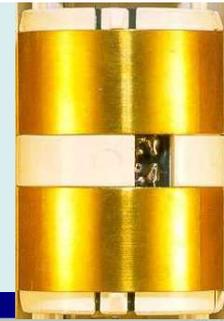


**Se poursuit
jusqu'en
2011 avec
TELERIEG**



Pilotage de précision

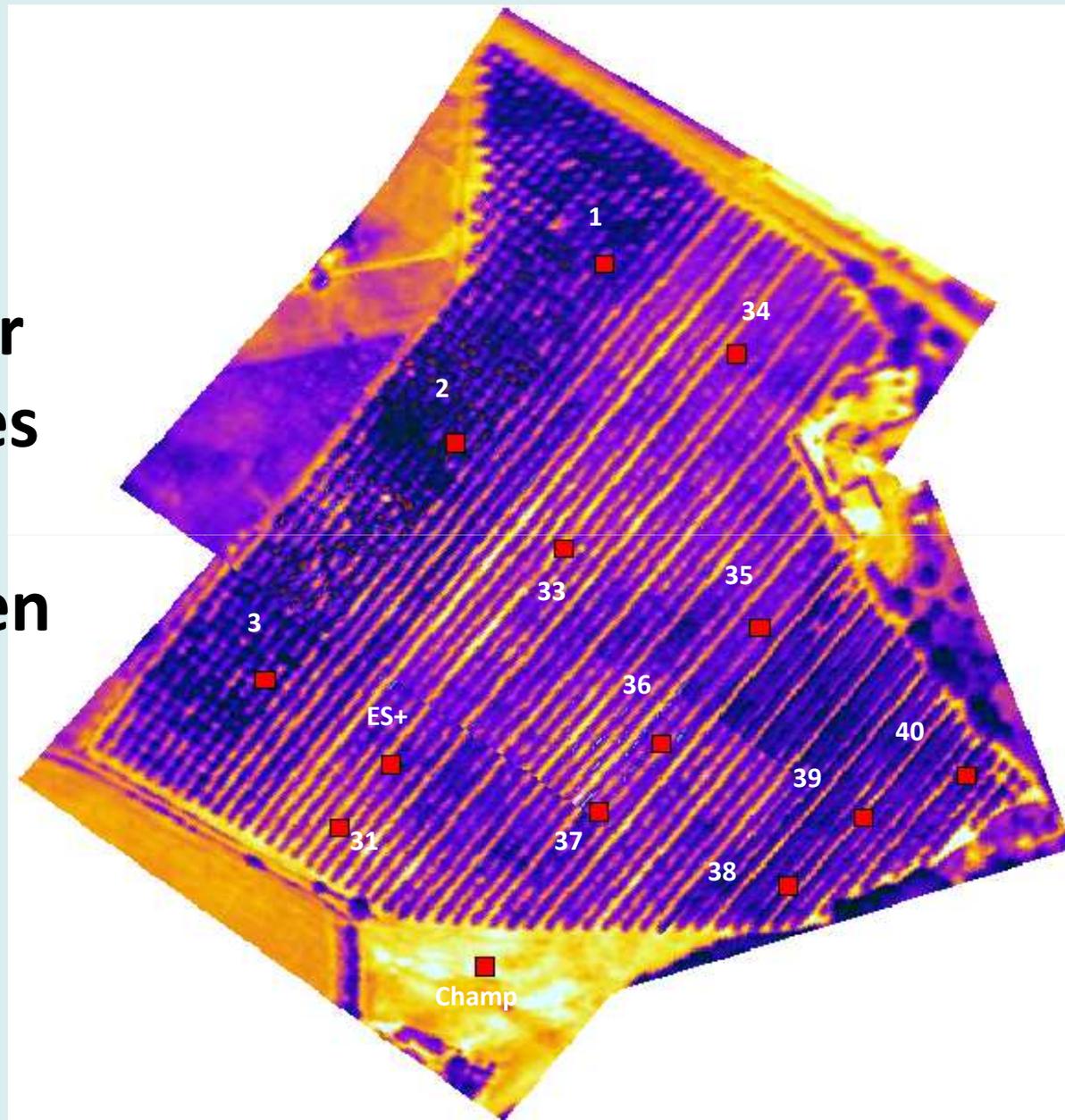
Sondes Sentek



Neuf Partenaires du Sud-Ouest de l'Europe



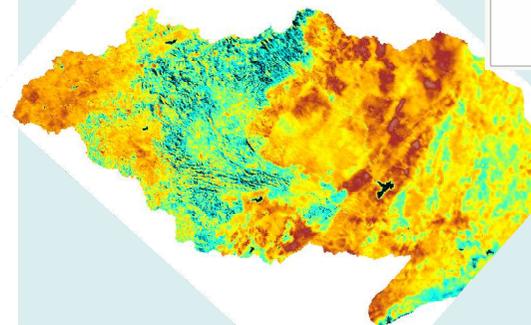
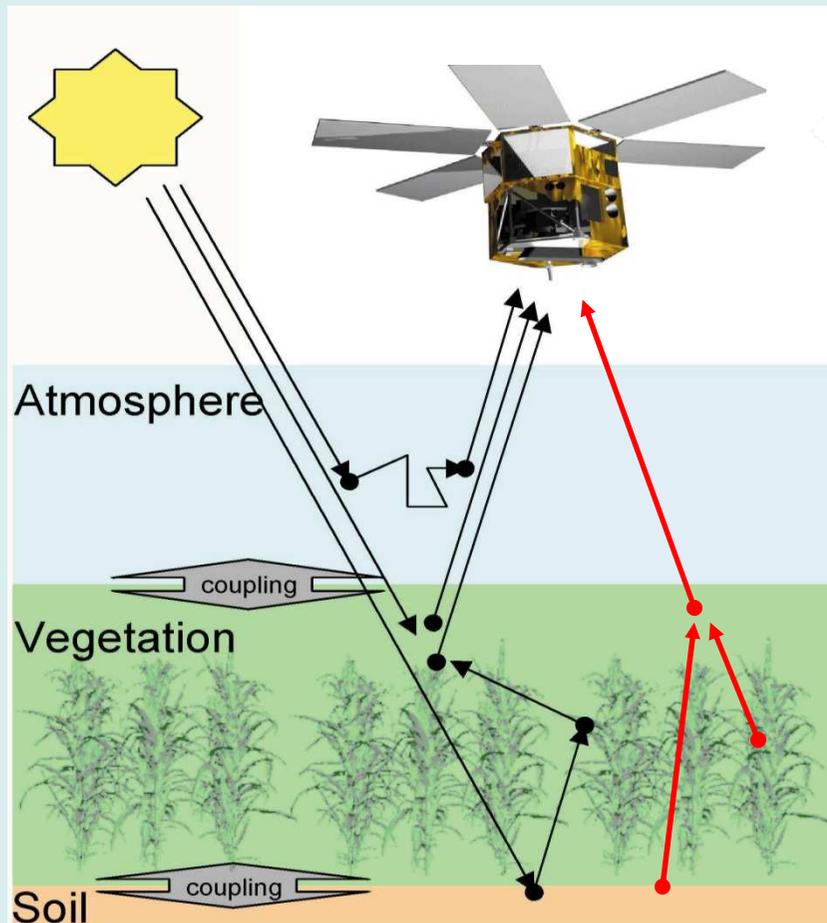
**Rôle du
Thermique pour
diagnostiquer les
arbres qui
fonctionnent bien
des arbres
stressés**



Prévoir d'intégrer dans peu de temps les nouveaux moyens par satellite

Sun

Satellite



L'utilisation du modèle SEBAL est testée

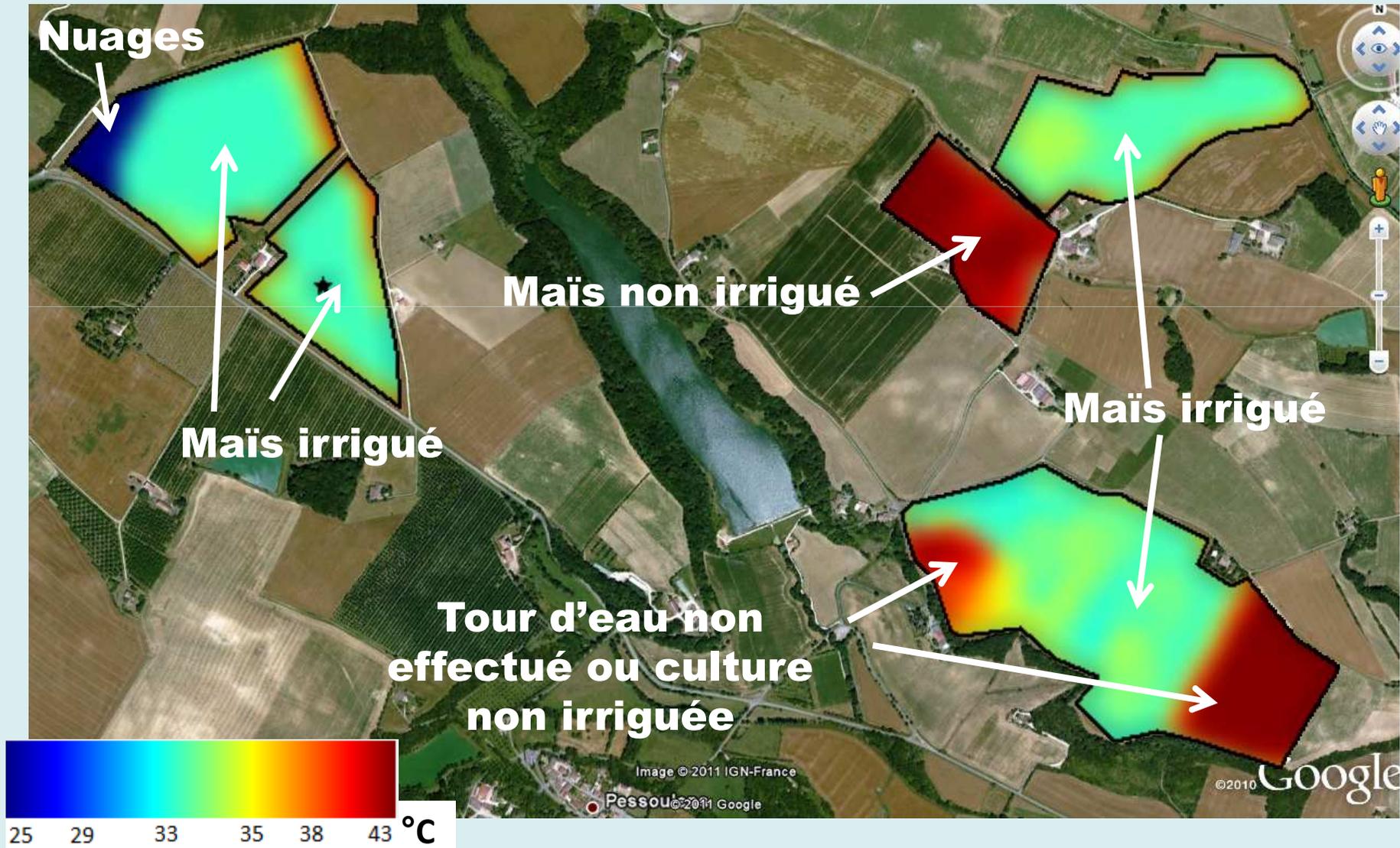
SUDOE

Interreg IV B
www.interreg-sudoe.eu

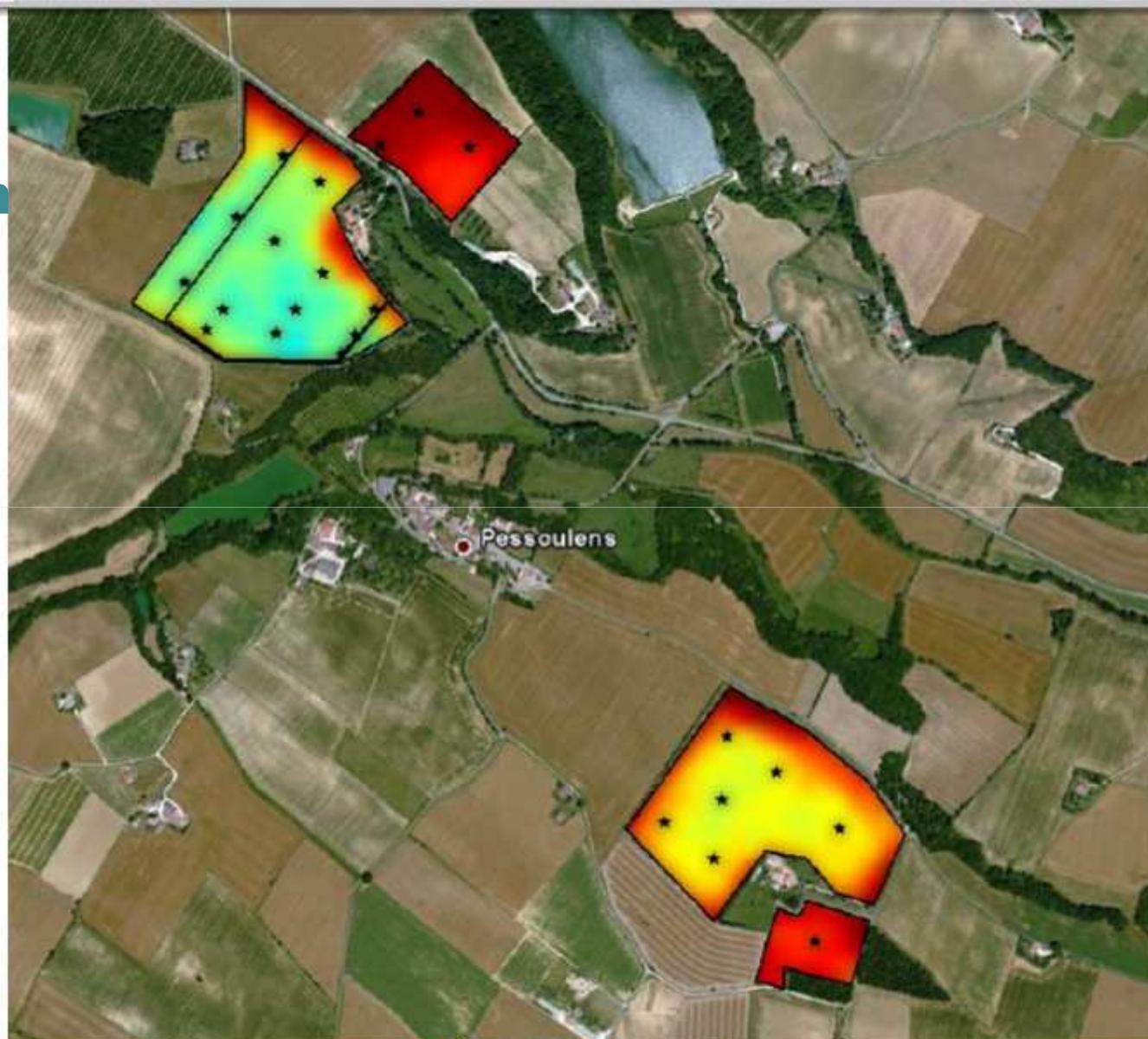
www.telerieg.net



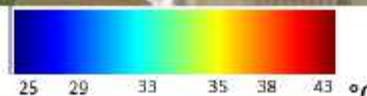
Completed with remote sensing with thermal pictures 12 août 2011



Test de démonstration 2011



21/08/2011



CONFIRME PAR TELERIEG

Observation des gradients de températures sur le territoire par télédétection spatiale

www.telerieg.net

Programme européen de recherche appliquée sur l'irrigation de précision (2009 – 2011)

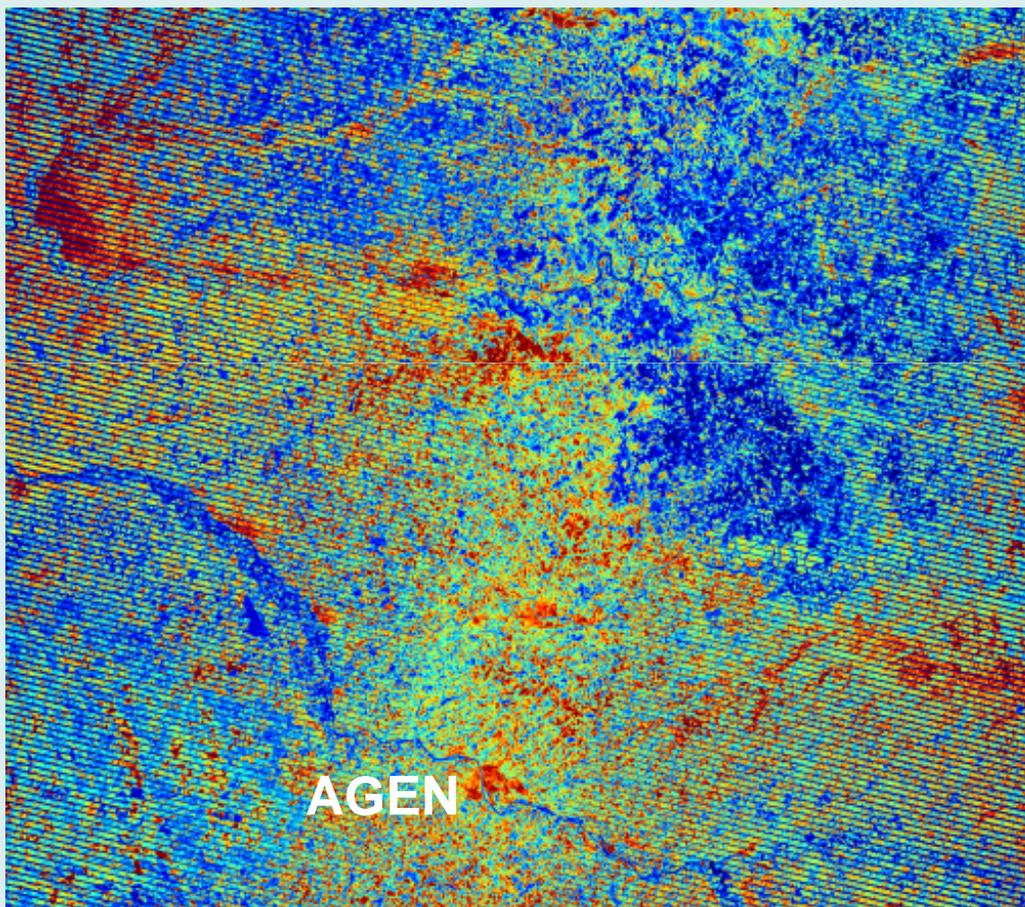
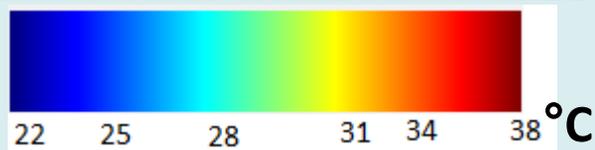


Image Landsat
Température de surface
19/07/2010

Résolution de pixel : 30 m

De grandes différences de températures entre villes et campagne !



Bas Intrants 2010/2013

Projet CASDAR



**Tester sur prunier d'Ente et pêchers
de modes de pilotage de l'irrigation et
de la fertilisation économes tout en
permettant un revenu intéressant**



ADAPTACLIMA II

Démarre en novembre 2012

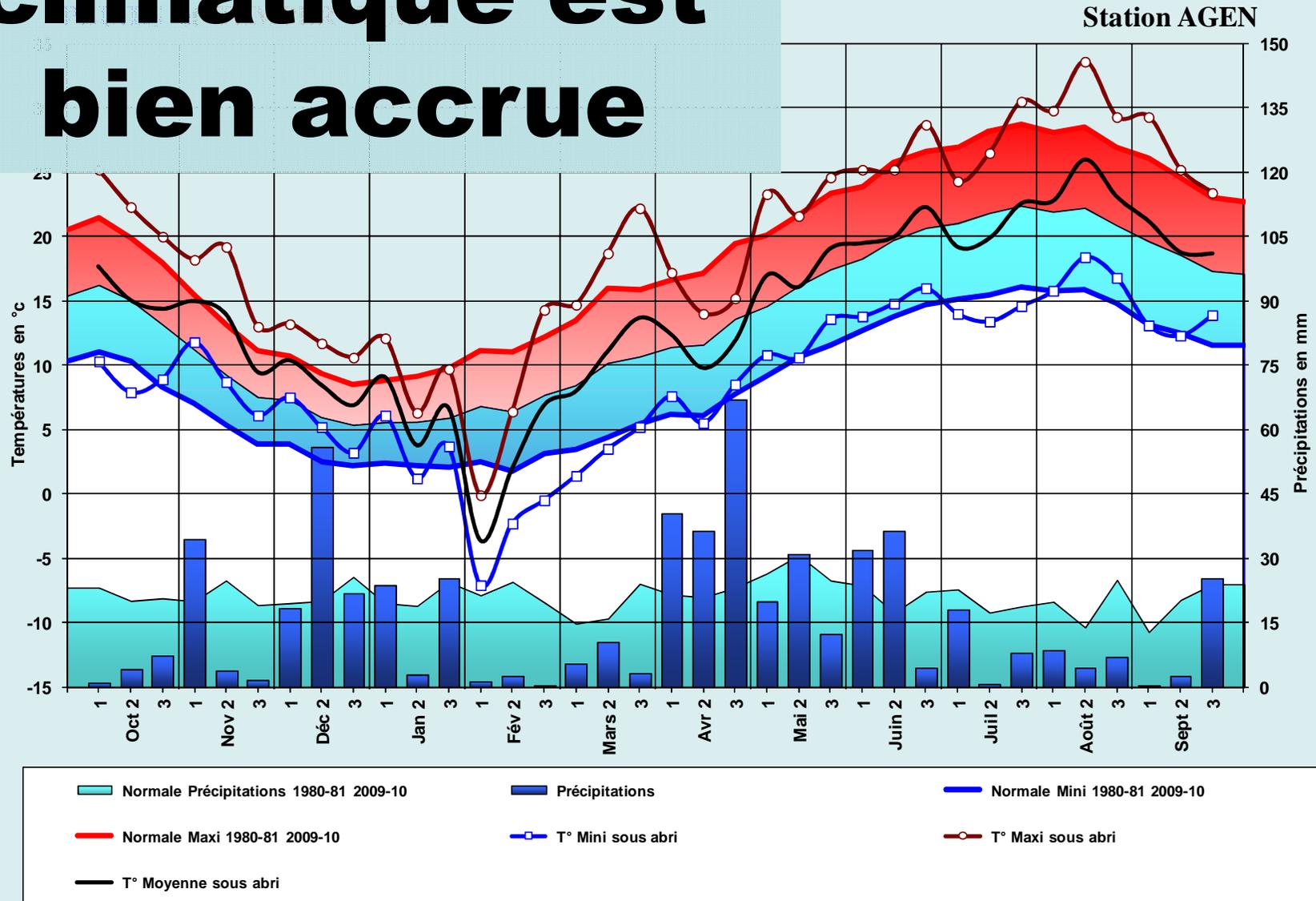
jusqu'à 2014

**Objectif : diagnostic thermique
des villes et lien ville/campagne
autour de l'eau**

Plan de l'exposé:

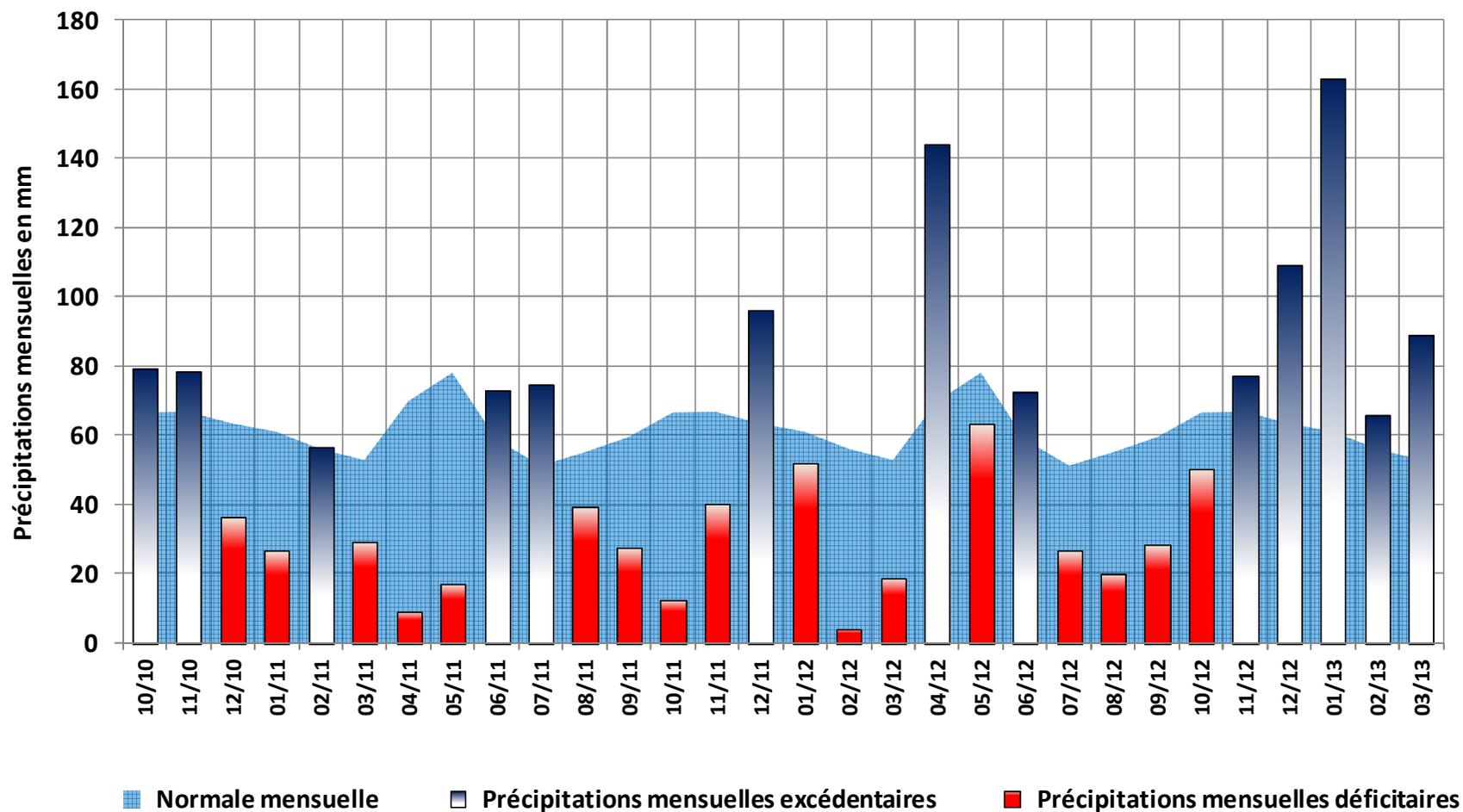
- **Quel changement climatique dans le Sud-Ouest ?**
- **Que nous enseigne le passé pour anticiper le futur?**
- **Comment pouvons nous nous y adapter au mieux?**

La variabilité climatique est bien accrue





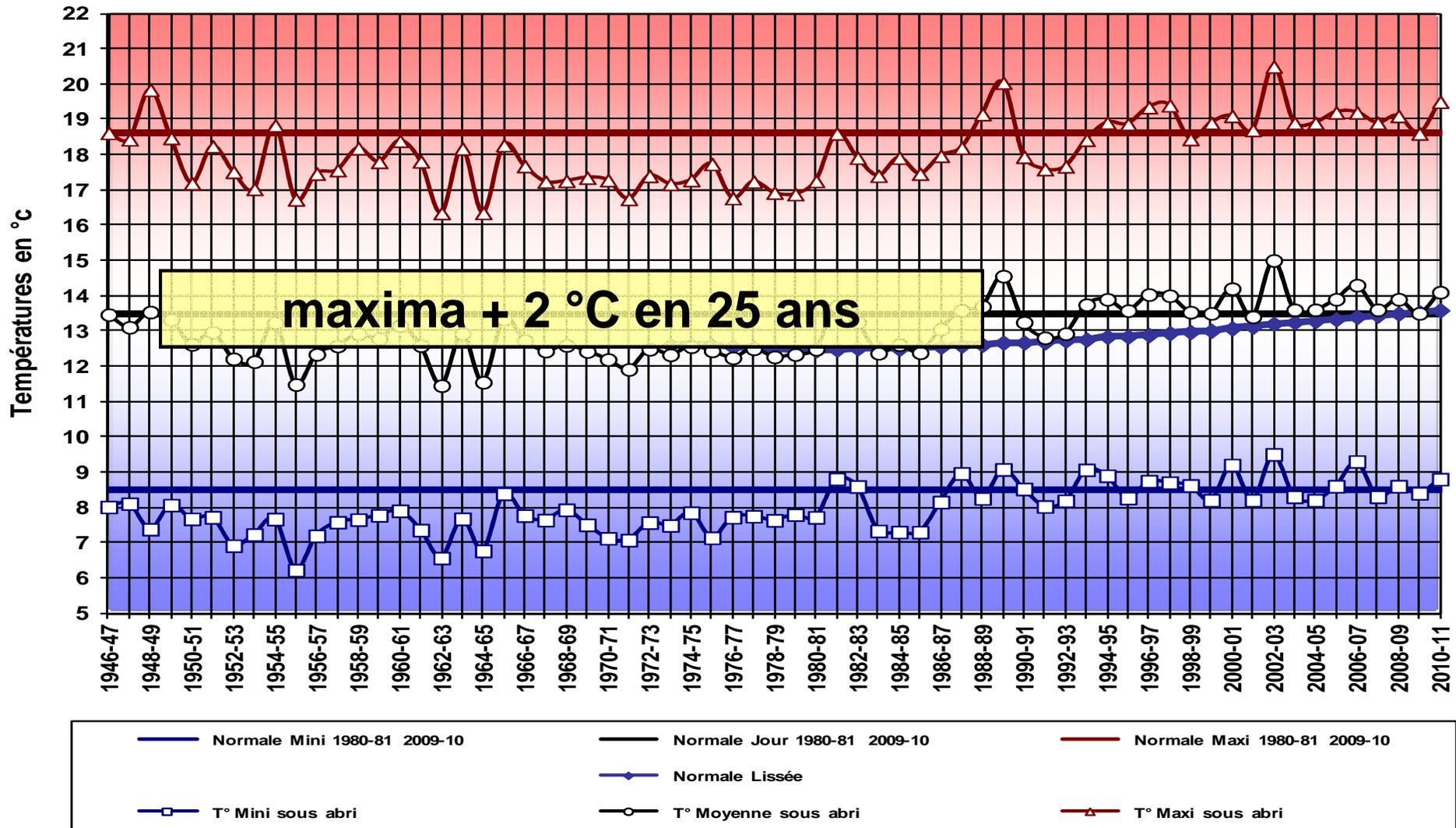
Précipitations mensuelles comparées à la Normale 10/2010 à 03/2013 - Secteur Agen



Historique des températures

Années agricoles 1945-46 à 2010-11

Station Agen



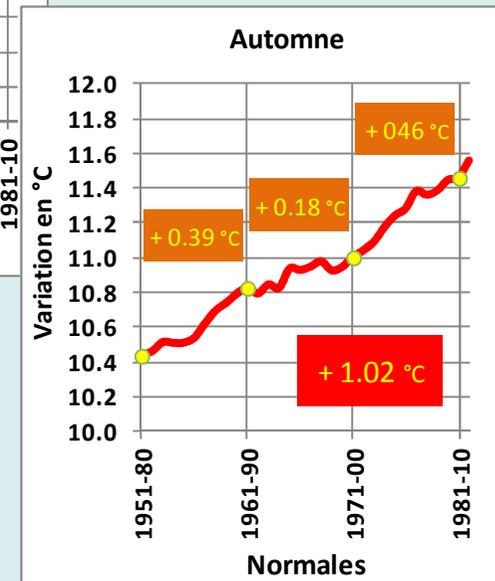
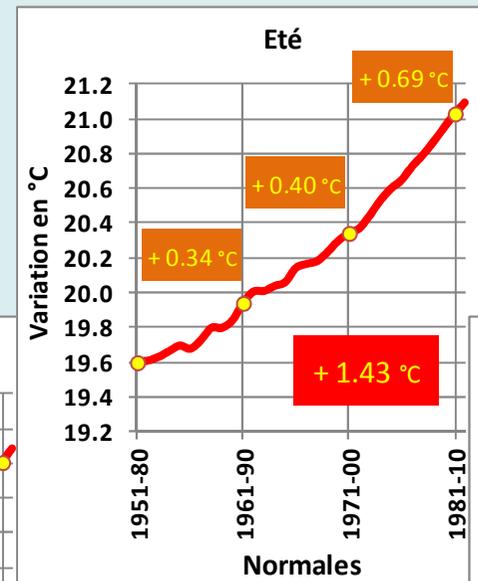
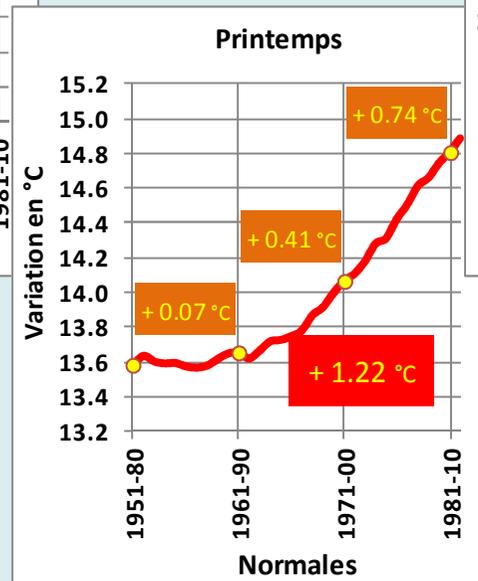
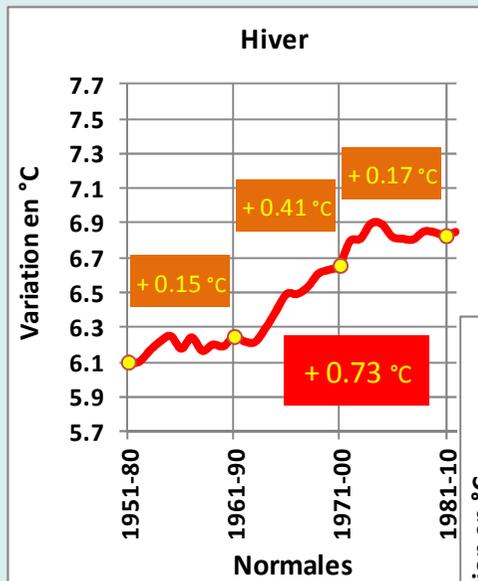
**Le réchauffement climatique est bien là
quoiqu'en disent les semeurs de doutes!**

CHANGEMENT CLIMATIQUE

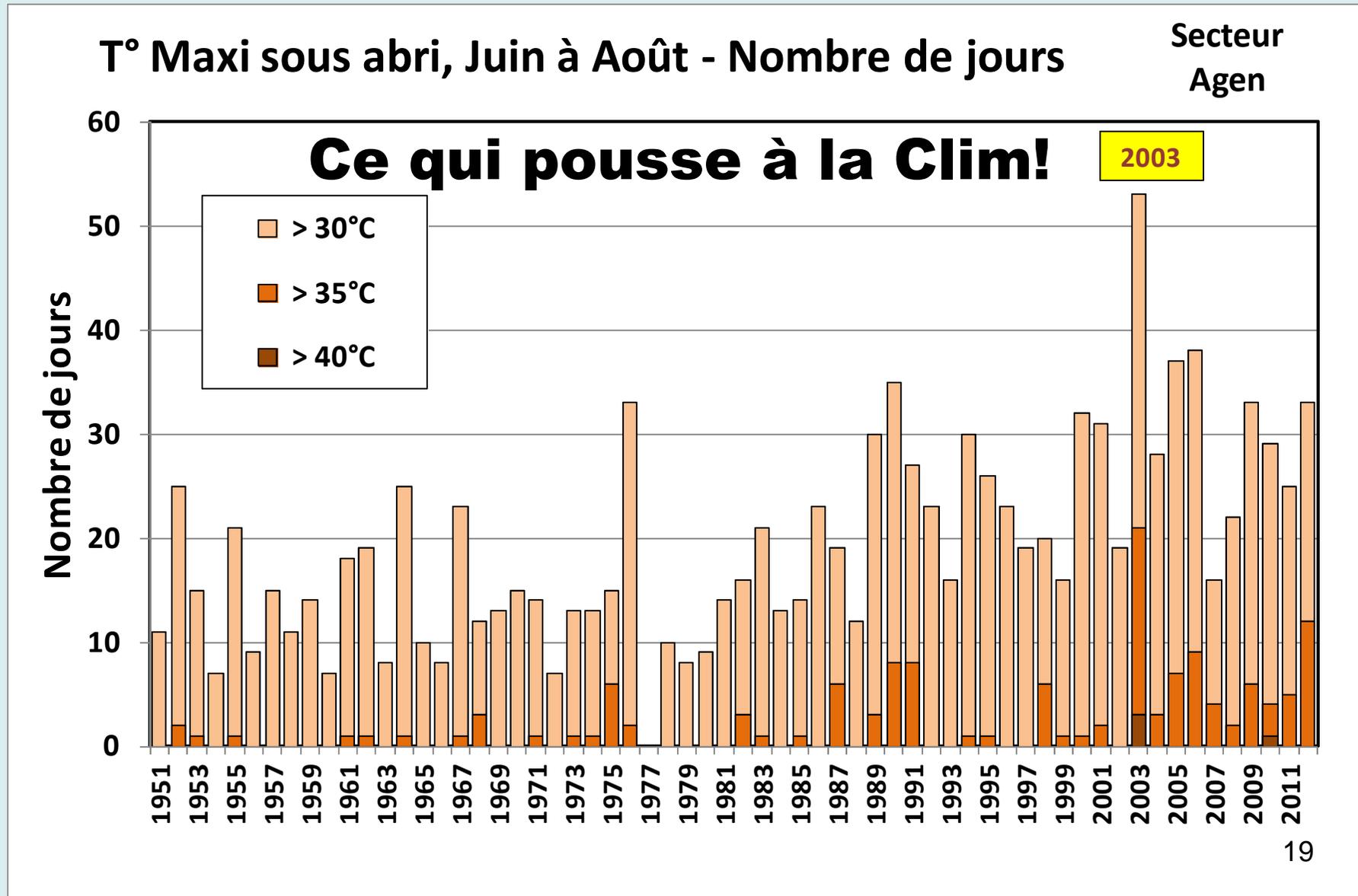
Evolution des Normales sur 60 ans – Secteur Agen



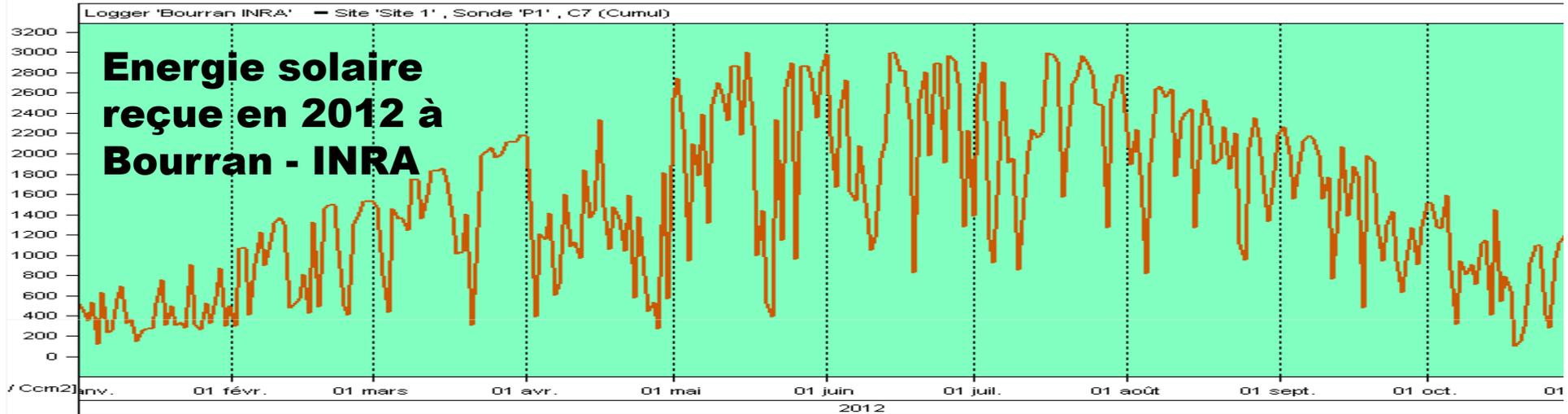
Température Journalière Sous Abri



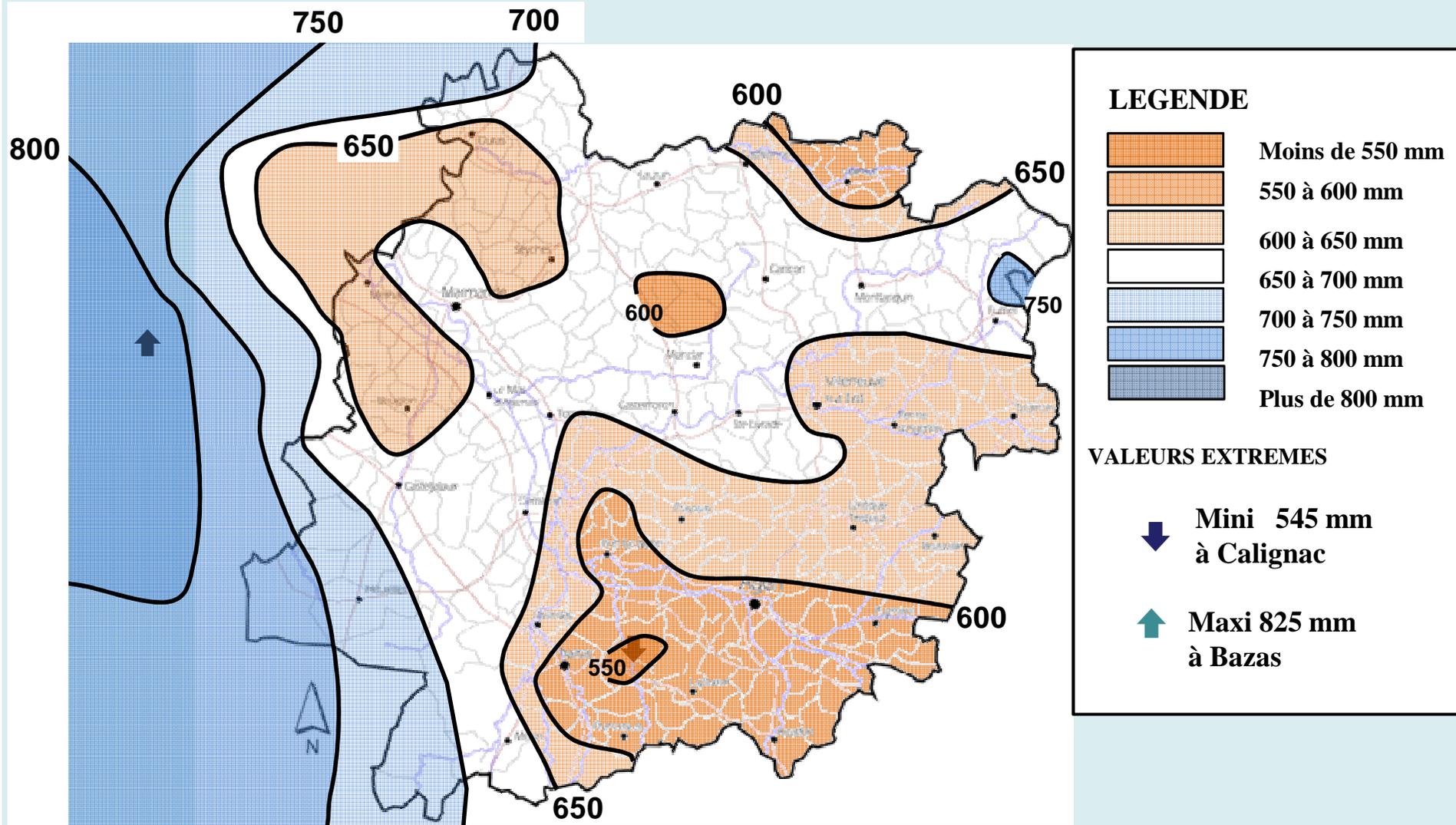
En été, de plus en plus chaud



Des données de température à 10 cm dans le sol et du rayonnement global qui illustrent l'évolution probable à venir



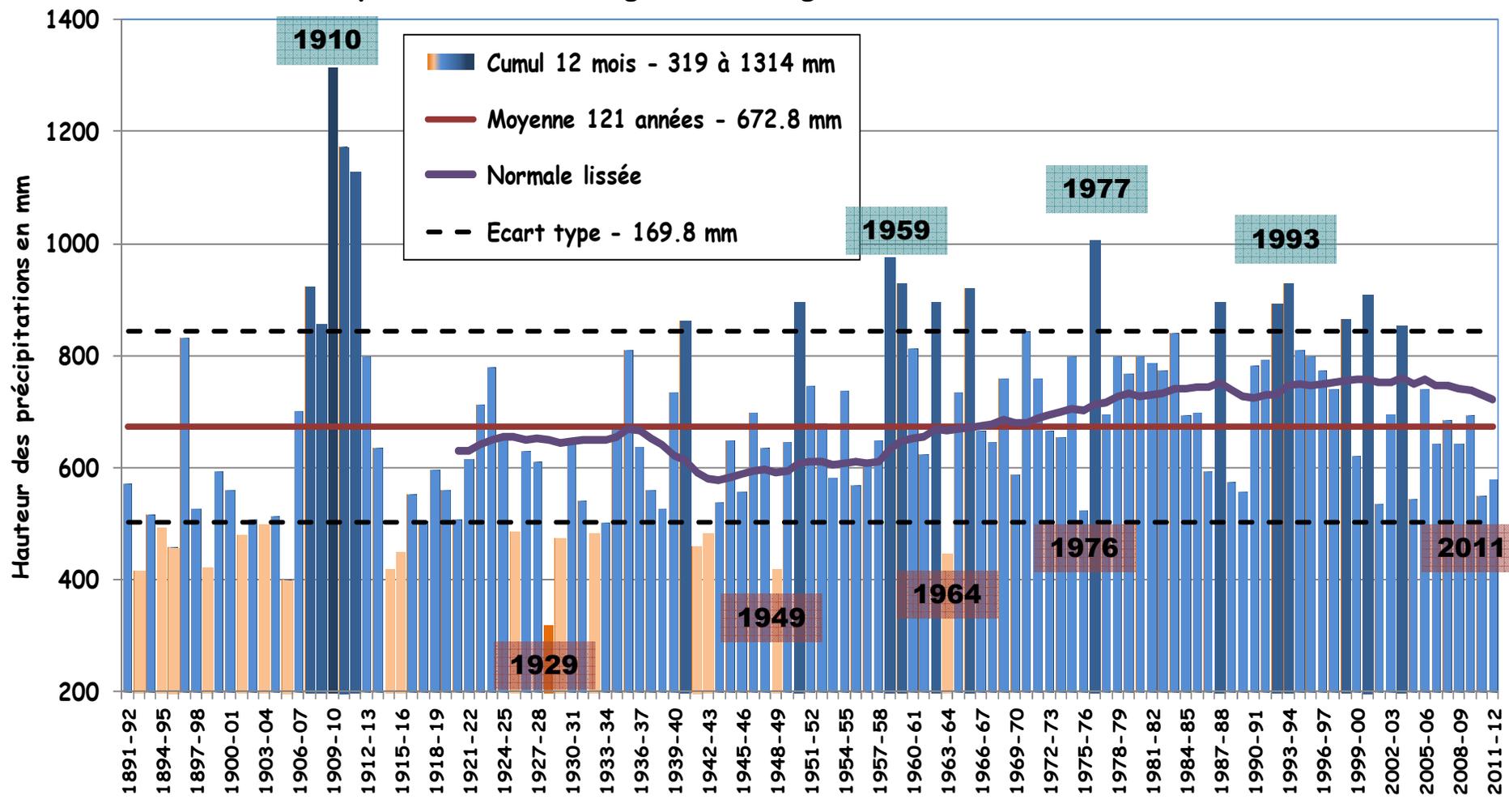
CUMUL DES PRECIPITATIONS D'OCTOBRE 2011 à SEPTEMBRE 2012



**DES PRECIPITATIONS VARIABLES PAR NATURE
QUAND ELLES SONT CONVECTIVES**

De seulement 319 à plus de 1300 mm par an à Agen Avec une variabilité importante!

Précipitations année agricole - Agen - 1891-92 à 2011-12

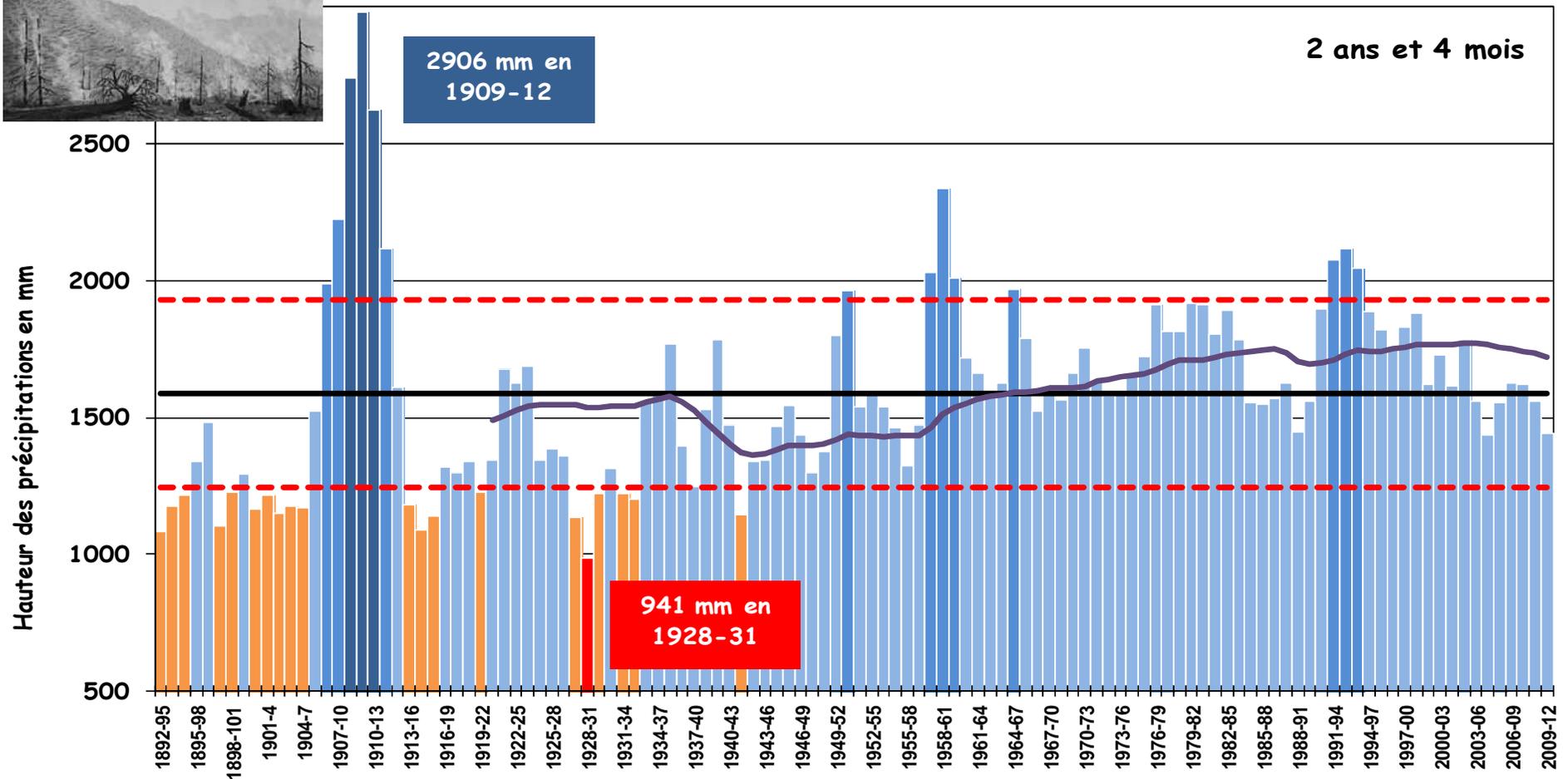


Avec des conséquences sociales, économiques et environnementales lors de chaque sécheresse

Météore à Toungouska 30 Juin 1908



Précipitations cumulées à Agen du 1er octobre au 31 janvier an + 3

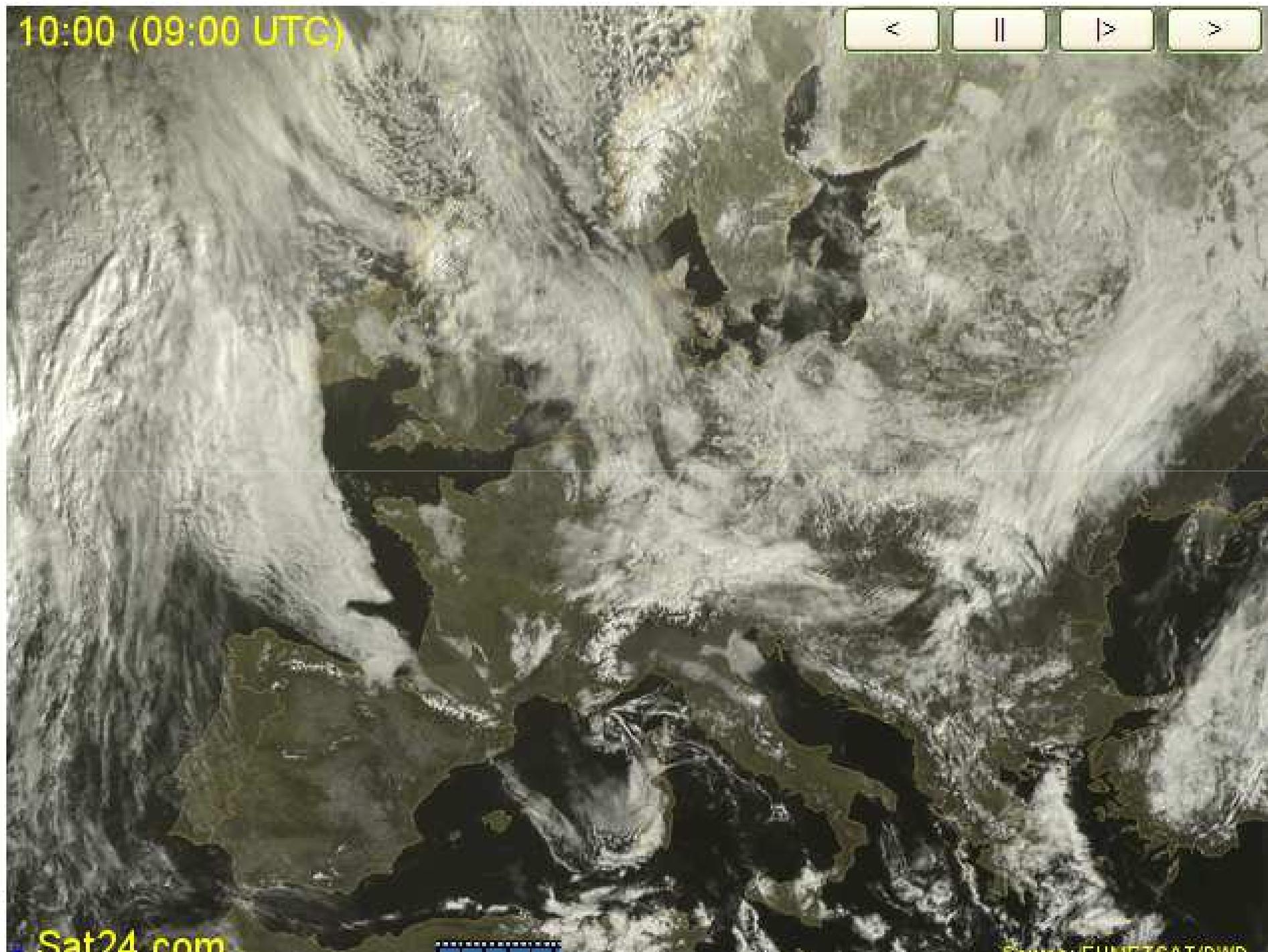


Chyba, C., P. Thomas, and K. Zahnle 1993. "The 1908 Tunguska Explosion: Atmospheric Disruption of a Stony Asteroid". Nature 361, p. 40-44. (Calculation of size of the bolide.)



Photo of June 15, 1991 eruption of Mt. Pinatubo in the Philippines, which had a VEI of 6 and lowered world global temperatures by 1 degree Fahrenheit from 1991-1993.
(Image: USGS, by Dave Harlow)

10:00 (09:00 UTC)



Sat24.com

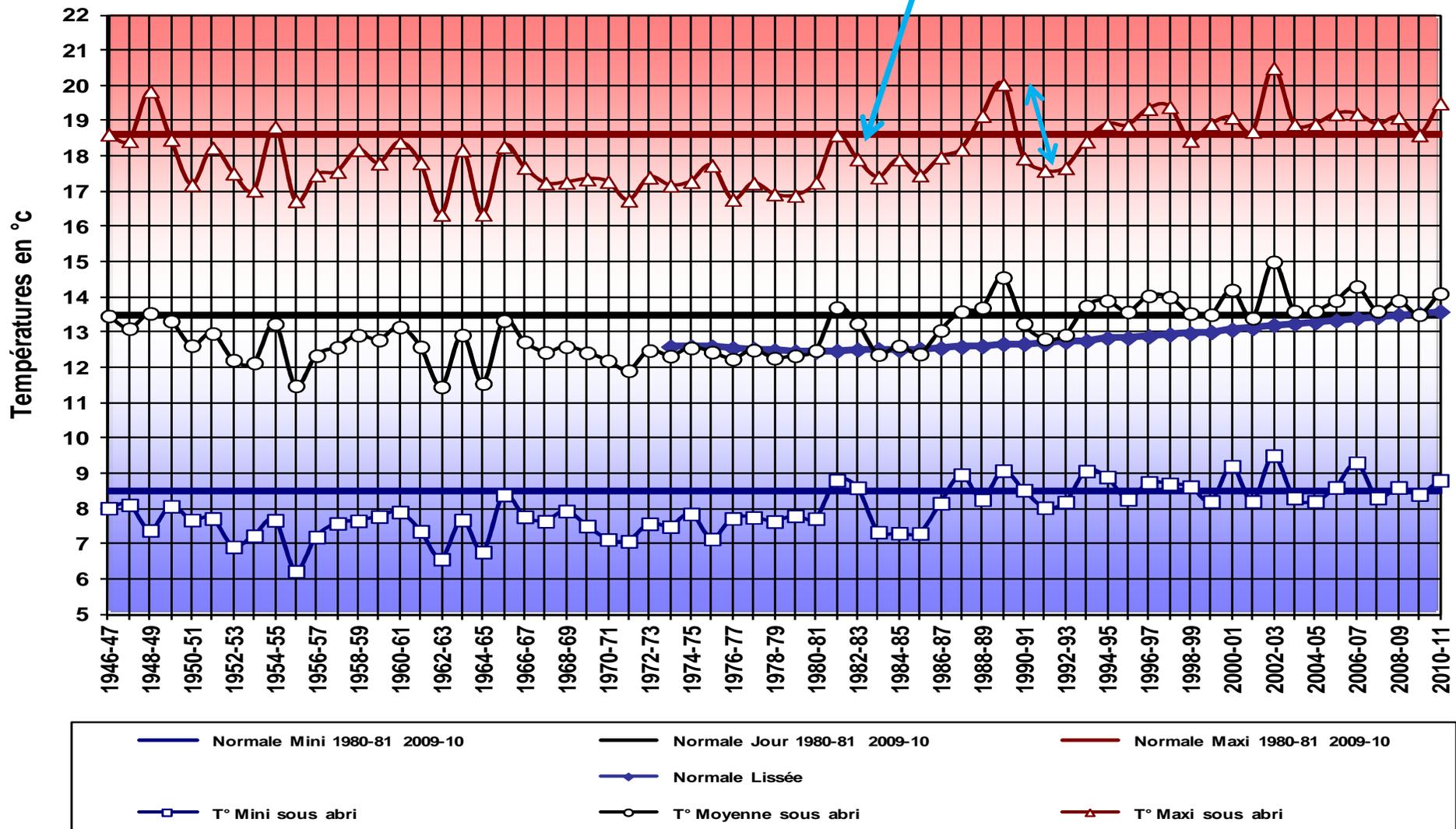
Source: EUMETSAT/DWD

Historique des températures

Effet du Mont Saint Hélène?

Années agricoles 1945-46 à 2010-11

Station Agen



La baisse de 2°C entre 1990 et 1992 est liée au cendres éjectées par le Pinatubo

En 1815 le Tambora!

- The amount of volcanic ash spewed into the atmosphere by Mount Tambora lowered global temperatures by as much as 0.7–1.3 °F. Much cooler temperatures in many parts of the world the year after the eruption led to worldwide harvest failures, which is why that year is also known as the “Poverty Year.”

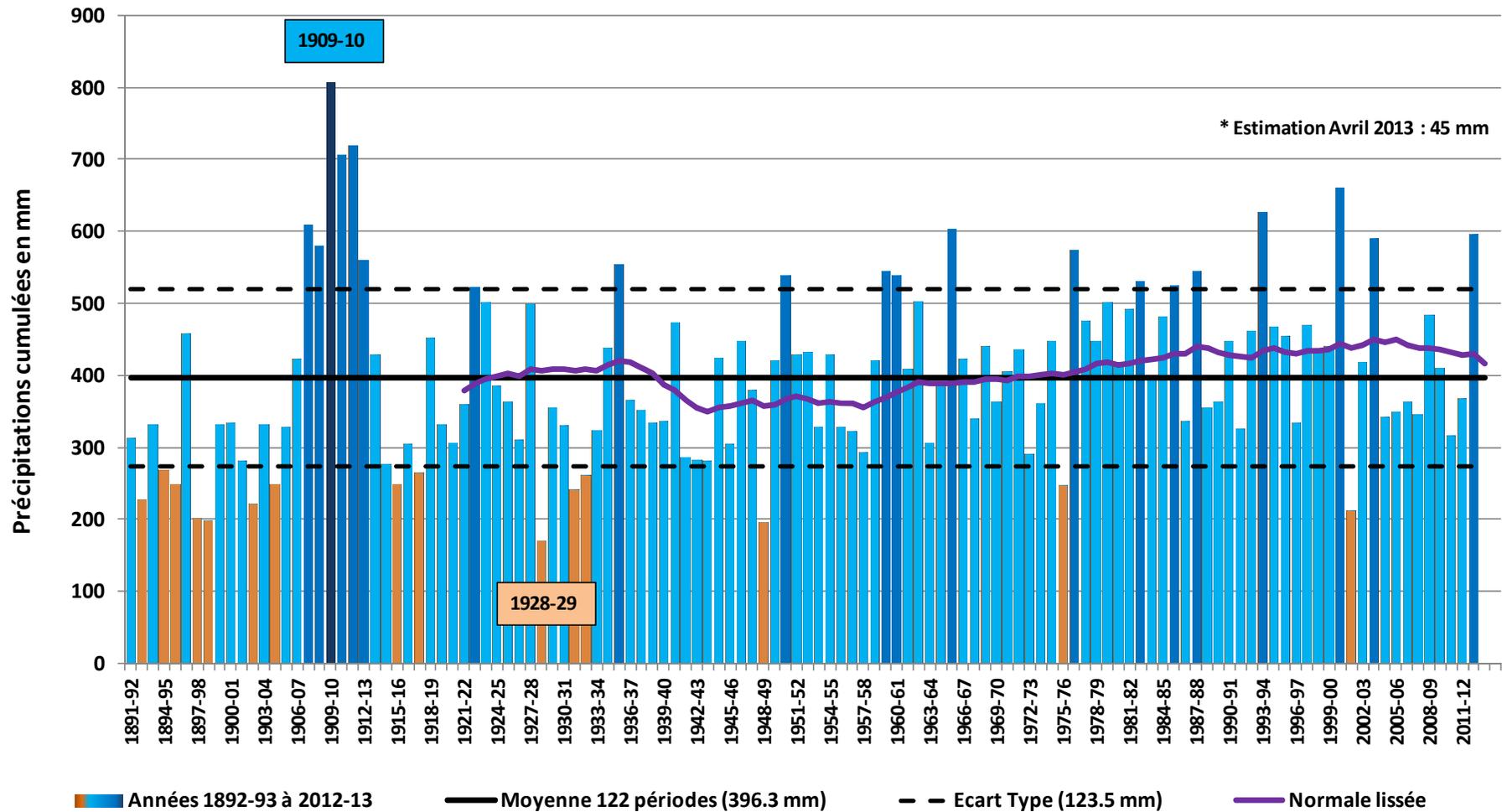
Science 14/04/2013

<http://membercentral.aaas.org/blogs/scientia/year-without-summer>



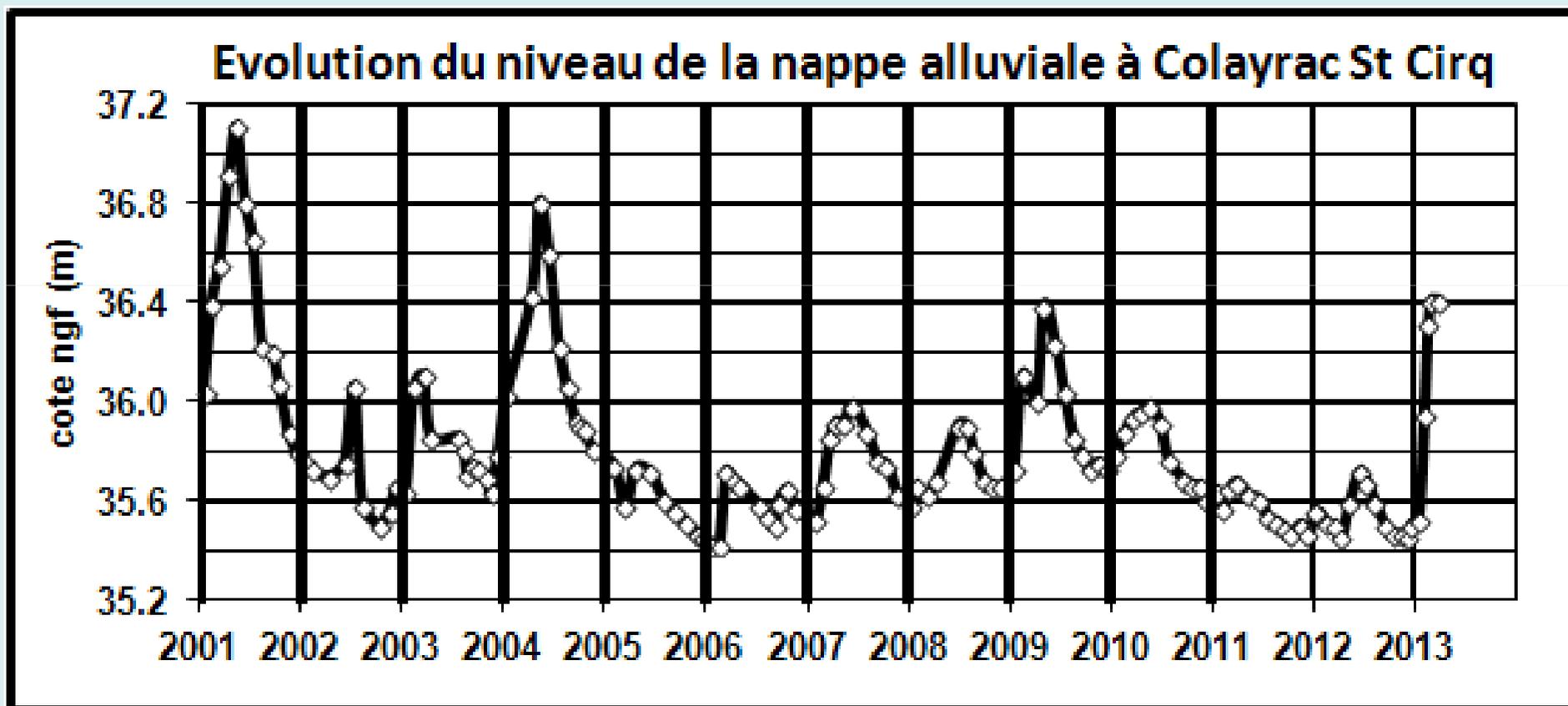
Effet des pluies sur les nappes

Pluies cumulées Octobre à Avril - Secteur Agen





Effet des pluies sur les nappes

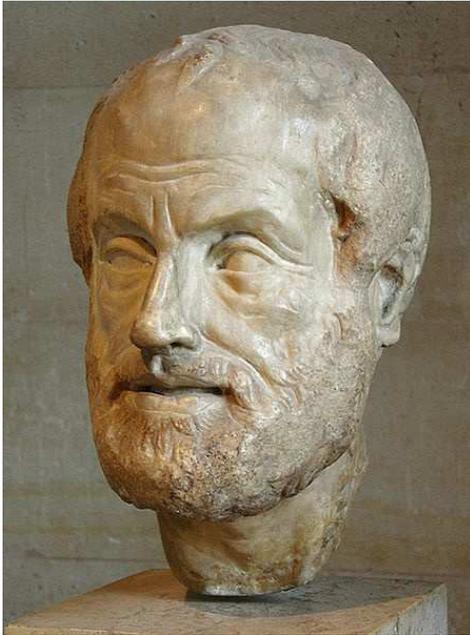


Premiers constats

- **Notre climat est variable et subit des contraintes dues aux poussières apportées par des volcans ou des météores**
- **Pour l'instant la résilience est confirmée au bout de 2 à 5 ans suivant la charge en particules réfléchissantes de l'atmosphère qui doivent être lessivées par les précipitations.**

Rapide historique de notre compréhension du changement climatique

- Du temps d'Aristote au Moyen-âge
- Depuis que le travail scientifique apporte des connaissances
- Aujourd'hui et demain!



Dans *Meteorologica*, Aristote, - 384 à -322, nous enseigne que “on obtient un processus circulaire qui suit la course du soleil ... qui circule vers le haut puis le bas et est constitué en partie d’air et d’eau.”



- Il nous dit également que l’énergie sèche, le bruit, permet de lutter contre les orages et la grêle,

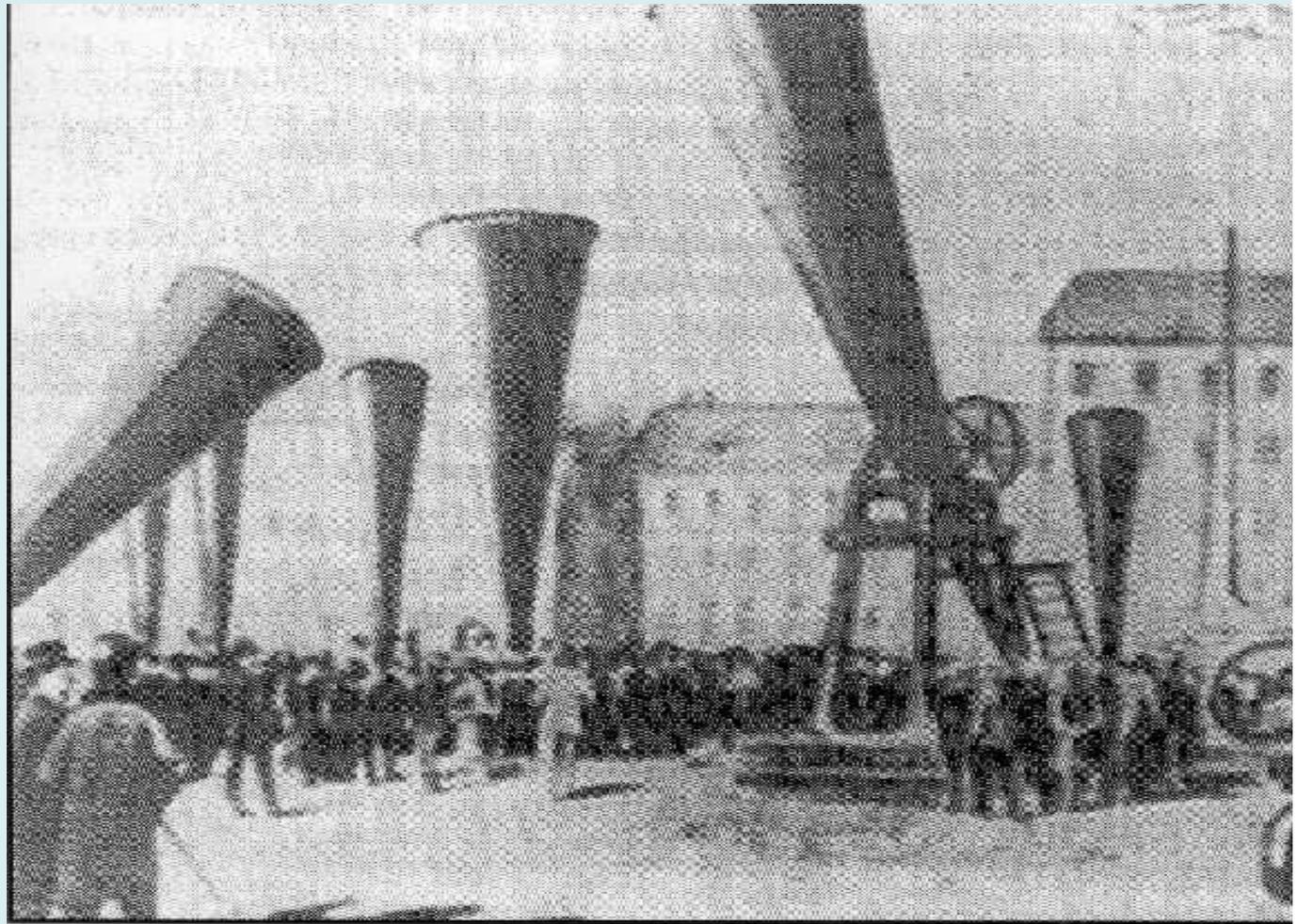


Averroes (1126-1198)

Ibn Ruchud

- Cette connaissance qui avait été perdue à la fin de l'empire Romain avait été heureusement préservée dans la civilisation arabe
- Les moines Espagnols redécouvrent ce savoir par l'intermédiaire d'un des plus grand philosophe arabe, Averroès
- Ces théories sont transmises sans être remises en question durant le Moyen-âge

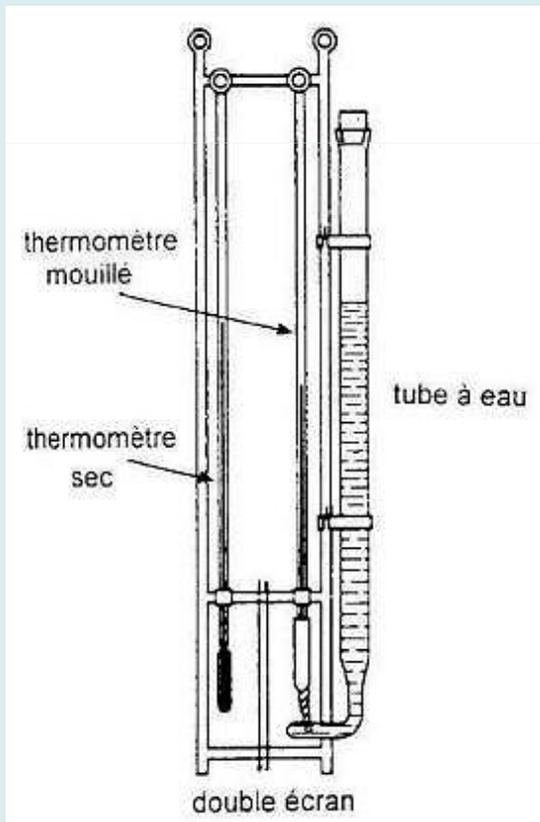
Face à un phénomène rare comme la grêle la croyance sur l'effet du bruit demeure et au début du XXème siècle la France est couverte de Canons paragrêle



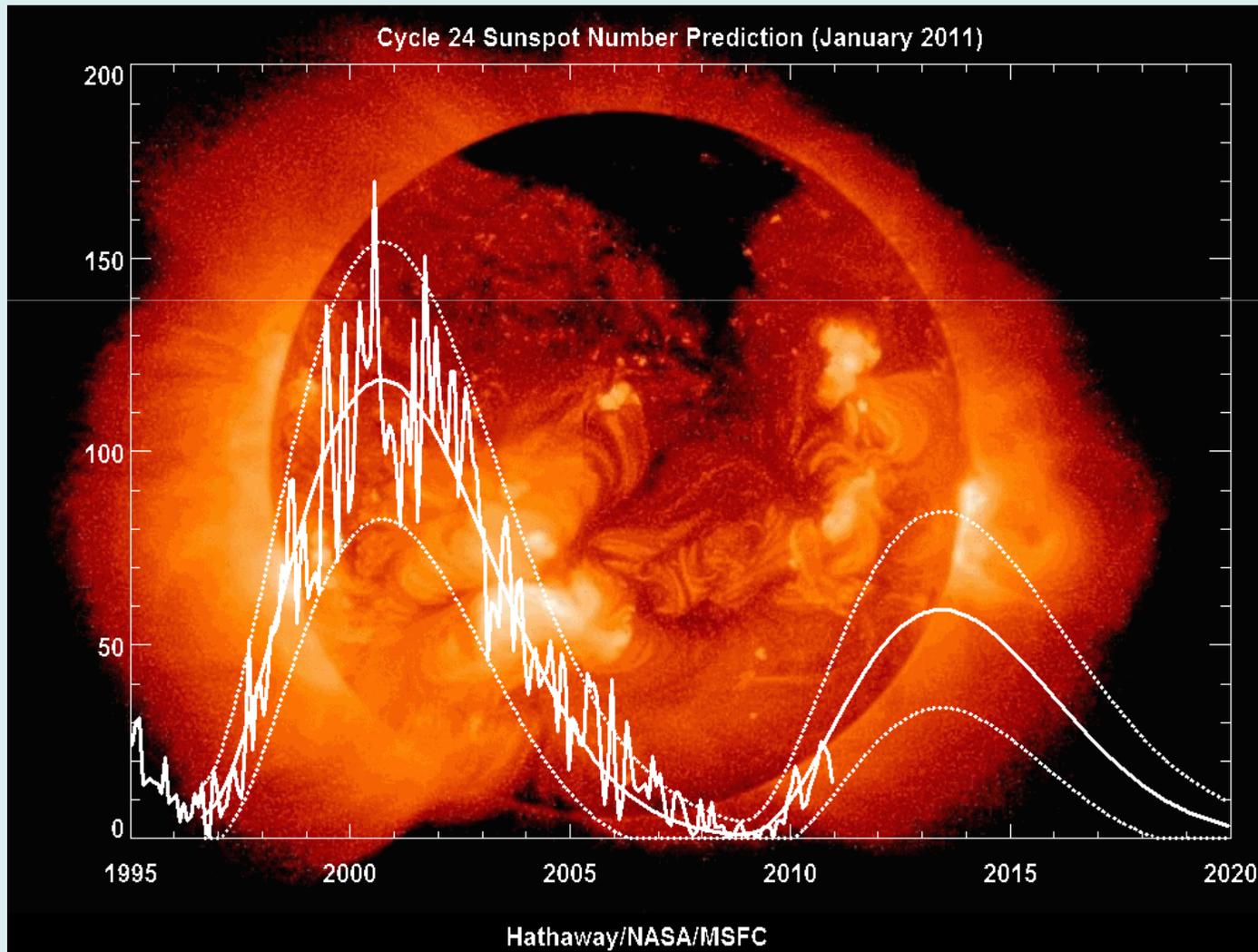


Au XIX et XXème siècle

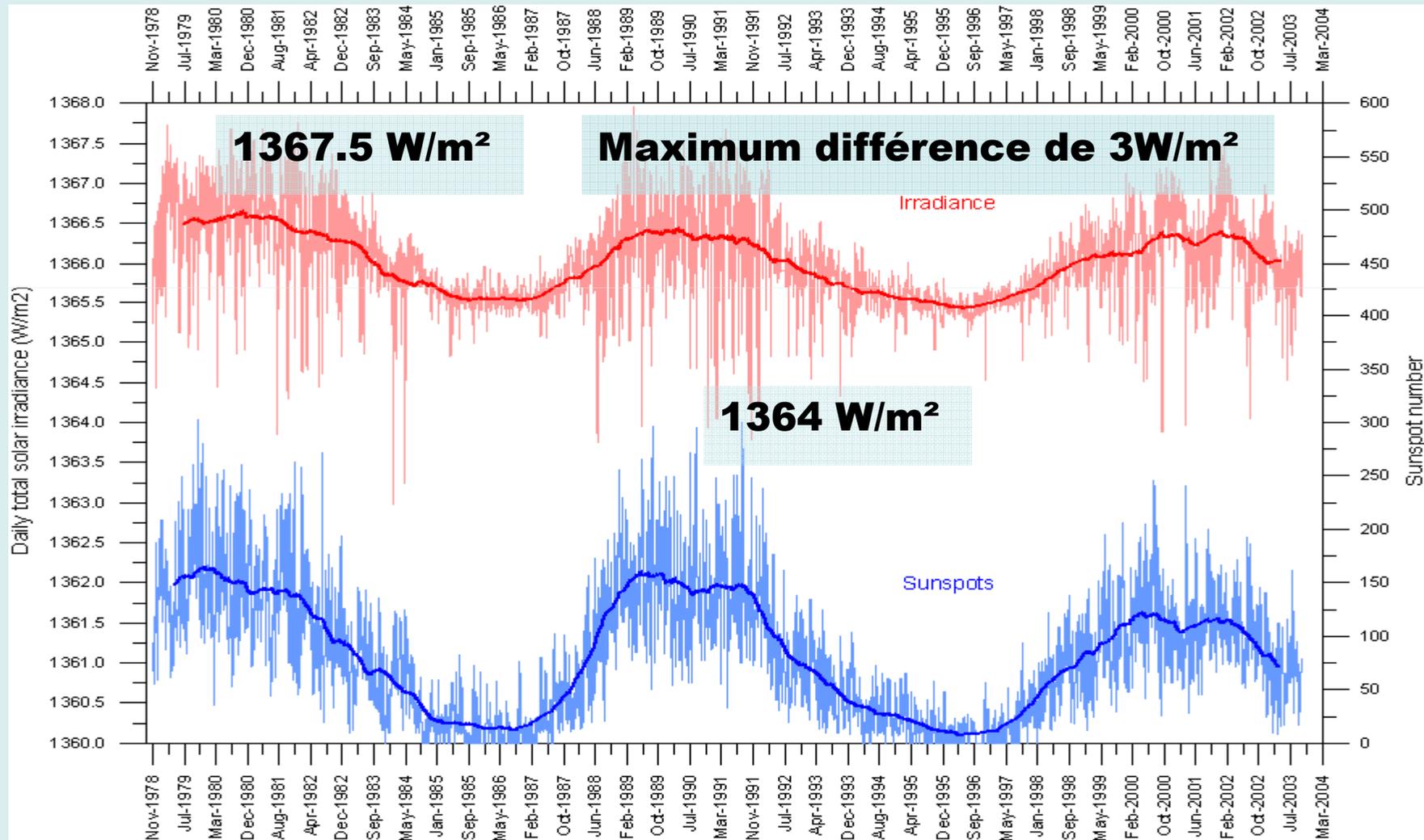
- Les moyens de mesure se développent
- La climatologie s'appuie sur des outils mathématiques comme les probabilités et il est possible d'imaginer les risques climatiques futurs
- La microphysique et la mécanique des fluides permettent d'expliquer et de modéliser les phénomènes atmosphériques



Dans les années 60 la variation du climat est supposée liée aux tâches solaires

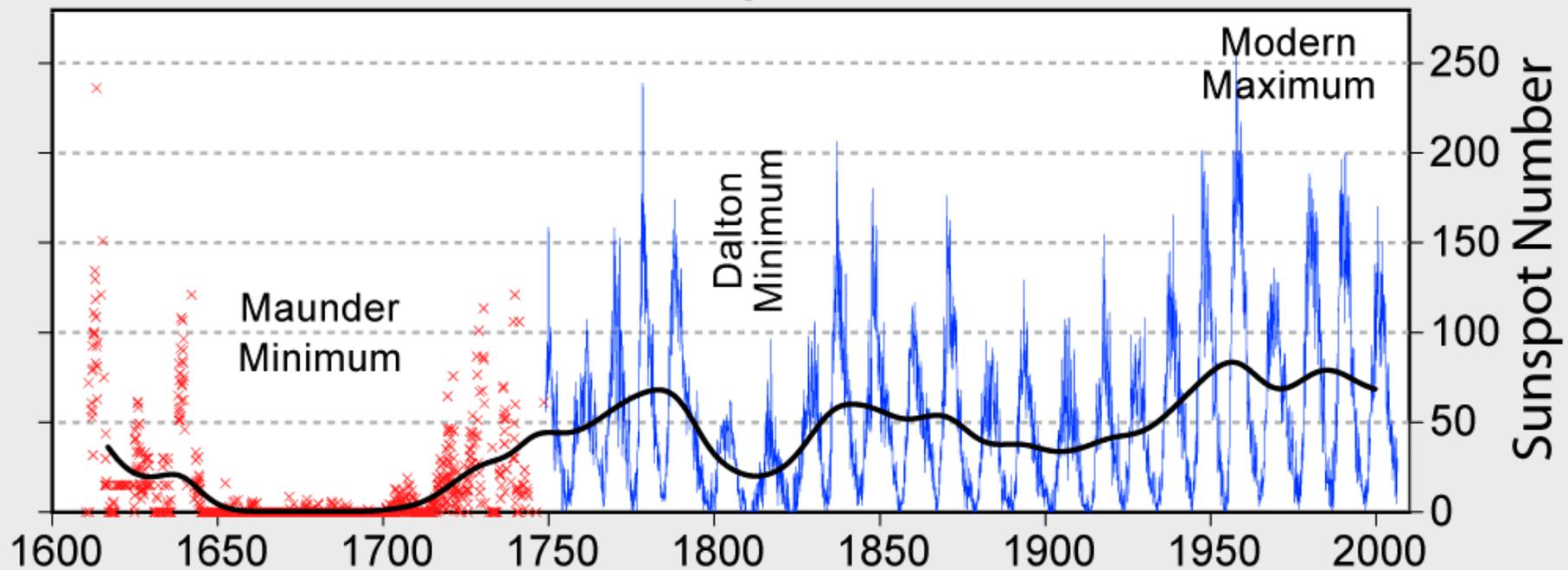


Il existe bien une relation entre le nombre de tâches et l'énergie solaire incidente sur la terre

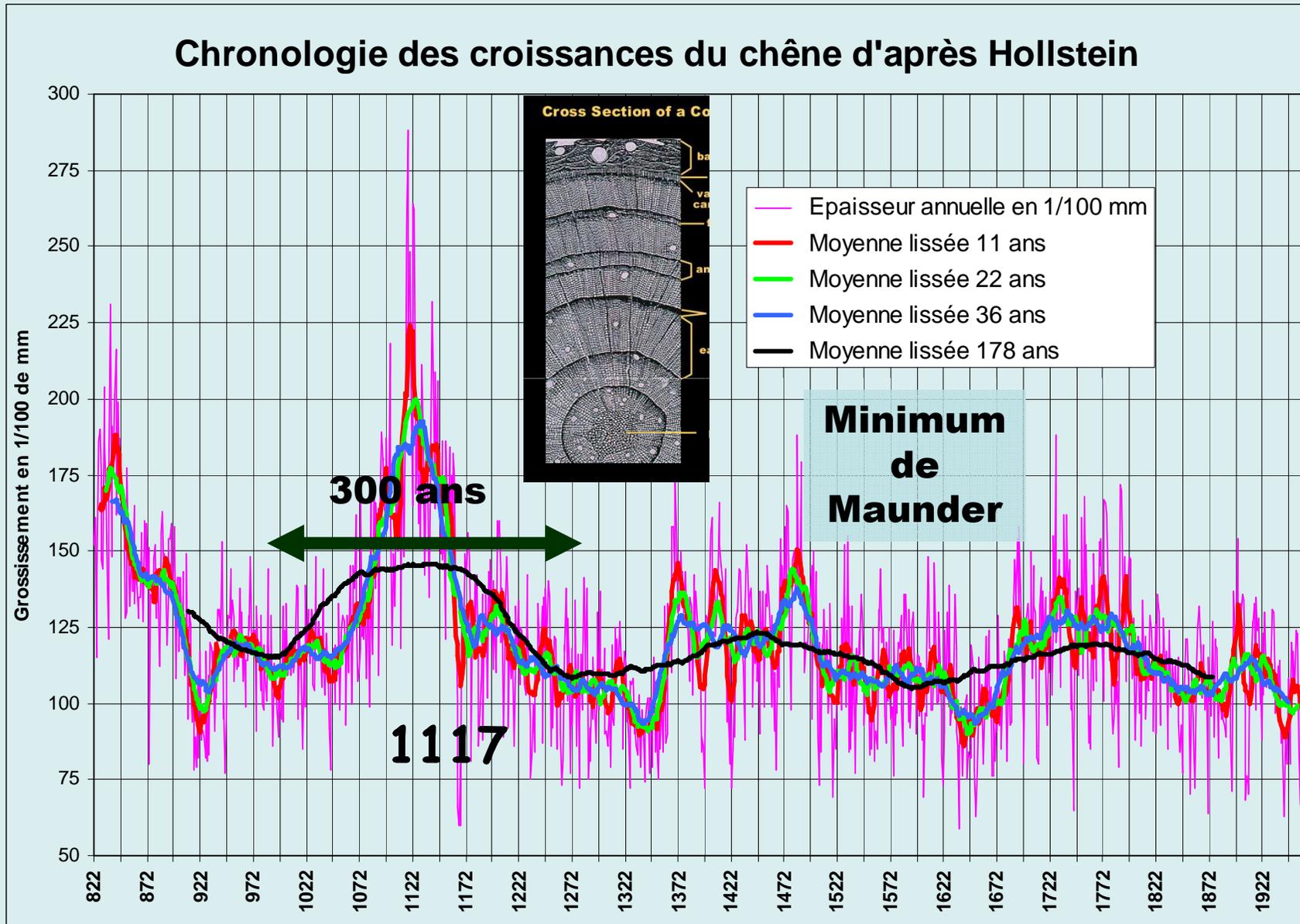


Et ces tâches sont observées depuis longtemps y compris quand il y a eu une période froide en Europe.

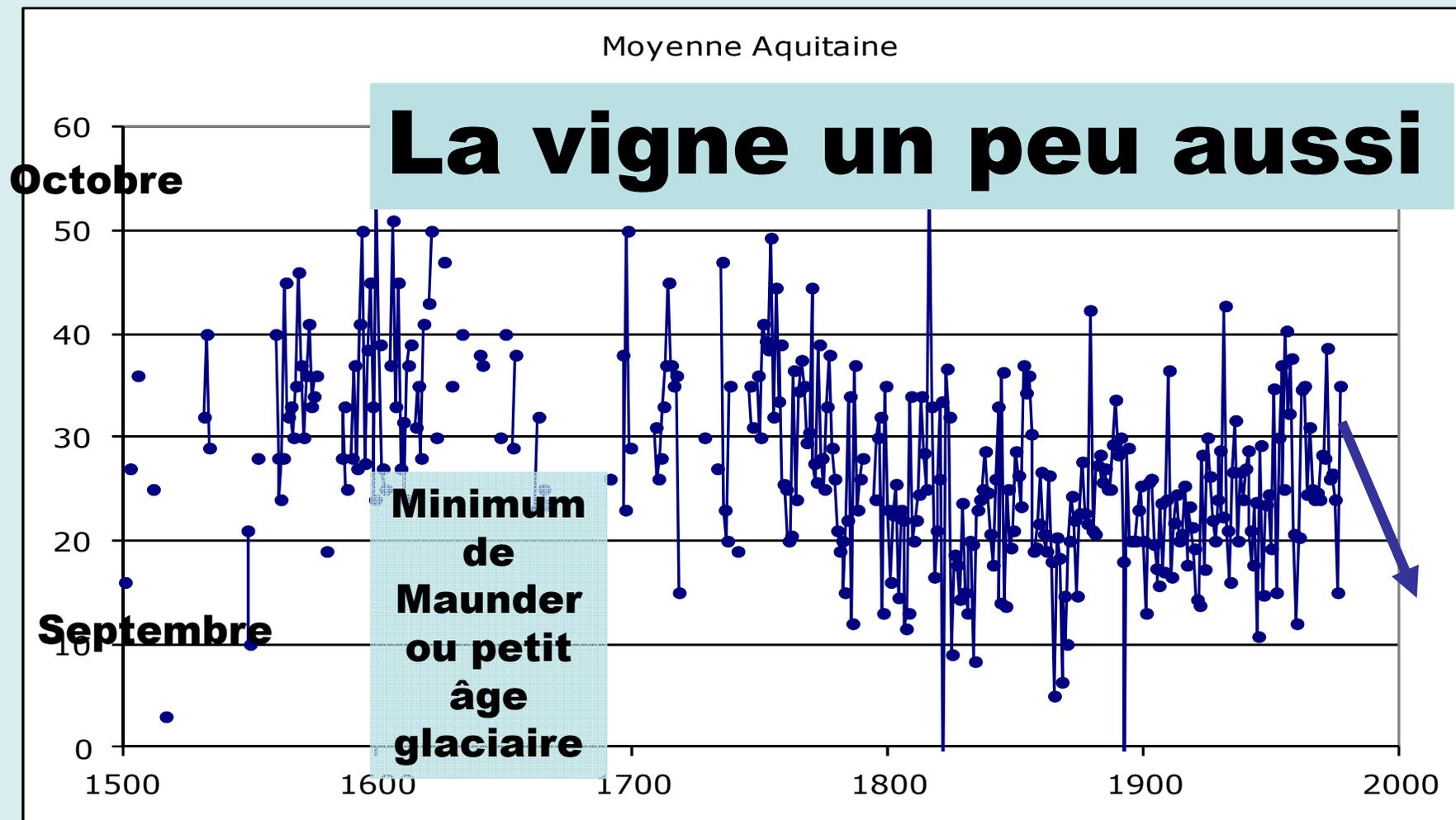
400 Years of Sunspot Observations



Les arbres en sont témoin!



Date de vendange en Aquitaine depuis 1500



Valérie Daux – CEA CNRS

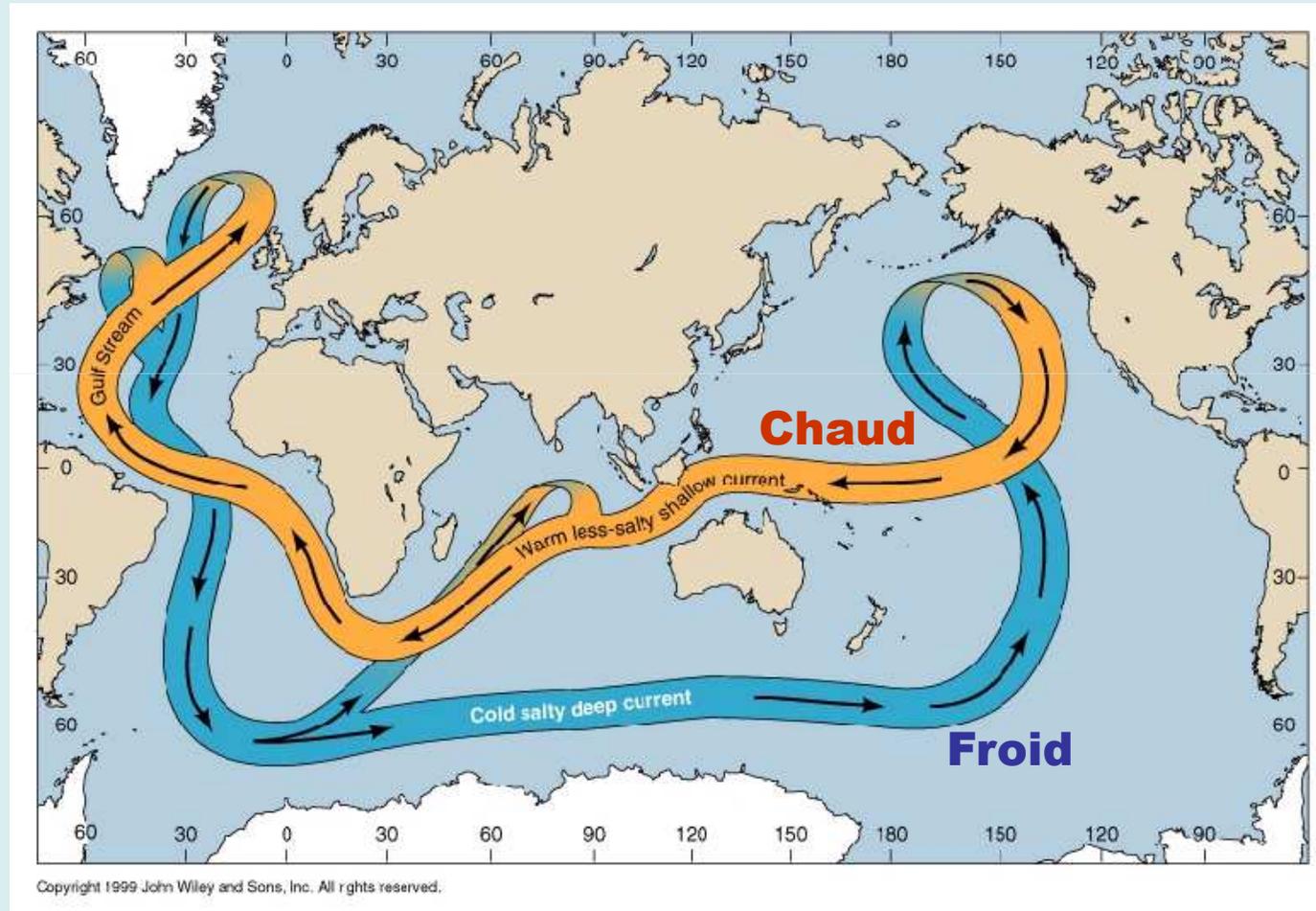
Deux axes de pensées imprègnent le monde scientifique

- **Ceux qui pensent que le climat est naturellement variable et que l'on doit comprendre ces fluctuations au regard de phénomènes naturels (soleil, courants marins, poussières des volcans et des météores ...)**
- **Ceux qui pensent que, en plus de ces phénomènes, l'activité humaine modifie les équilibres d'échanges par rayonnement de la Terre**

Seule la mesure et les échanges de connaissance peuvent permettre de savoir qui a raison

- **Dans les années 80 et début 90 c'est le premier camp qui domine en se basant sur de bonnes corrélations**
- **Par exemple il est démontré que des courants marins font remonter à la surface la mémoire de ce qu'il s'était passé au Moyen-âge quand il faisait plus doux**

Les courants marins agissent comme notre chauffage central

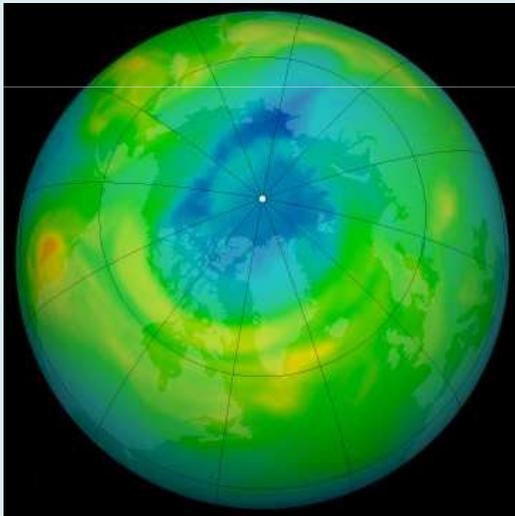


**Transfert de chaleur de l'équateur vers les pôles
et de froid des pôles vers l'équateur**

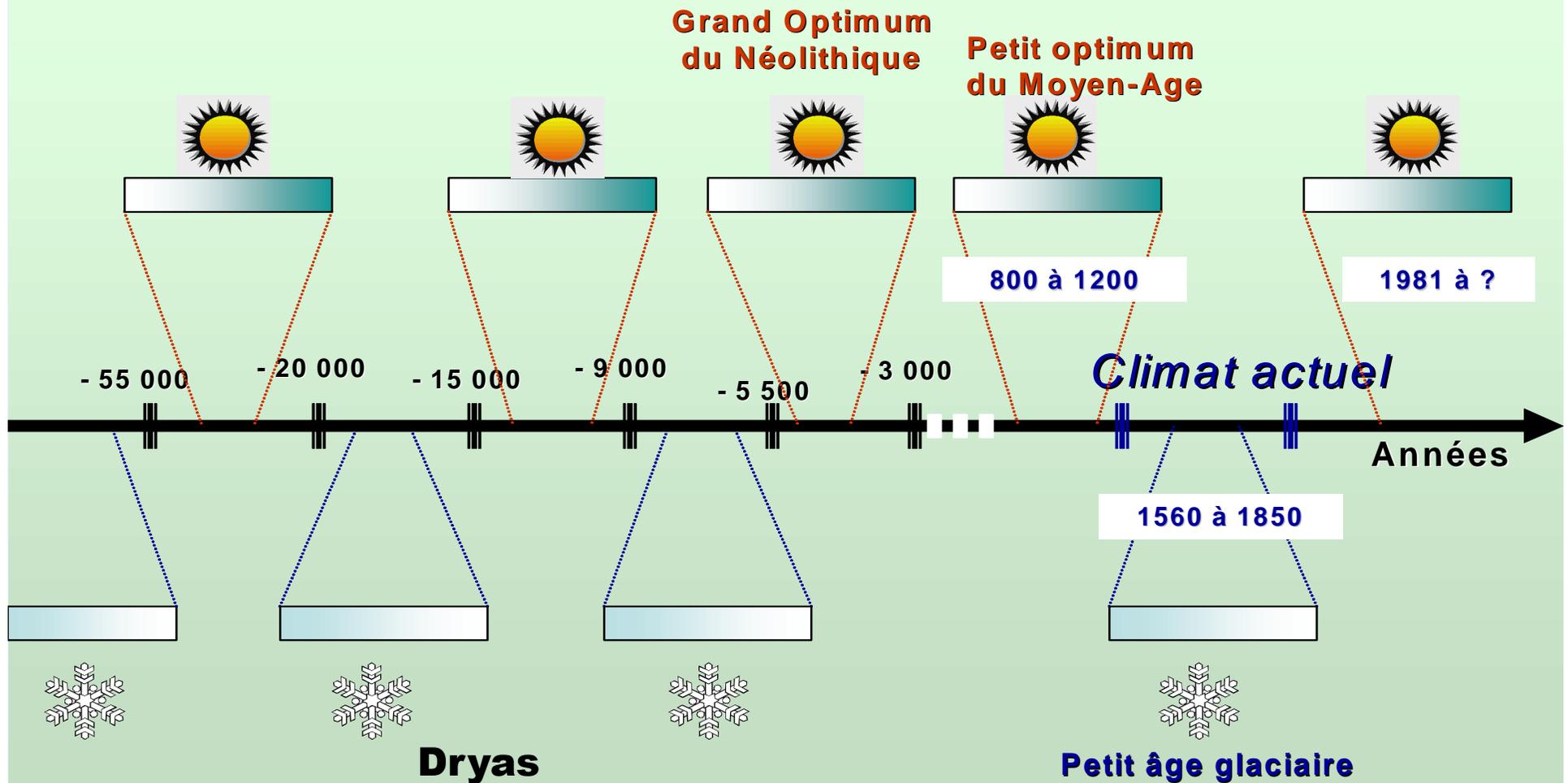


Premières mesures

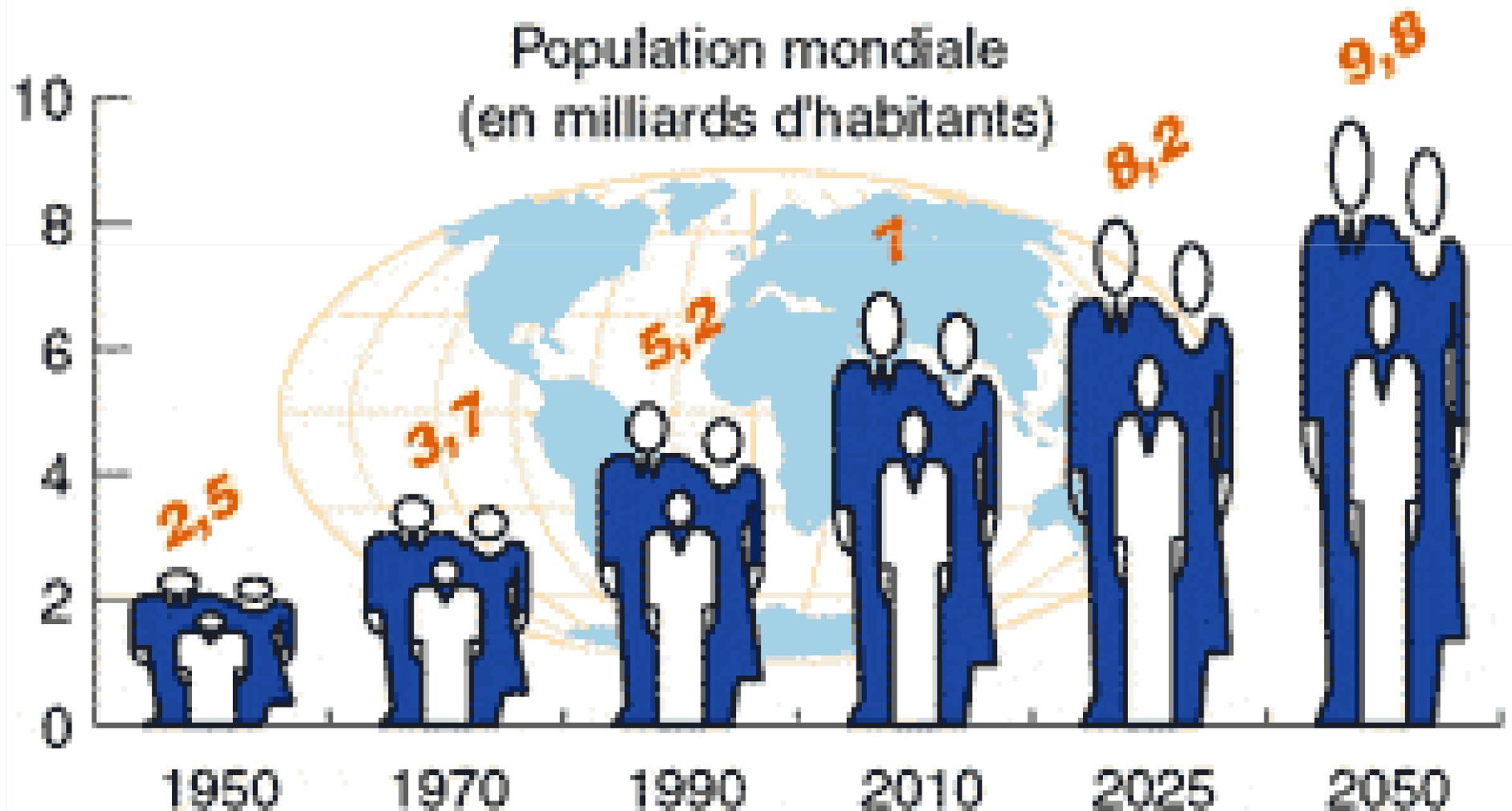
- Pour diminuer le risque de pluies acides à la fin des années 80 on installe des filtres à la sortie des cheminées d'usine
- On élimine le gaz fréon de nos frigos qui détruit l'ozone de la tropopause qui nous protège des Ultra Violets
- On constate que l'humanité se multiplie comme elle ne l'avait jamais fait auparavant



Chaque fois qu'il fait bon l'humanité se développe

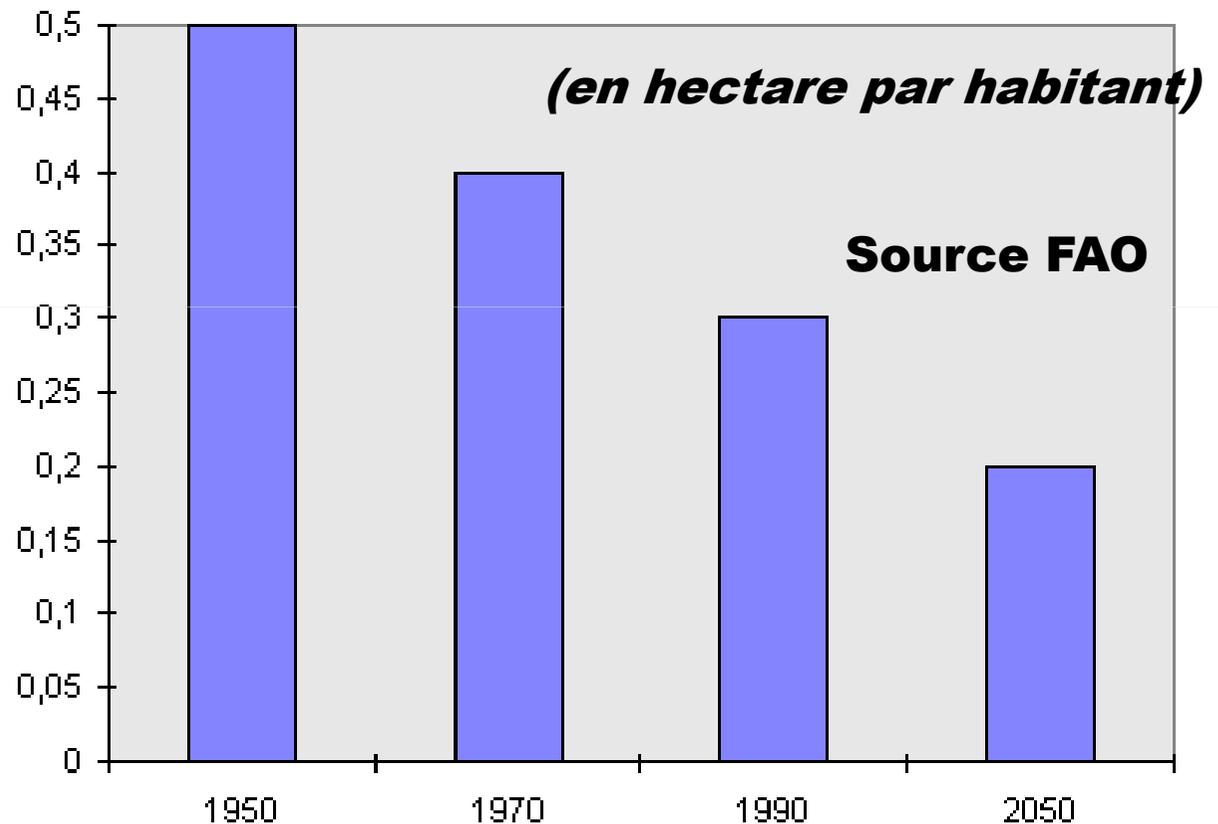


Au Moyen-âge on avait doublé en 200 ans, aujourd'hui en 35 ans!



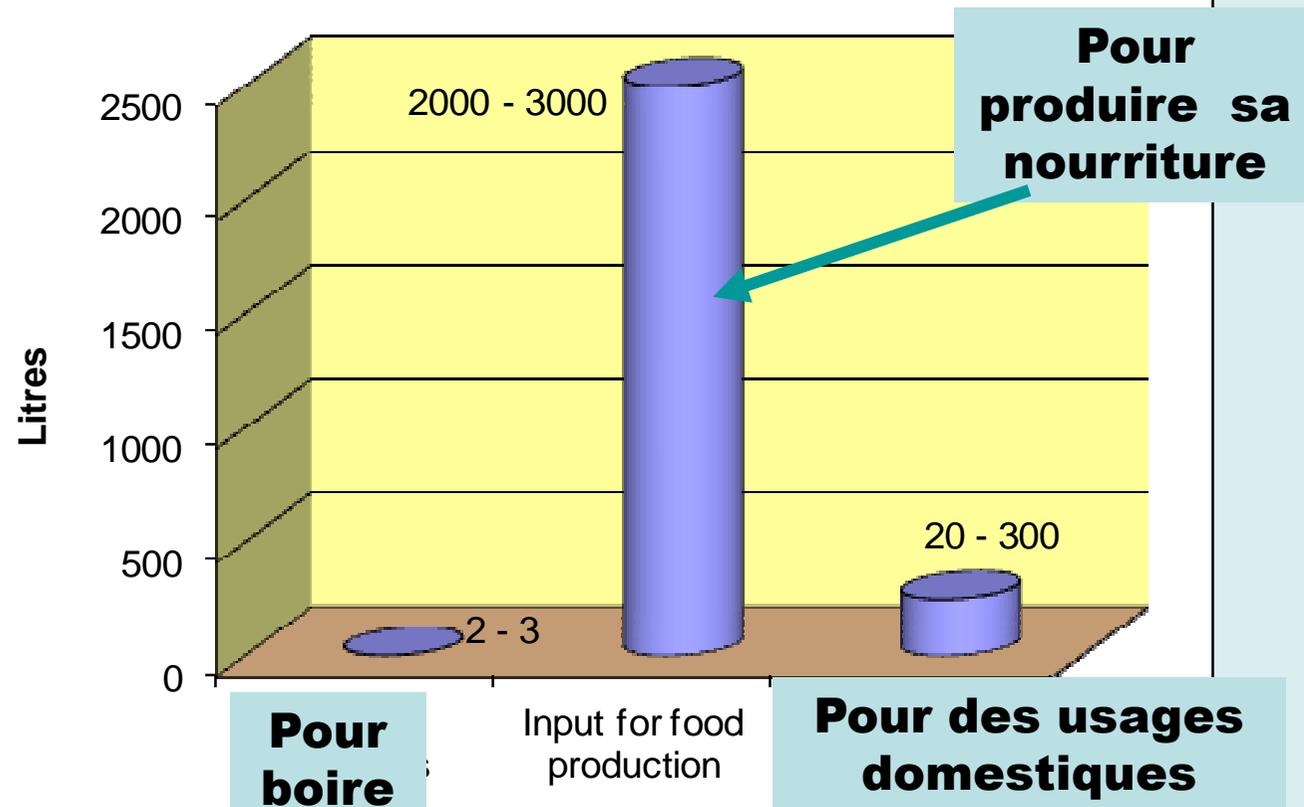
Des besoins pour nourrir 80 millions d'être humains par an en plus jusqu'en 2050 !!

- Au moment où la surface des terres fertiles diminue, car les villes progressent, 8% en France par an



DIMINUTION PRÉVISIBLE DES SURFACES CULTIVABLES PAR HABITANT

Consommation d'eau en litres par jour et par personne



Il faut entre 2 et 4 litres par jour pour satisfaire aux besoins biologiques (eau du robinet) d'une personne et environ 1000 fois plus pour produire sa nourriture.

Ou d'une autre façon il faut 1000 fois plus d'eau pour nourrir que pour rassasier une personne qui a soif!

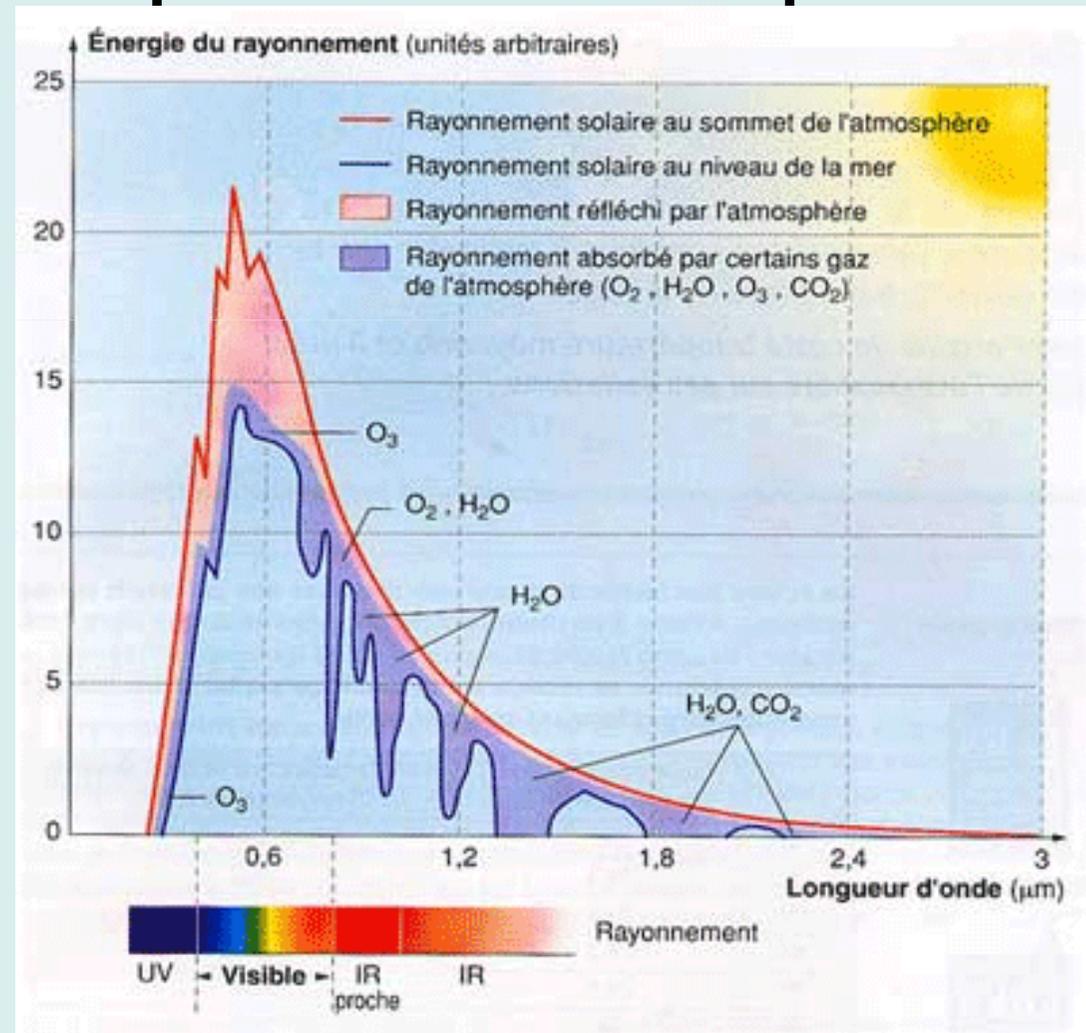
Mais revenons à ce que l'on pensait dans les années 90

**L'effet des gaz à effet de serre (gaz carbonique CO_2 , méthane CH_4 , vapeur d'eau H_2O , la suie, ...)
semblent être responsables des tendances observées du changement climatique**



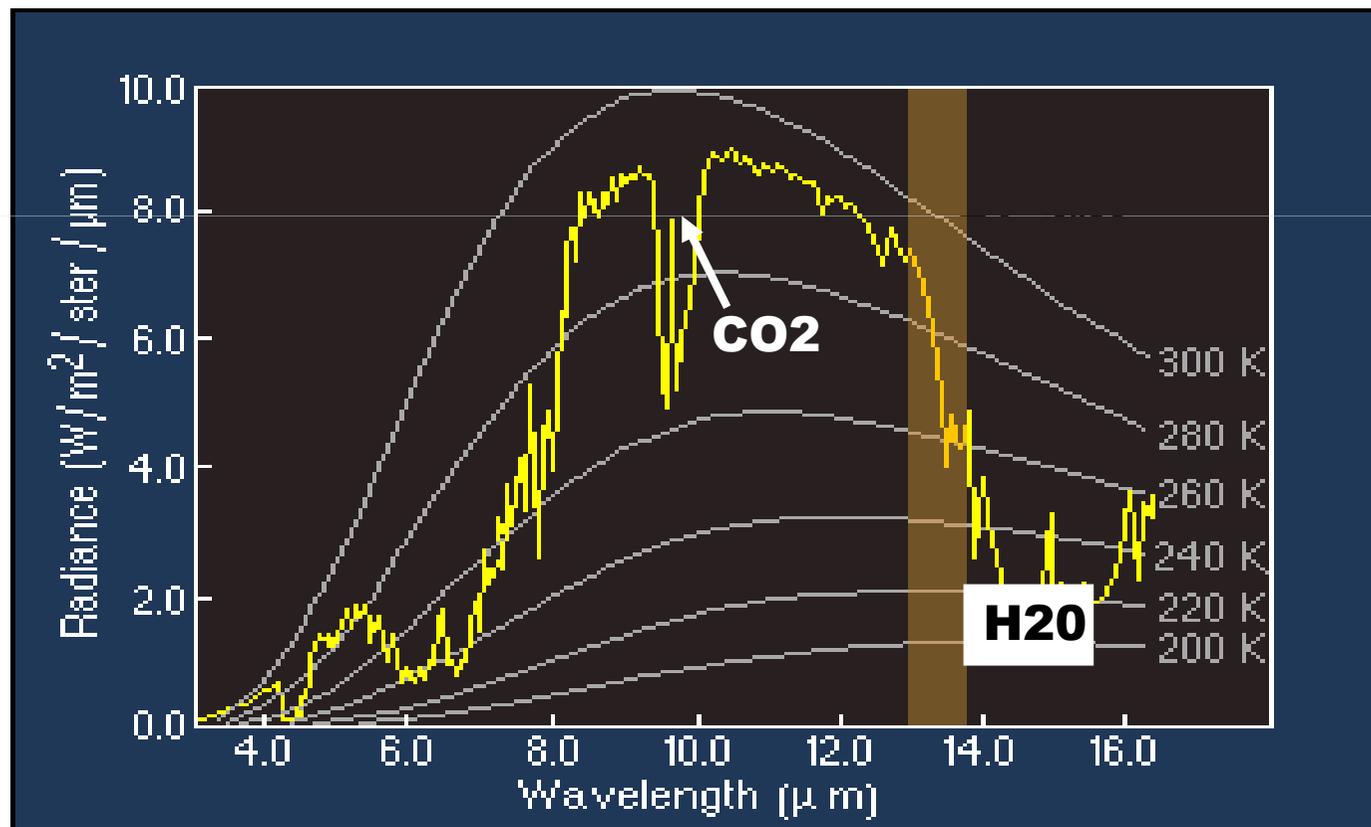
Le soleil nous envoie en majorité du rayonnement dans le visible qui traverse en grande partie l'atmosphère

L'ozone d'altitude, l'eau sous forme de nuages liquides ou de glace, l'oxygène et le CO2 réfléchissent vers l'espace une partie de ce rayonnement incident.



Heureusement la Terre perd également son énergie par rayonnement aux grandes longueurs d'onde, dans l'infrarouge thermique, vers l'espace.

L'eau et le CO2 retiennent ce rayonnement comme le fait une vitre



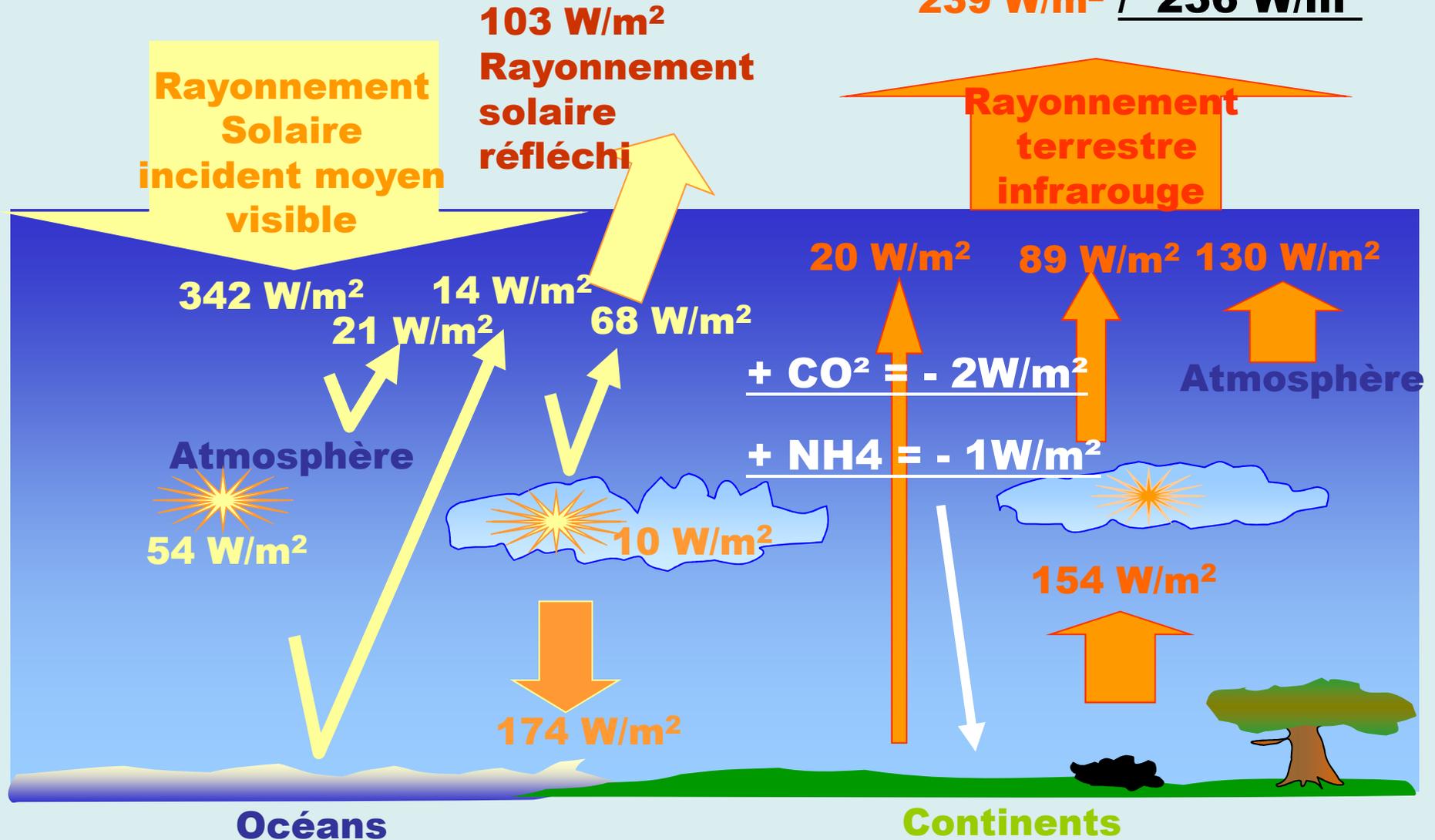
The COMET Program

http://meted.ucar.edu/satmet/goeschan/print/6_6_1.htm

Effet de Serre

Bilan radiatif moyen de la Terre

239 W/m² / 236 W/m²

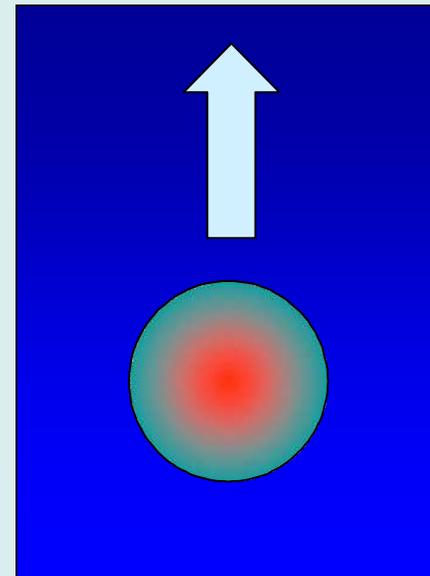
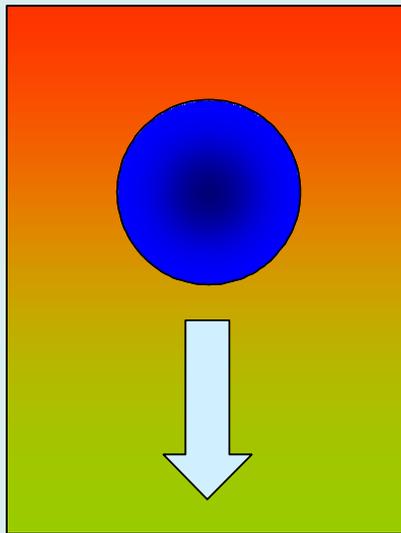


D'où recherche d'un nouvel équilibre à une température un peu plus élevée

CHANGEMENT CLIMATIQUE

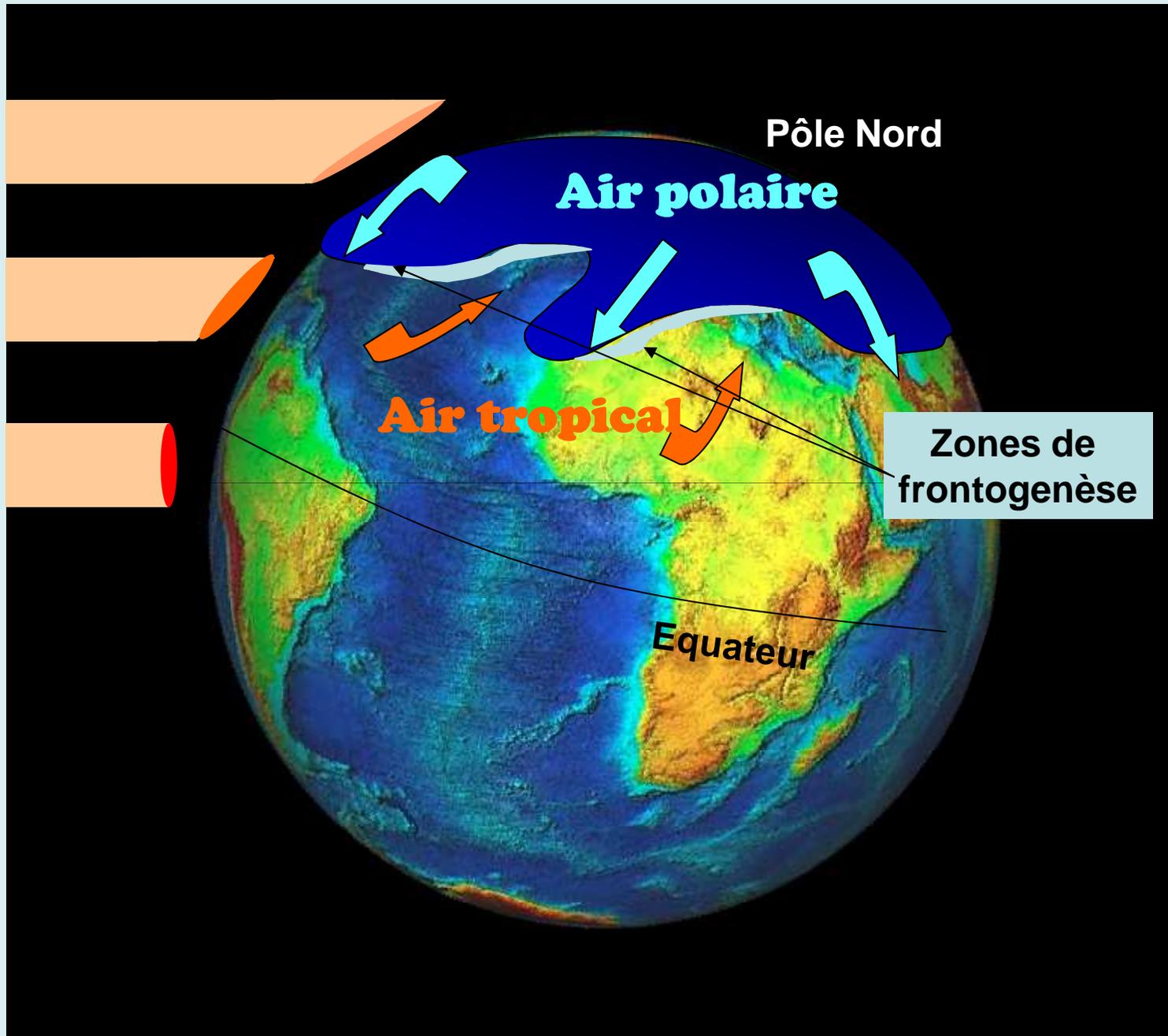
- **Confirmé en février 2007 par les travaux du GIEC**
 - **Les gaz à effet de serres sont responsables à plus de 90 % de la modification du climat actuel avec un réchauffement qui va se poursuivre**
- **et d'une augmentation de la variabilité de ce climat**

Une fois la chaleur du soleil stockée, cette énergie se déplace sur des supports liquides ou gazeux, surtout par convection, le principal moteur du transfert thermique dans l'air ou l'eau

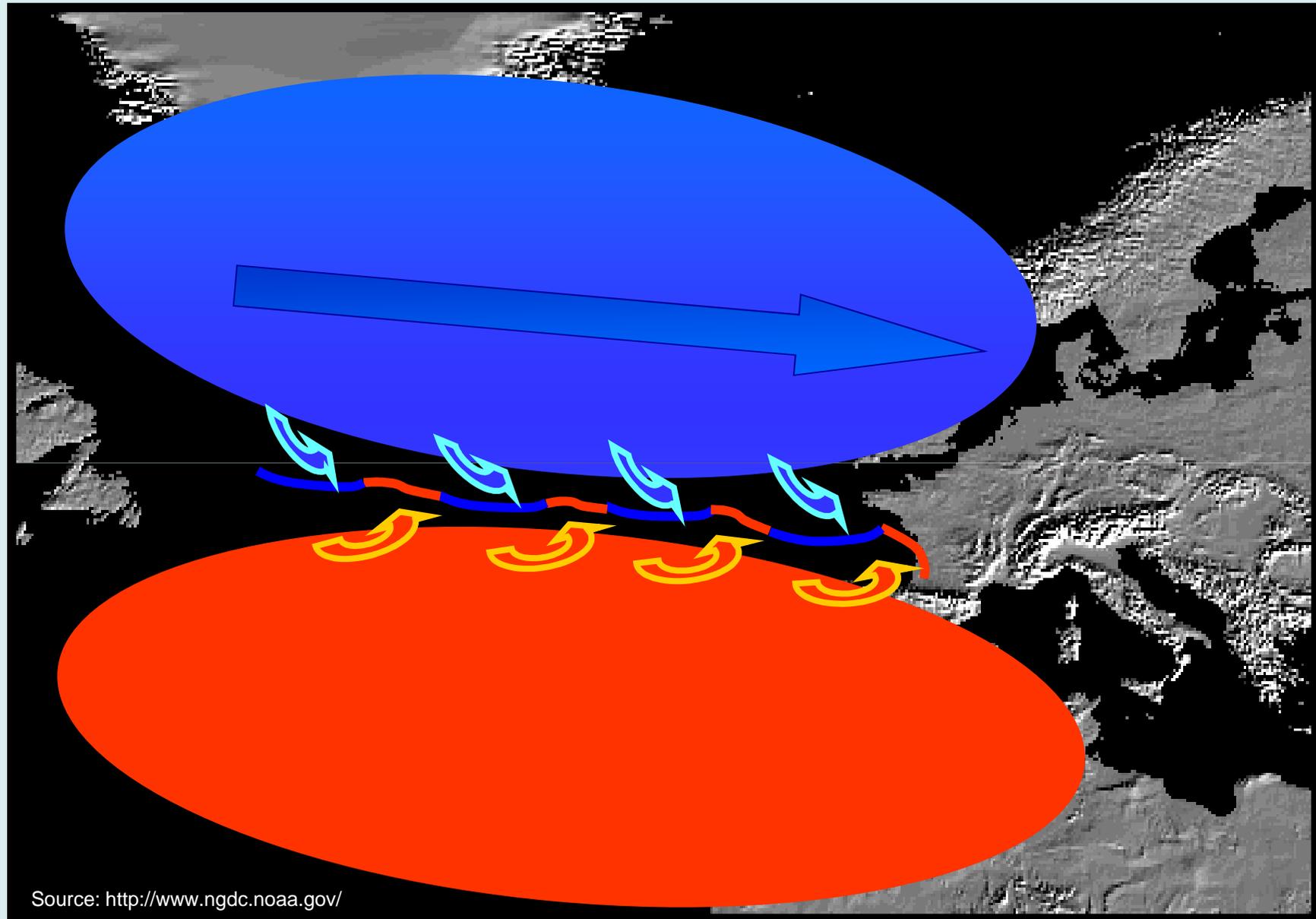


A l'origine des mouvements d'air dans l'atmosphère 54

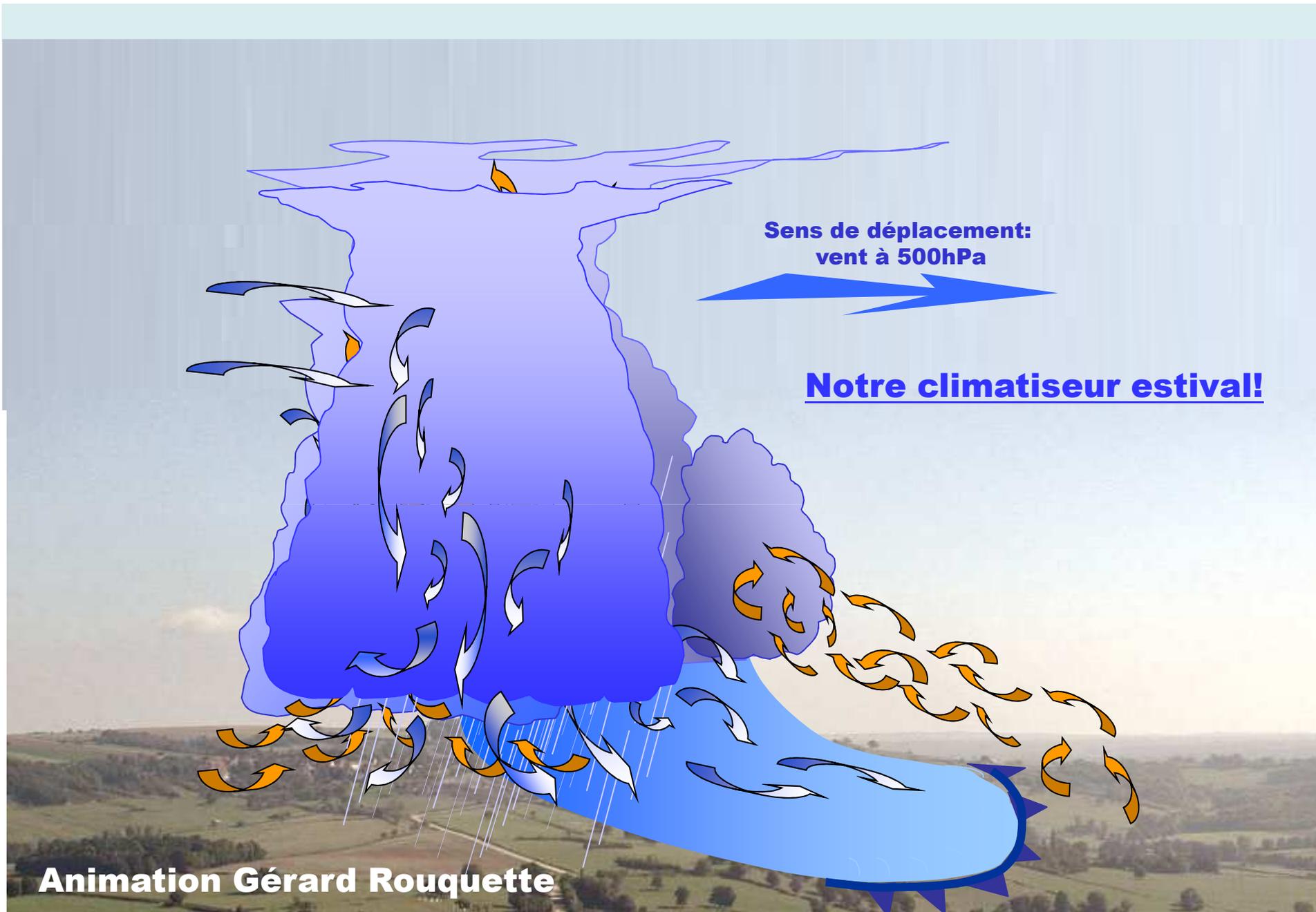
Limites des masses d'air ou fronts.



La France est privilégiée car à l'aval des flux océaniques



La pluie se produit à la rencontre des ces 2 masses d'air⁵⁶



Sens de déplacement:
vent à 500hPa

Notre climatiseur estival!

Animation Gérard Rouquette

Les tourbillons à l'origine des dégâts

Un autre transfert pour la planète par l'intermédiaire des courants marins

- Toujours par convection naturelle
- L'eau est capable de transporter environ **3430 fois plus de chaleur que le même volume d'air** ce qui rend les océans plus efficaces pour réguler la température au niveau de la planète.

Dans les années 2000 et aujourd'hui

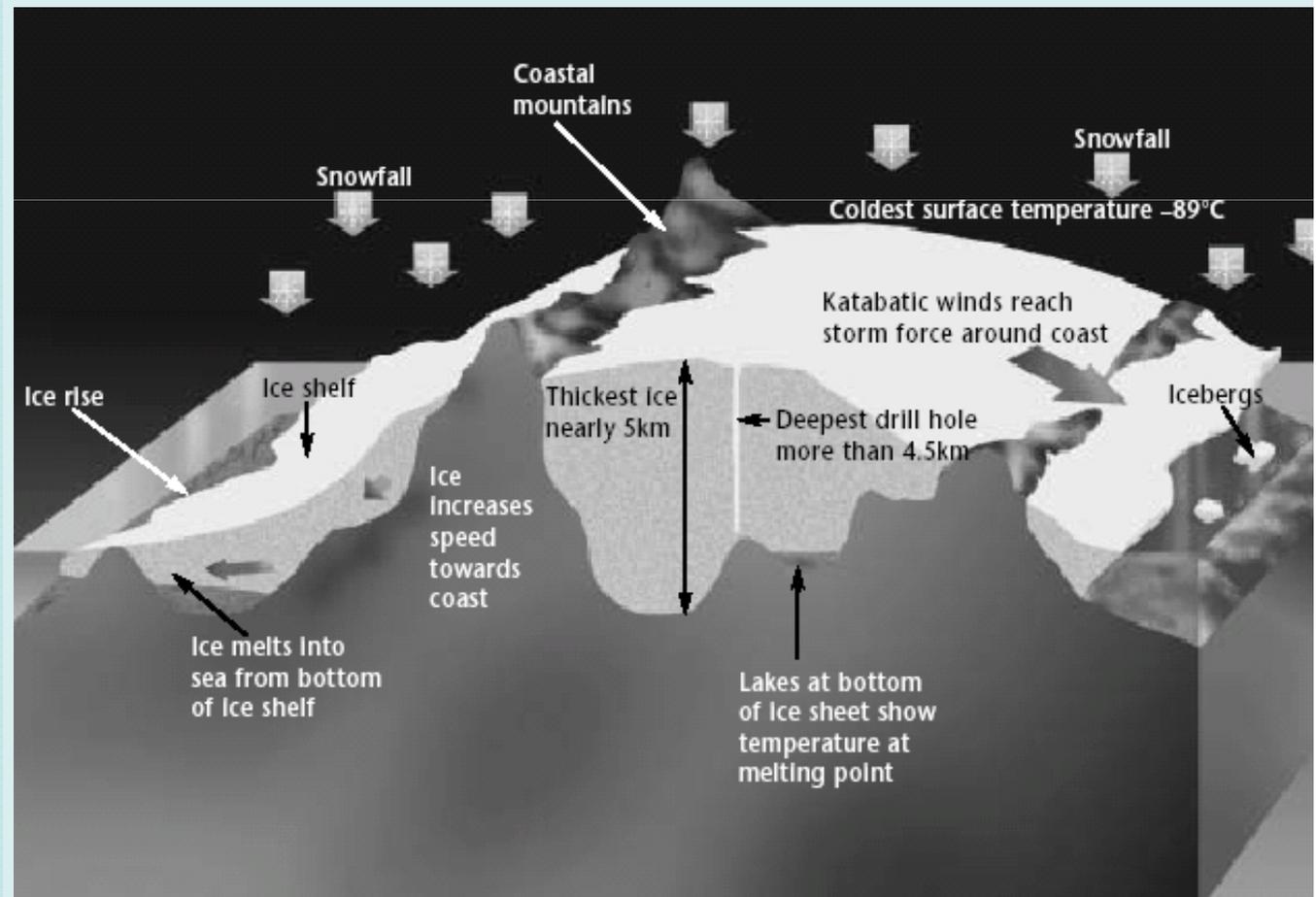
- **Le premier axe de pensée n'a plus beaucoup de soutien scientifique alors que politiquement il a tenu jusqu'au milieu des années 2000**
- Des recherches pour comprendre dans le passé plus ancien des évènements similaires à celui que nous vivons commencent à donner des résultats



**Pour imaginer le futur, il faut
comprendre le présent et étudier le
passé**

**C'est ce que font les scientifiques
avec de plus en plus de moyens**

**Des glaciers
de plus de 4
km
d'épaisseur
pour
remonter
400 000 ans**

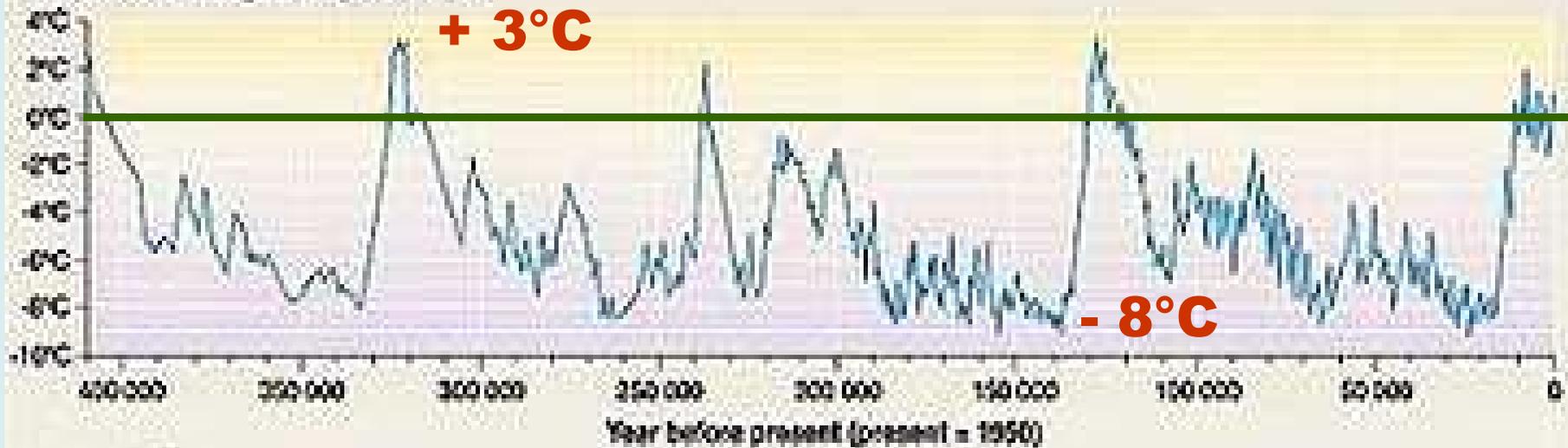


Temperature and CO₂ concentration in the atmosphere over the past 400 000 years (from the Vostok ice core)

CO₂ concentration, ppmv

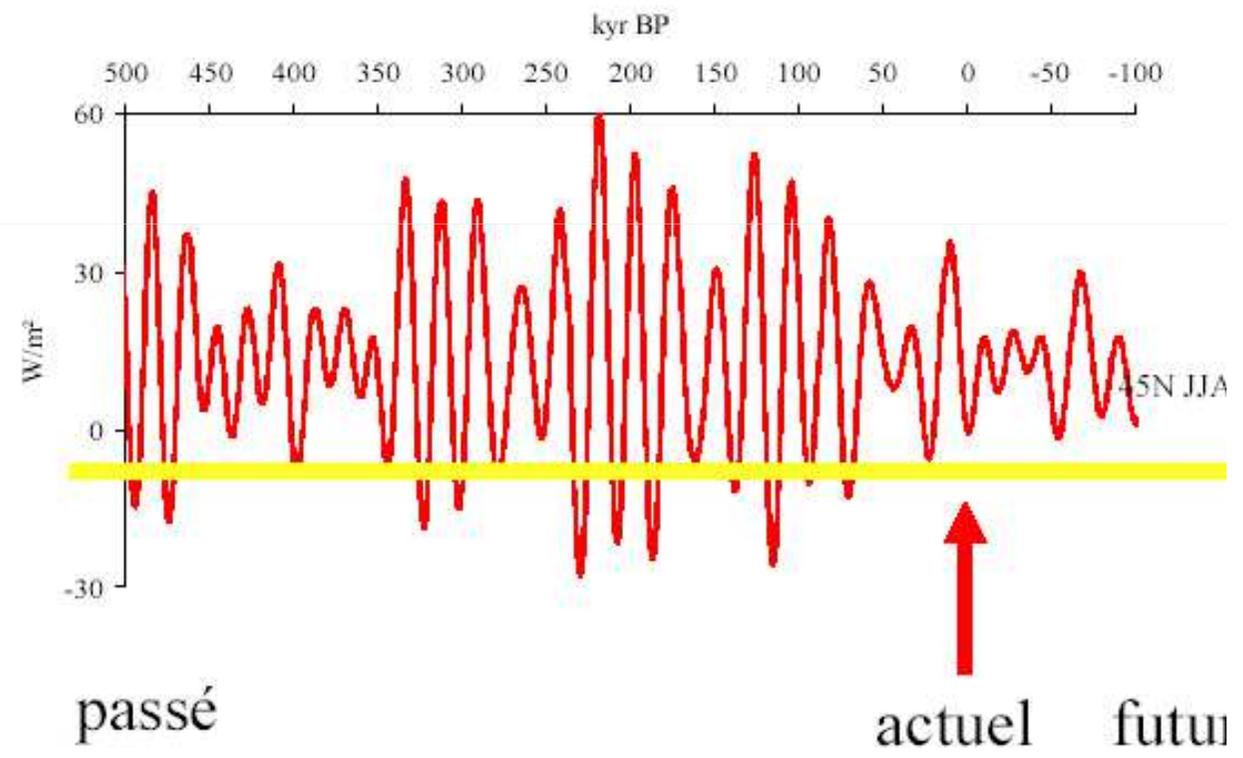
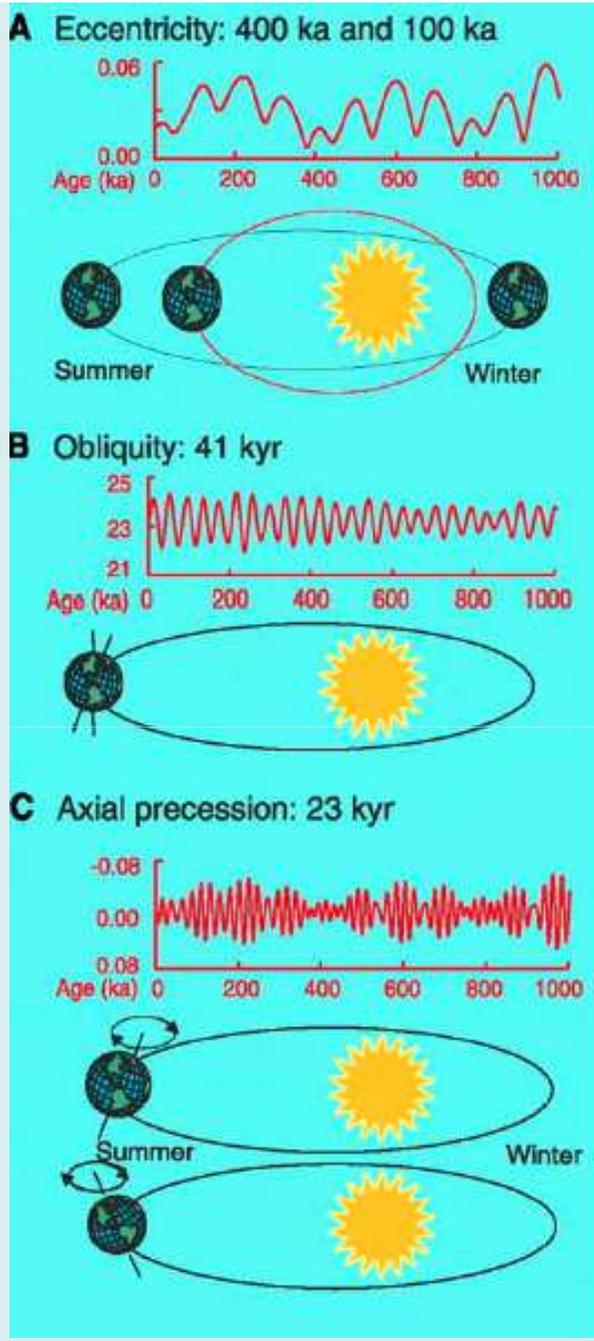


Temperature change from present, °C



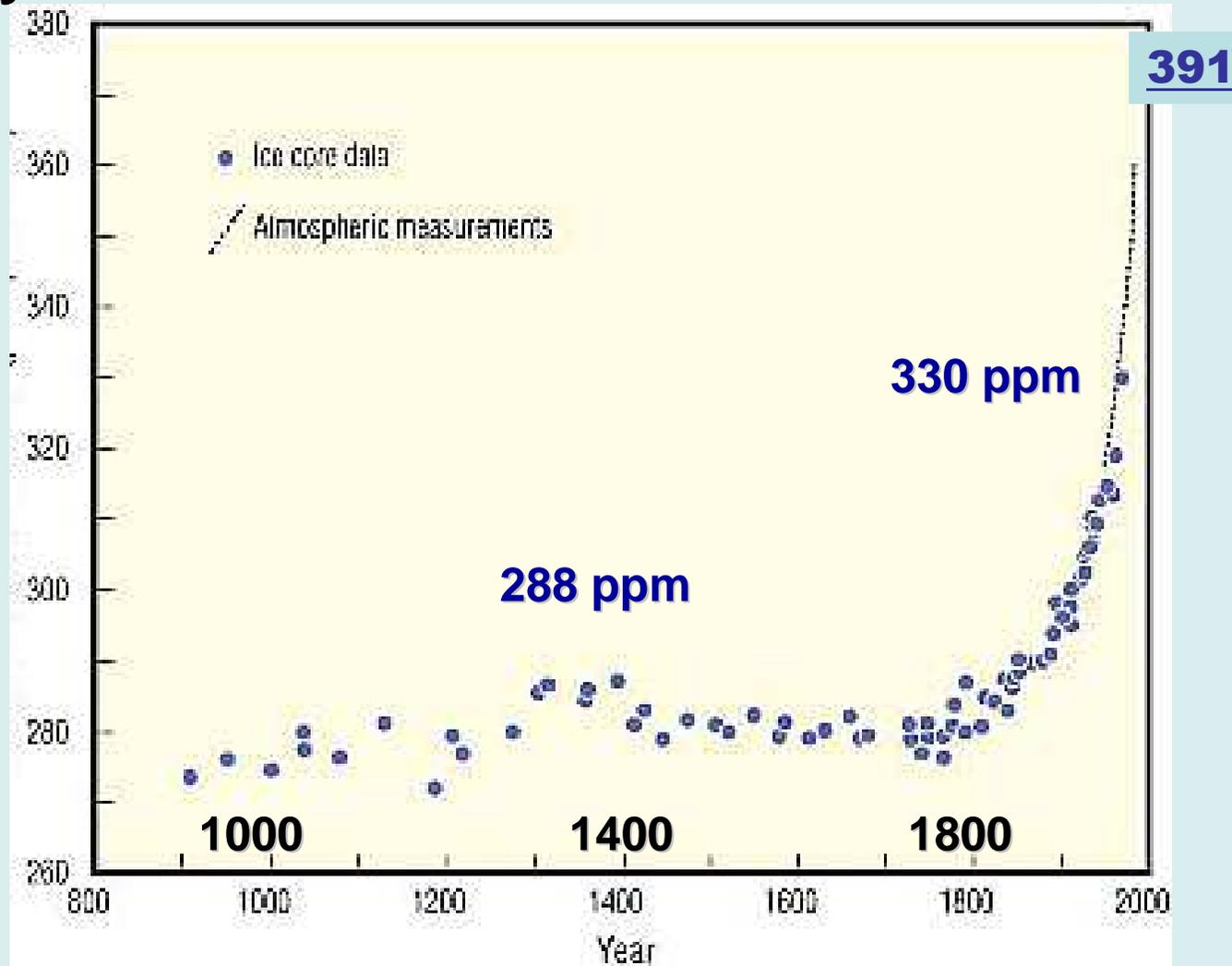
Quand aura lieu la prochaine glaciation ?

Vers un « super interglaciaire »

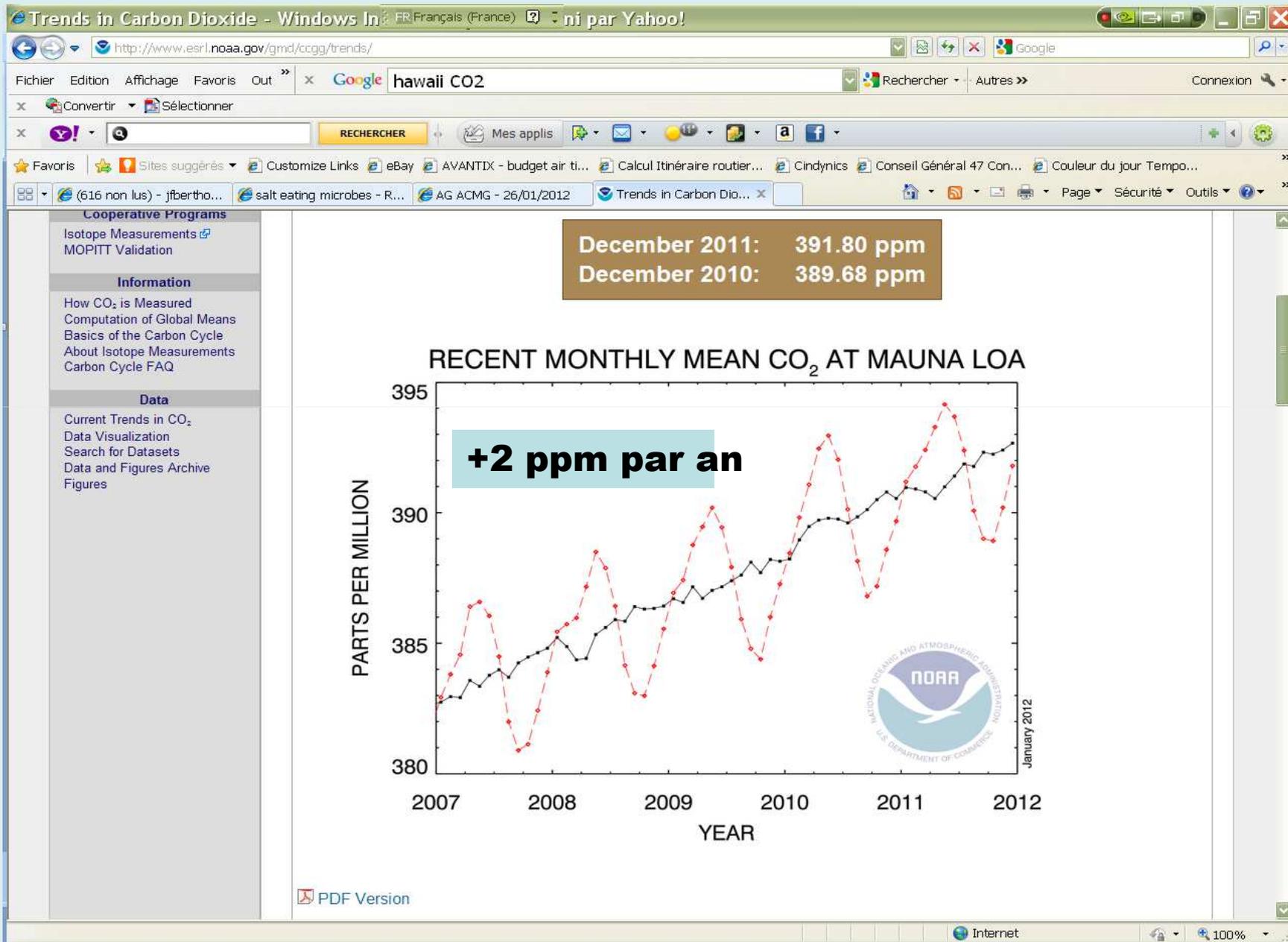


Alors qu'aujourd'hui on en mesure 391 et qu'à ce rythme on en aura 500 vers 2065!

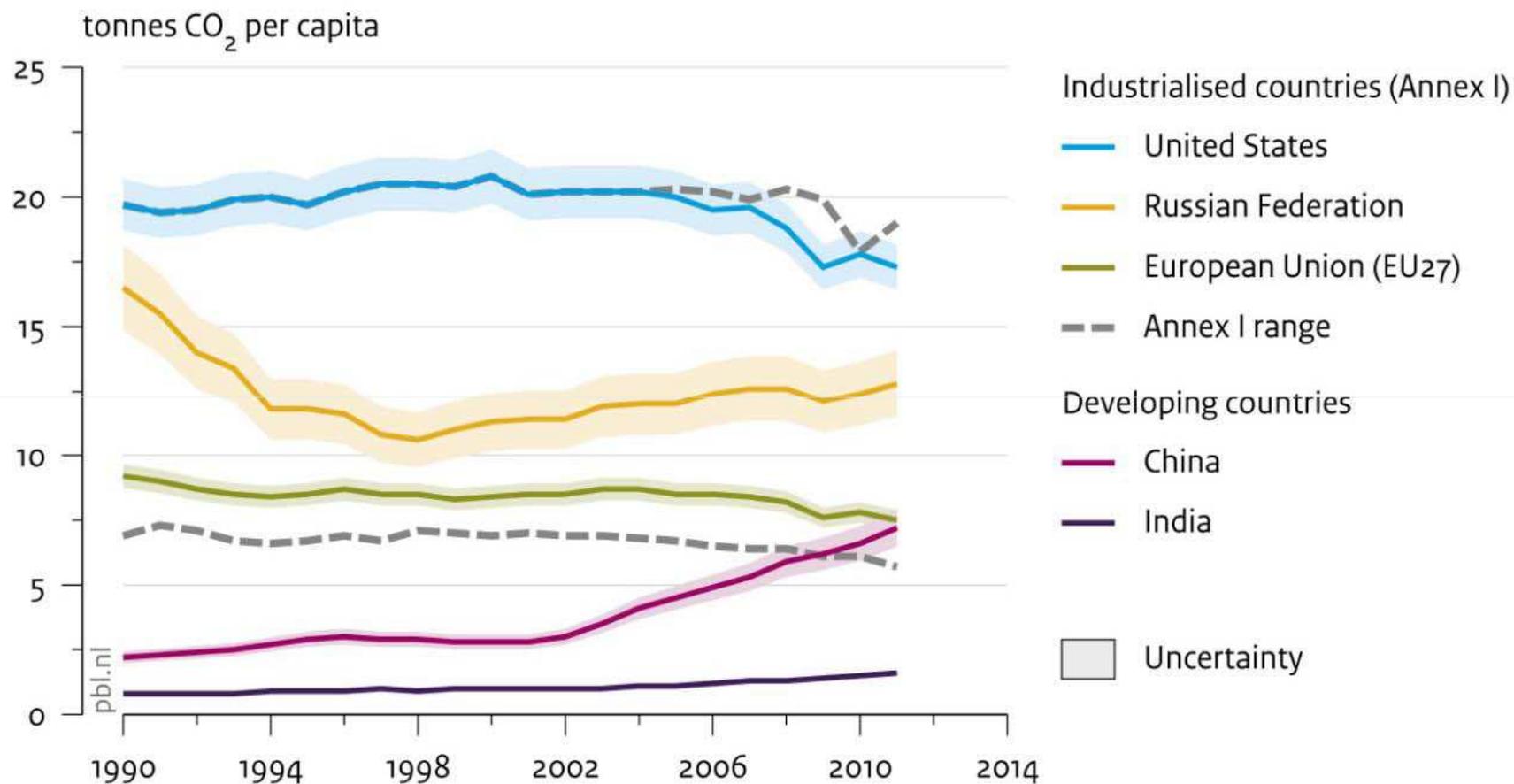
**CO2
ppm**



http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/



Emissions mondiales de CO₂



Source: report: <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/CO2REPORT2012.pdf>



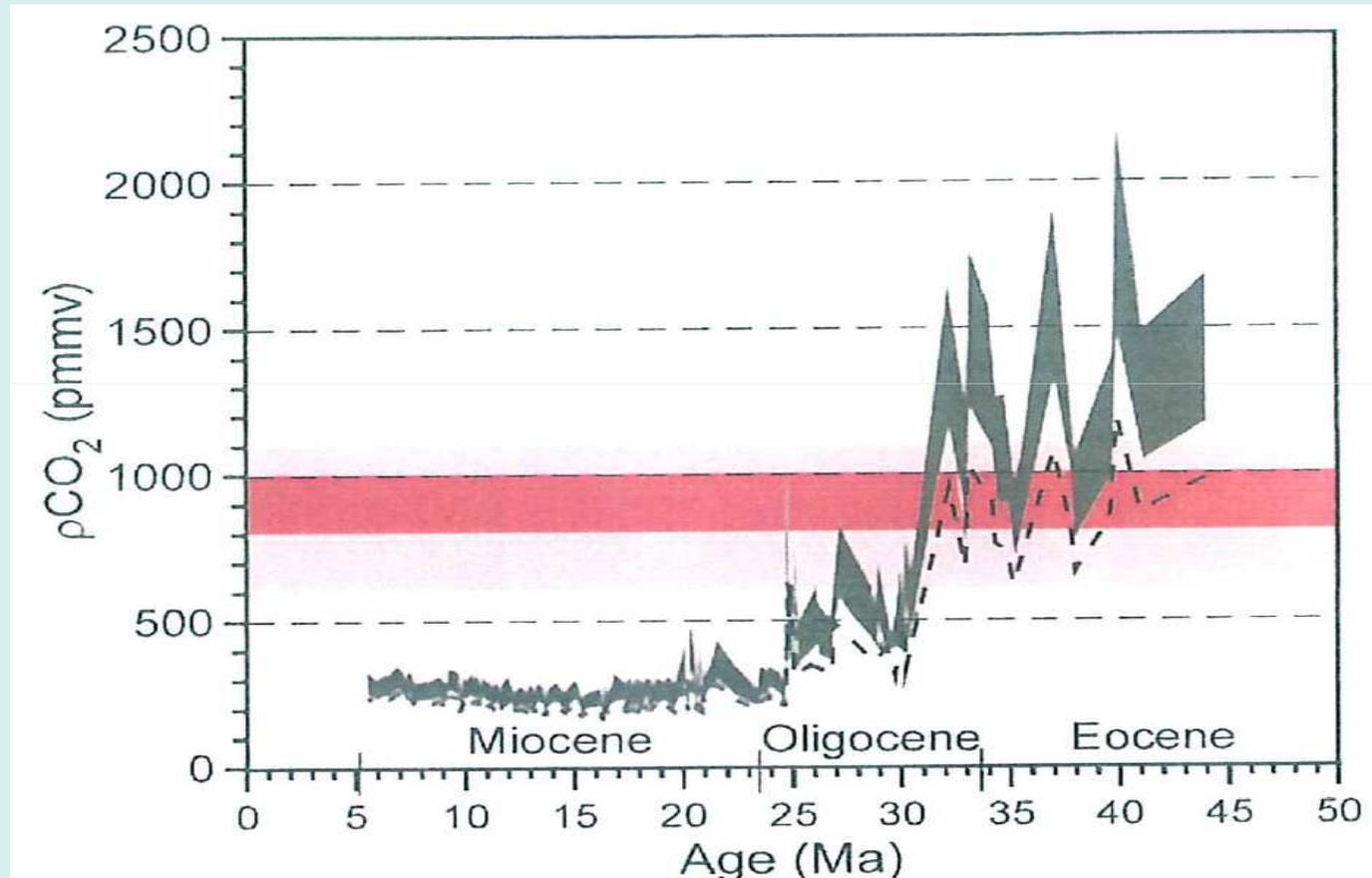
Comprendre notre passé Des leçons pour le futur de notre climat

- Durant l'été 2011 le conseil de recherche des USA a publié les travaux de géologues qui ont tenté de reproduire l'évolution du climat sur la Terre depuis 850 millions d'années à partir de l'analyse de carottes et de forages des roches et sédiments.

De: Understanding Earth's Deep Past, Lessons for Our Climate Future
National Research Council of national Academies. USA 2011

www.national-academies.org

Estimation du taux de CO₂ depuis 45 millions d'années à partir des sédiments



De: Understanding Earth's Deep Past, Lessons for Our Climate Future
National Research Council of national Academies. USA 2011

www.national-academies.org

Notre planète a souvent été plus chaude qu'aujourd'hui!

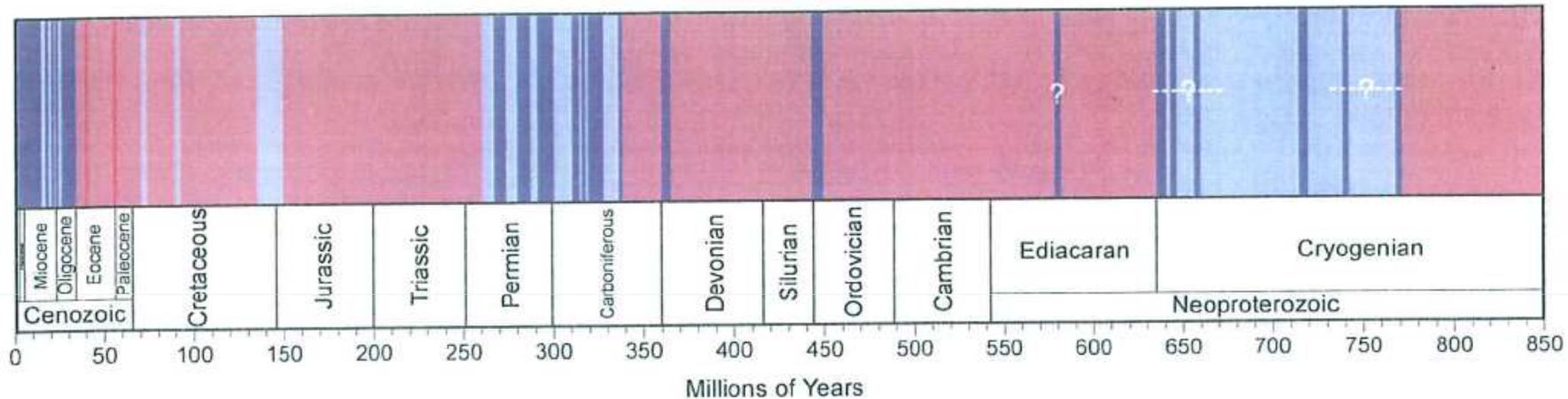


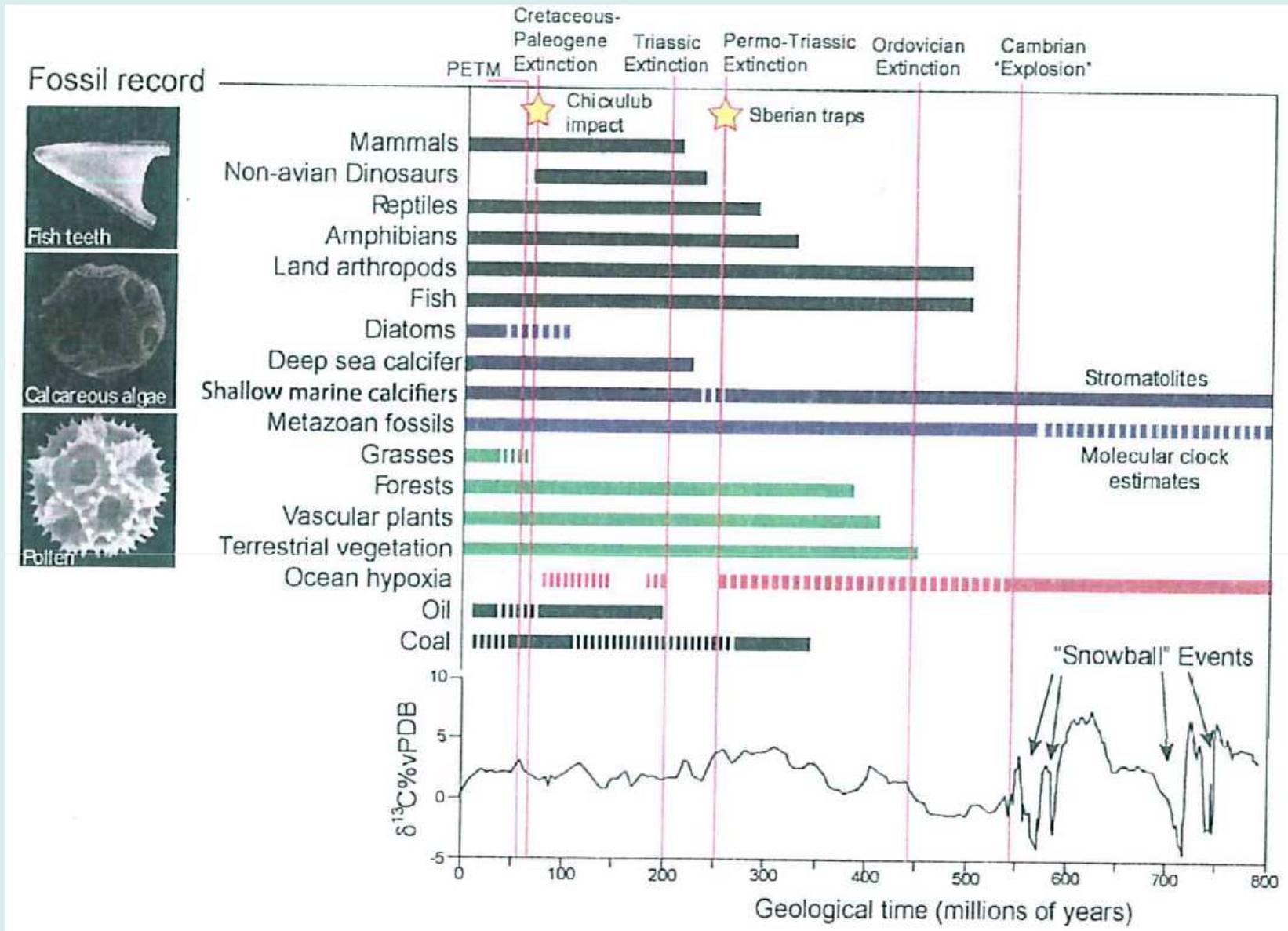
FIGURE 1.2 Although warmer greenhouse conditions (red-brown intervals) have dominated most of the past ~1 billion years of Earth's history, there have been extended periods of cool "icehouse" conditions (light-blue intervals) including intervals for which there is evidence of continental ice sheets at one or both poles (shown as darker blue bars). The question marks in the Cryogenian reflect uncertainties associated with the geographic extent and duration of inferred glacial events during this time (Allen and Etienne, 2008; Kendall et al., 2009). The Paleocene-Eocene Thermal Maximum and Mid-Eocene Thermal Maximum are shown as red bars. The current icehouse began ~34 million years ago with increased glaciation in Antarctica and accelerated with northern hemisphere glaciation over the past 3 million years.

SOURCES: Compiled based on Miller et al. (2003); Montañez et al. (2007), Bornemann et al. (2008); Brezinski et al. (2008); Fielding et al. (2008); Zachos et al. (2008); and Macdonald et al. (2010).

De: Understanding Earth's Deep Past, Lessons for Our Climate Future

National Research Council of national Academies. USA 2011

www.national-academies.org



L'humanité aurait pu être possible sur Terre depuis 220 millions d'années

Hypothèse d'évolution du CO₂ atmosphérique selon les **sédimentologues**

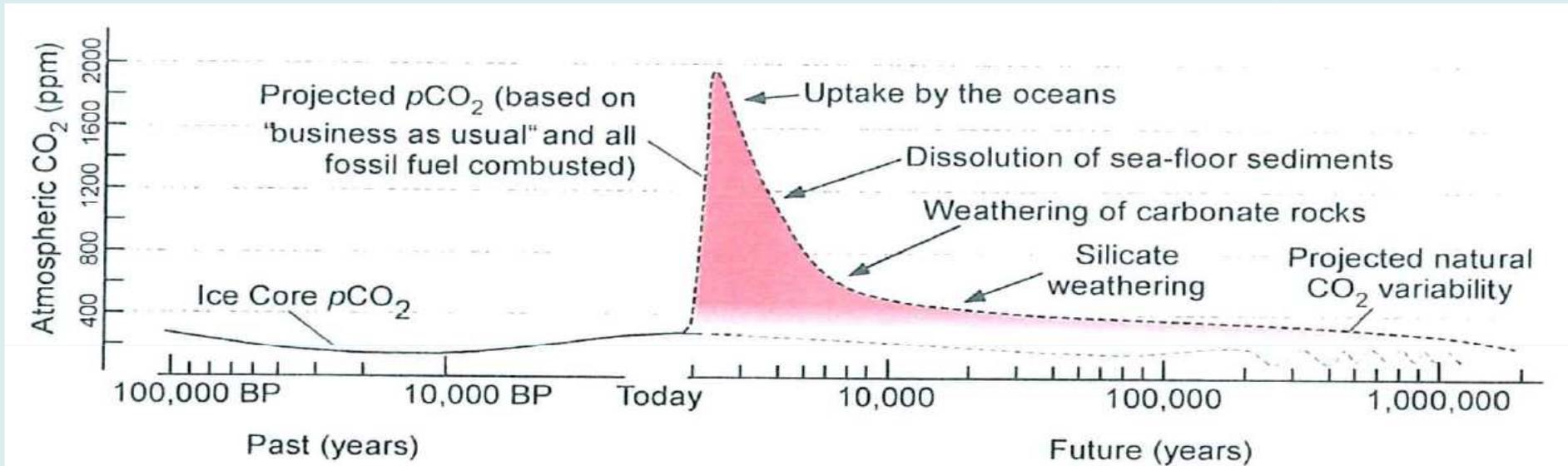


FIGURE 3.5 Graphic portrayal of the CO₂ "lifetime" assuming nonlinear CO₂ uptake kinetics by various short (decades to millennia) and long-term (10⁴ to 10⁵ y) surface and sedimentary carbon reservoirs. Projected natural CO₂ variability assumes 100 ky orbital control.
SOURCE: Modified from Walker and Kasting (1992); B.B. Sageman, personal communication.

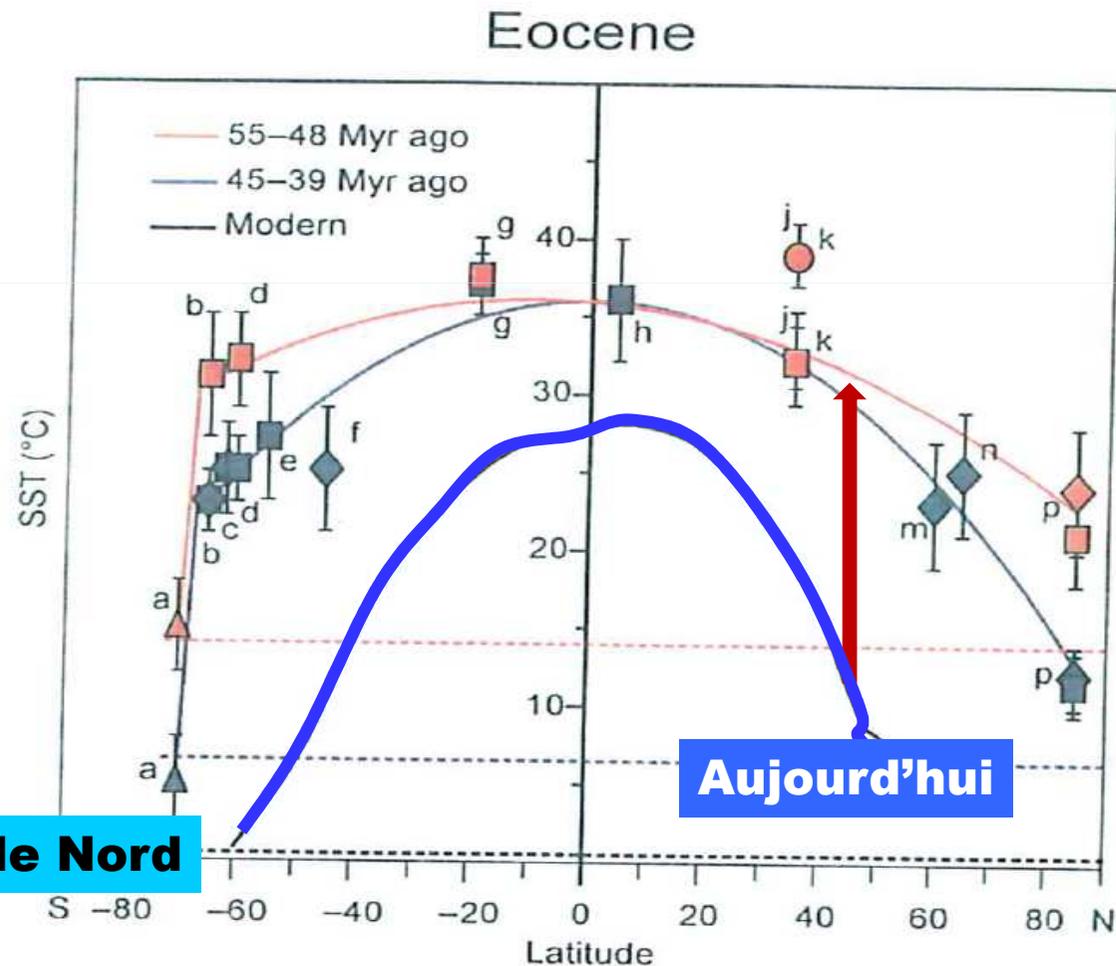
On serait d'ici 1000 ans comme durant l'Eocène ou la Terre était beaucoup plus chaude

Températures à la surface de la Terre à l'Eocène, il y a 40 millions d'année quand il y avait plus de 1000 ppm de CO₂ comparé à aujourd'hui

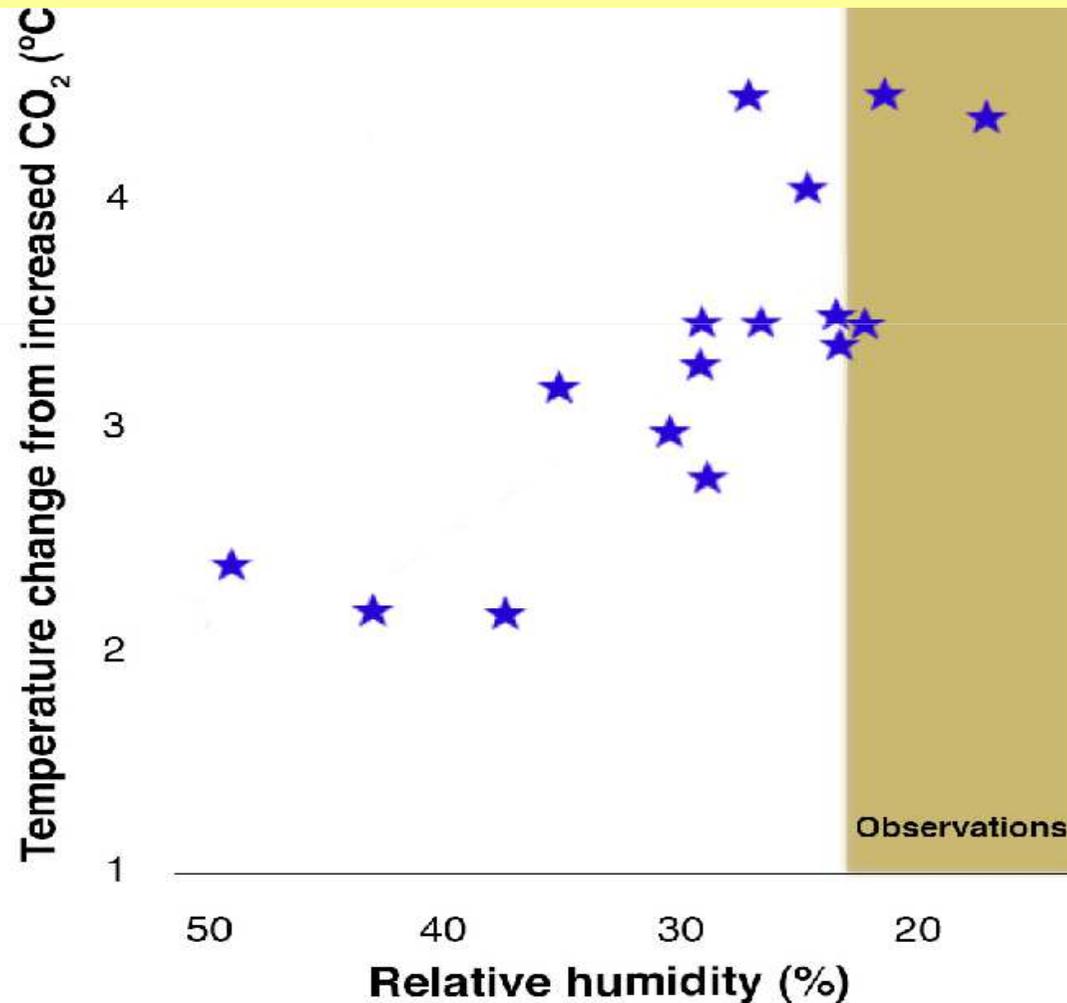
**37°C à l'équateur
soit 9°C en +**

**A nos latitudes on
passerait de 13°C
aujourd'hui à 28° ou
30°C, soit un climat
tropical**

+15°C de plus au pôle Nord



Aujourd'hui des signes qui confirmeraient jusqu'à 3.5 à 4.5°C de plus d'ici la fin de ce siècle



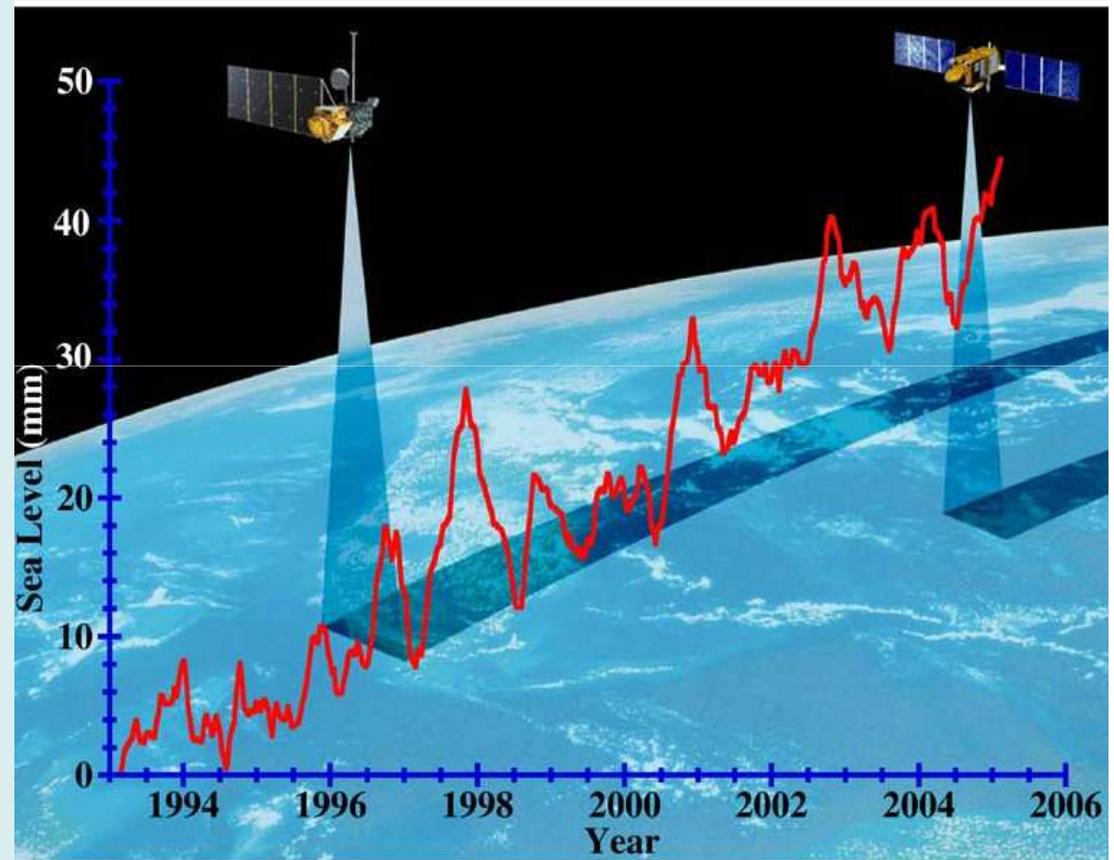
<https://www2.ucar.edu/sites/default/files/news/2012/fasullo-final.jpg>

Et la calotte Polaire?

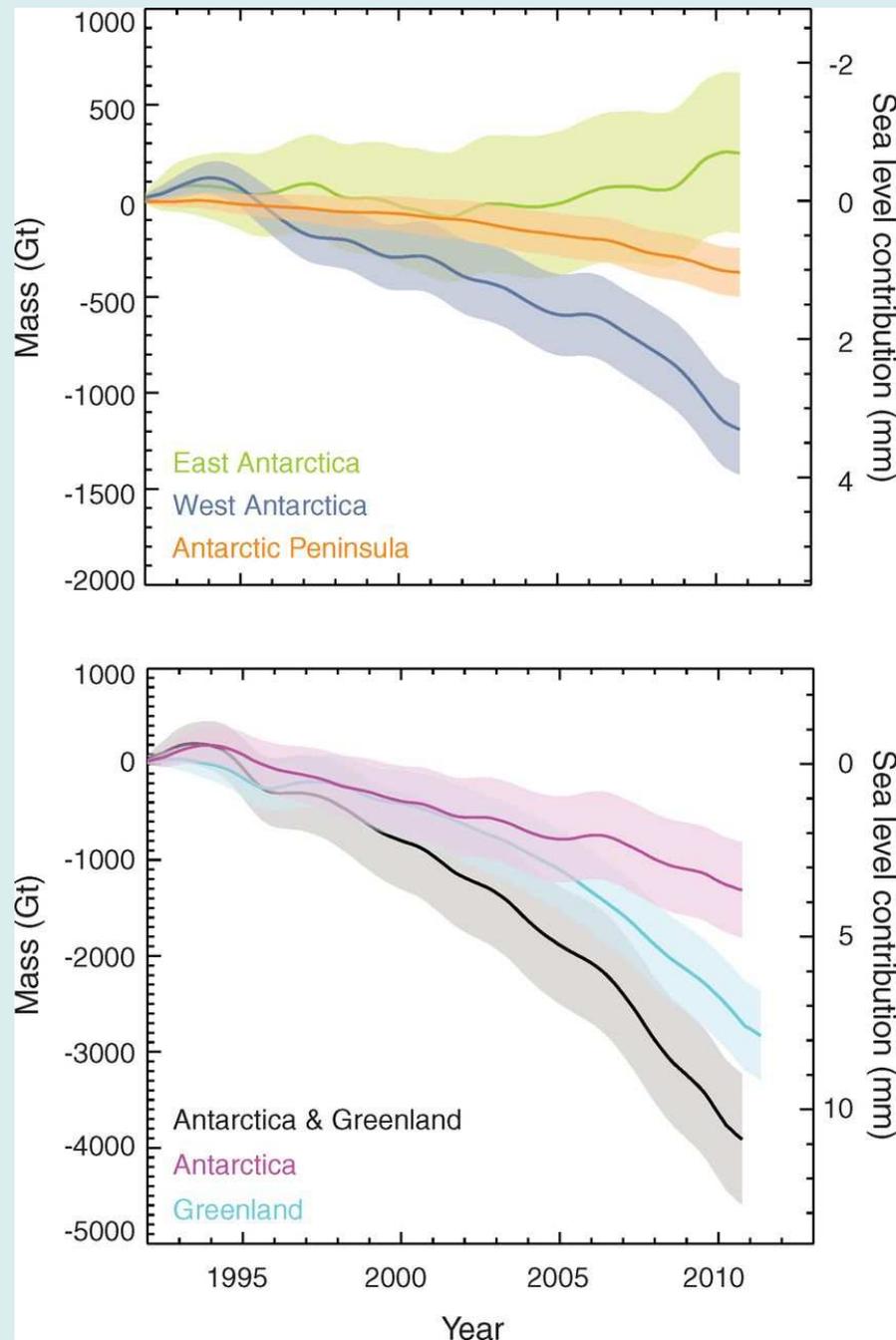
23 JAN 2012 DOY 023 - 14,3 million km²

Elévation du niveau des mers

En ce moment, il y a une élévation moyenne de 3 mm par an et qui pourrait atteindre 7 ou 8 mm/an lorsque les glaciers des pôles fondront plus rapidement



Soit 3 cm tous les 10 ans et donc entre 30 et 75 cm de plus en 2100



Published by AAAS

Fig. 5 Cumulative changes in the mass of (left axis) the EAIS, WAIS, and APIS (top) and GrIS and AIS and the combined change of the AIS and GrIS (bottom), determined from a reconciliation of measurements acquired by satellite RA, the IOM, satellite gravimetry, and satellite LA. Also shown is the equivalent global sea-level contribution (right axis), calculated assuming that 360 Gt of ice corresponds to 1 mm of sea-level rise.

A Shepherd et al. Science 2012;338:1183-1189

Masse de glace fondue depuis 1992 et augmentation du niveau de la mer

**Il y a 110 000 ans le niveau
moyen des mers était 4 à 6 m
au dessus du niveau actuel
alors que la température était
légèrement plus chaude et le
taux de CO² inférieur à
aujourd'hui**

De: Understanding Earth's Deep Past, Lessons for Our Climate Future
National Research Council of national Academies. USA 2011

www.national-academies.org

Autres conséquences du changement climatique

**Des risques d'évènements
violents et extrêmes plus
fréquents**

09:00 (08:00 UTC)

Deux tempêtes en 11 ans, 1999 et 2009!



Crue 1930 - http://www.aquadoc.fr/article.php3?id_article=22

Cependant il demeure encore des incertitudes et donc:

- Besoin de poursuivre des travaux scientifiques pour modéliser plus fidèlement l'évolution la plus probable
 - Sachant que la complexité des phénomènes est immense

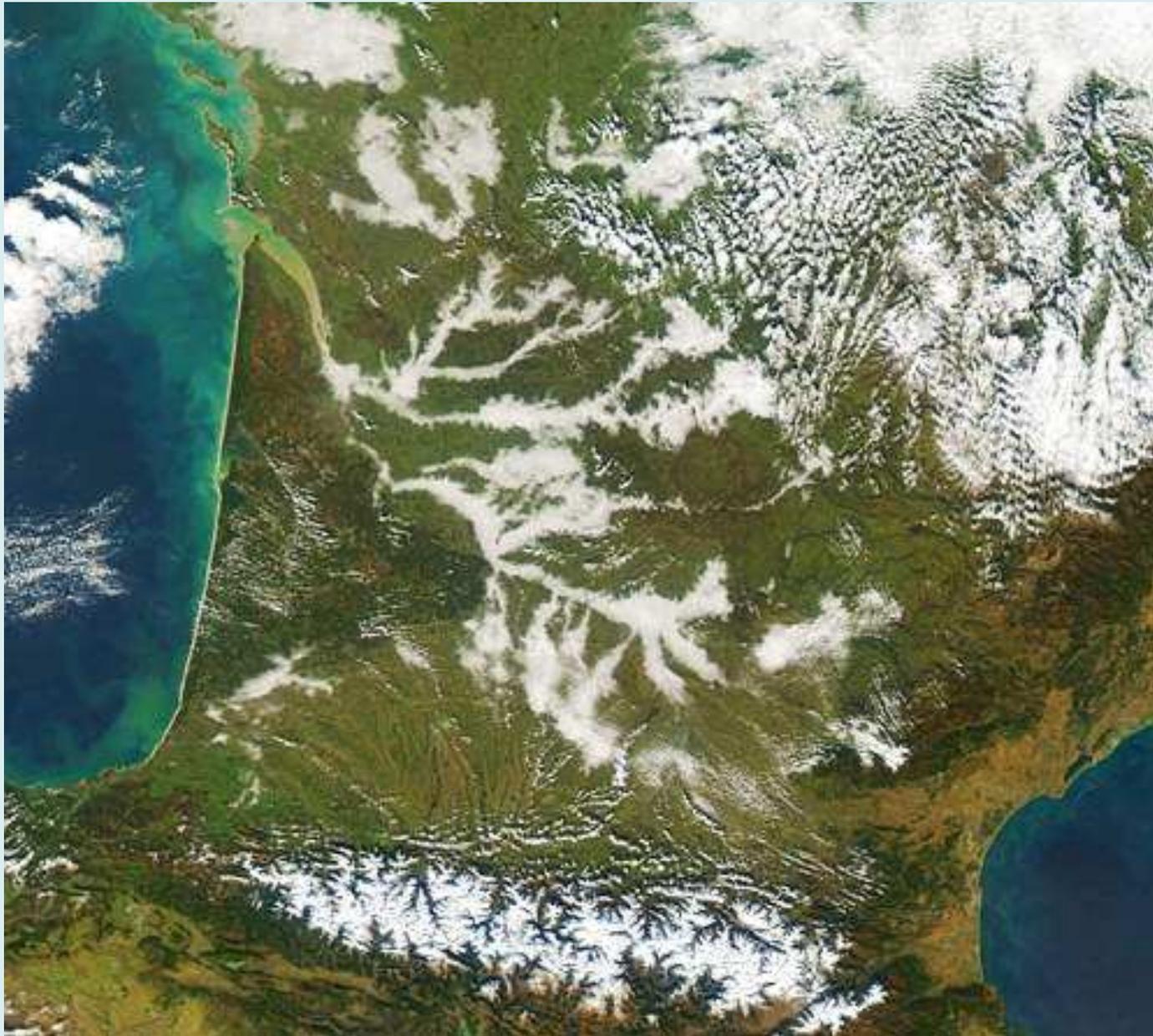
Mais ce qui est certain, c'est que à notre échelle il faut s'y préparer en réduisant au plus vite nos gaspillages de CO² et en s'y adaptant tout en s'appuyant sur des principes durables!

Le débat s'anime maintenant autour de deux thèmes complémentaires

- Diminuer à la source les gaz à effet de serre
- S'adapter à ce changement



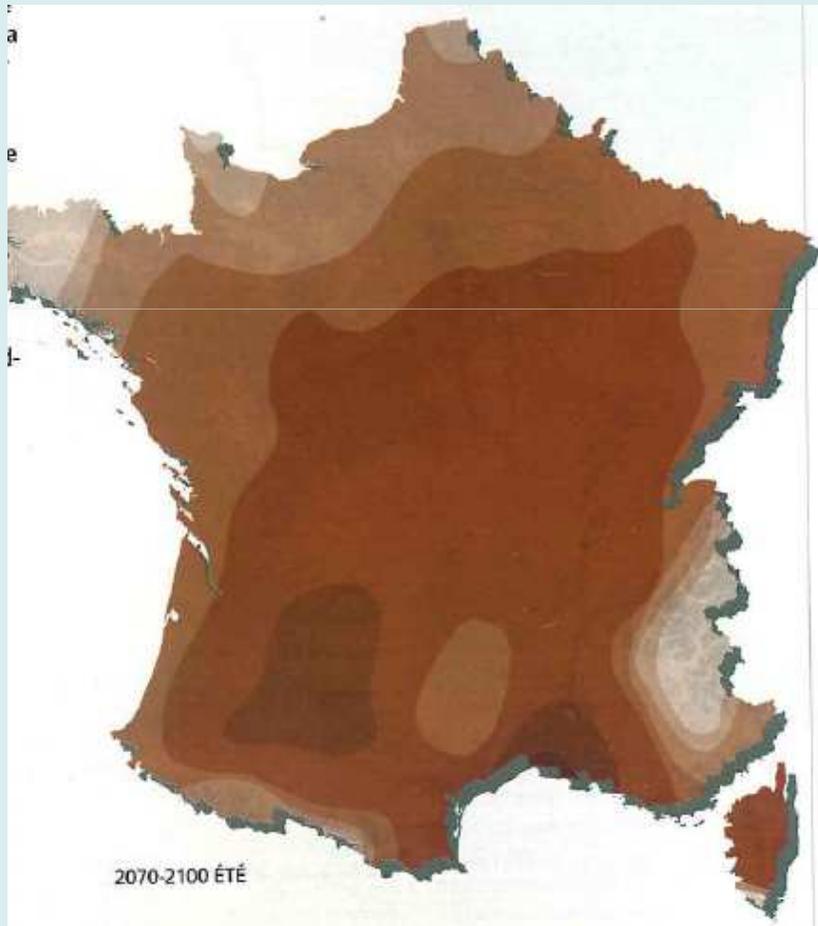
Et pour le Sud-Ouest?



Quelles conséquences ?

- A/ Une mer qui va monter légèrement?
- B/ Des risques d'évènements violents et extrêmes plus fréquents?
- C/ Plus chaud, plus souvent et des besoins énergétiques plus sollicités en été pour maintenir notre confort?
- D/ Une demande en eau pour se nourrir plus importante?

Face au changement climatique que faire?

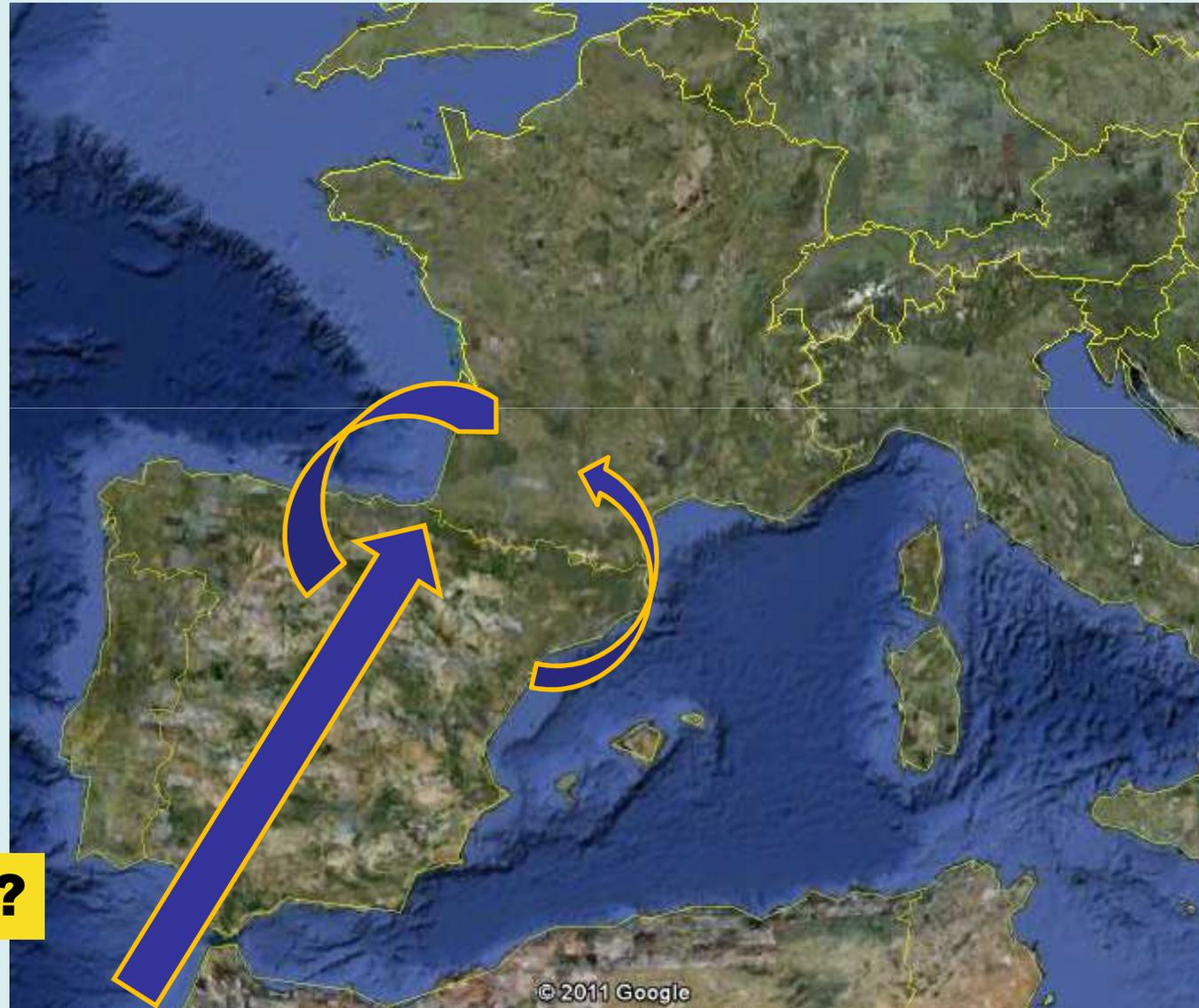


Se déplacer?

**+2.5°C = 500 km
vers le Nord ou
400 m en altitude**

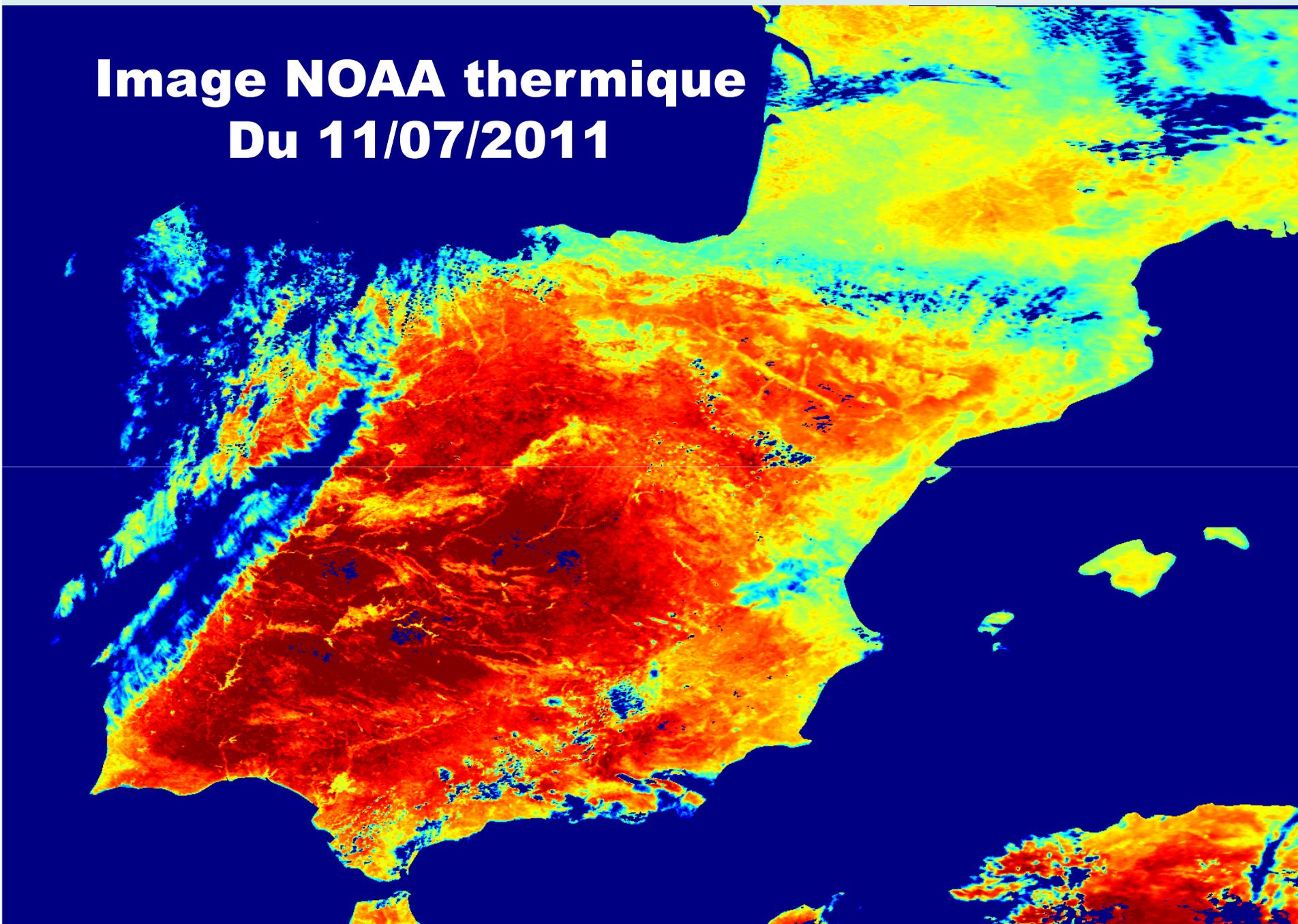
Situation de canicule de Sud

Le Sud-Ouest le premier concerné



Pourquoi?

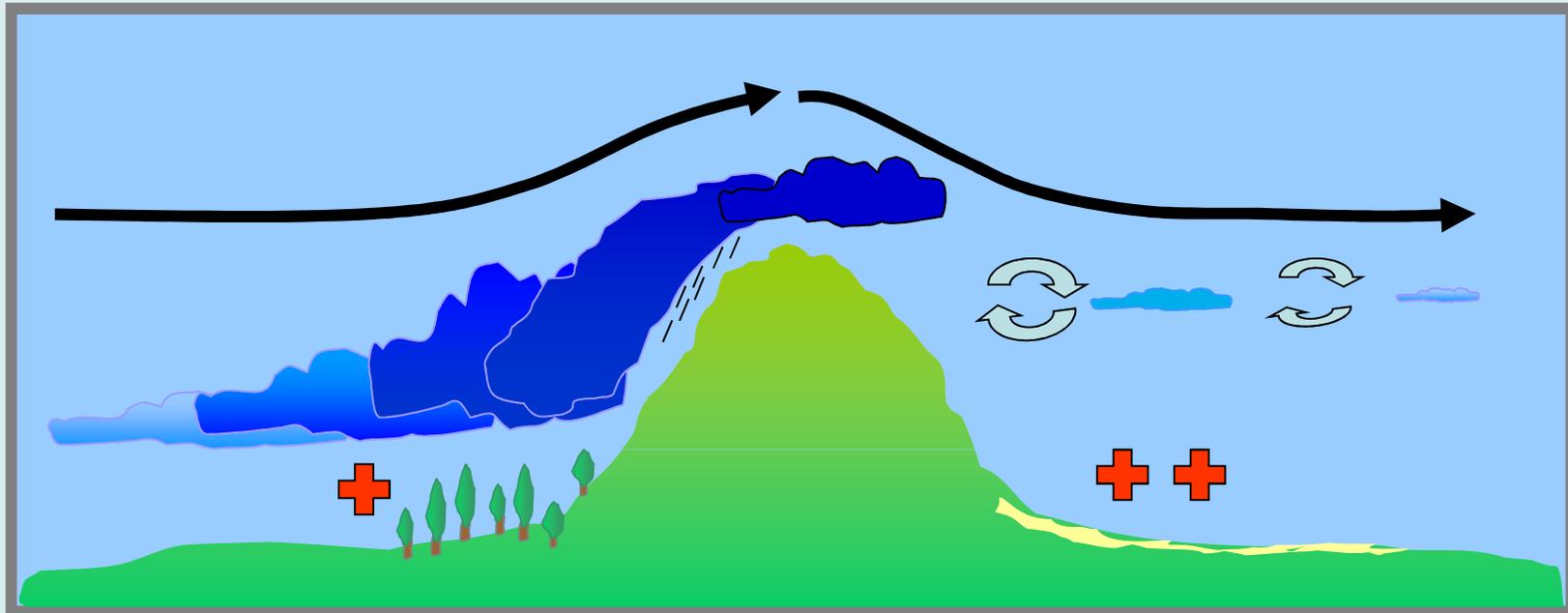
**Image NOAA thermique
Du 11/07/2011**



A cause de l'effet de Foehn

Transformation adiabatique :

(Sans échange de chaleur, $Q=0$. T constant, variation de P)



P ↓

DETENTE

Refroidissement

Soulèvement d'une masse d'air par un relief:
Détente, refroidissement, saturation puis condensation.

P ↑

COMPRESSION

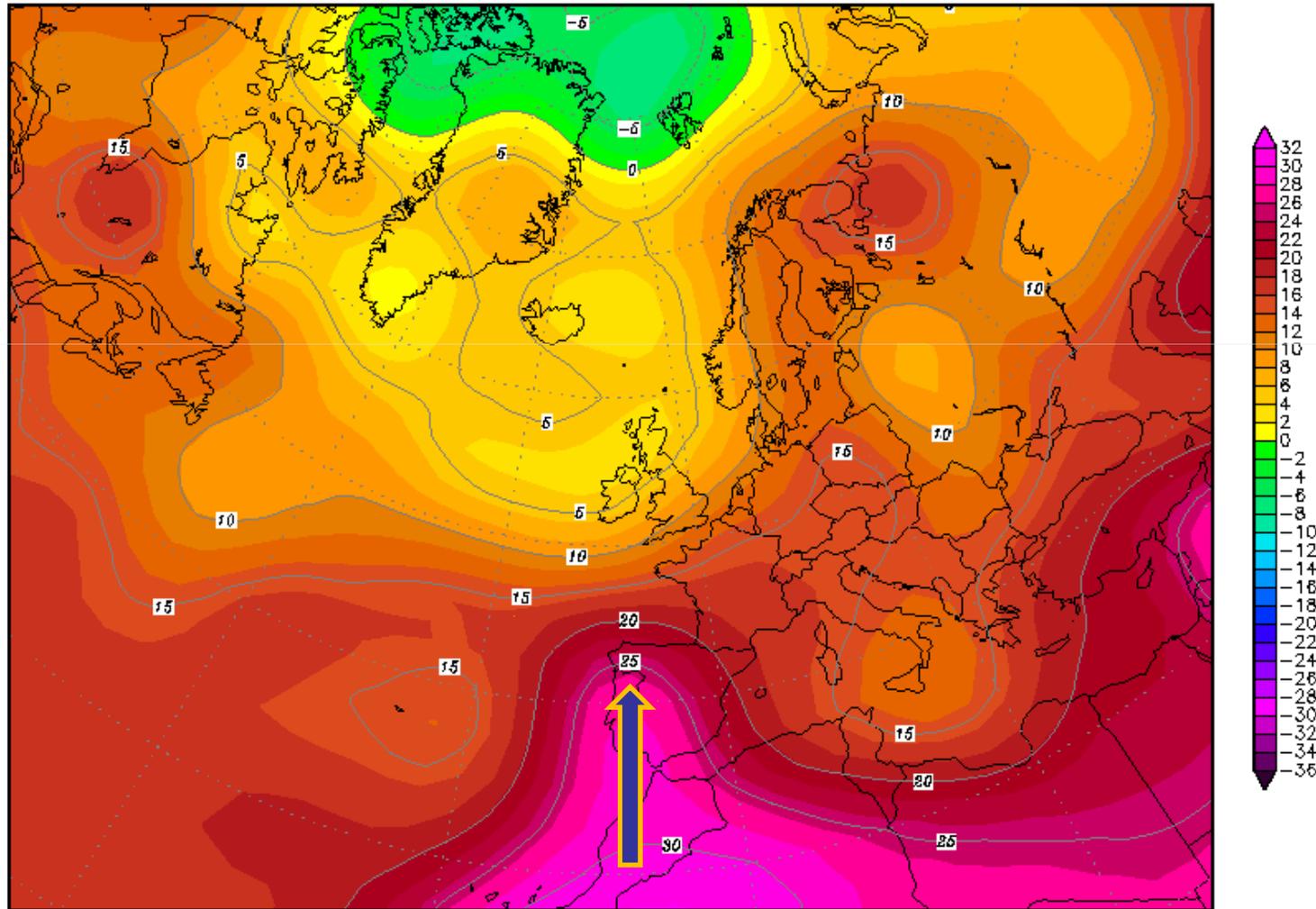
Réchauffement

Affaissement d'une masse d'air par un relief:
Compression, réchauffement, évaporation.

Exemple de poussée très chaude d'août 2003

02AUG2003 00Z

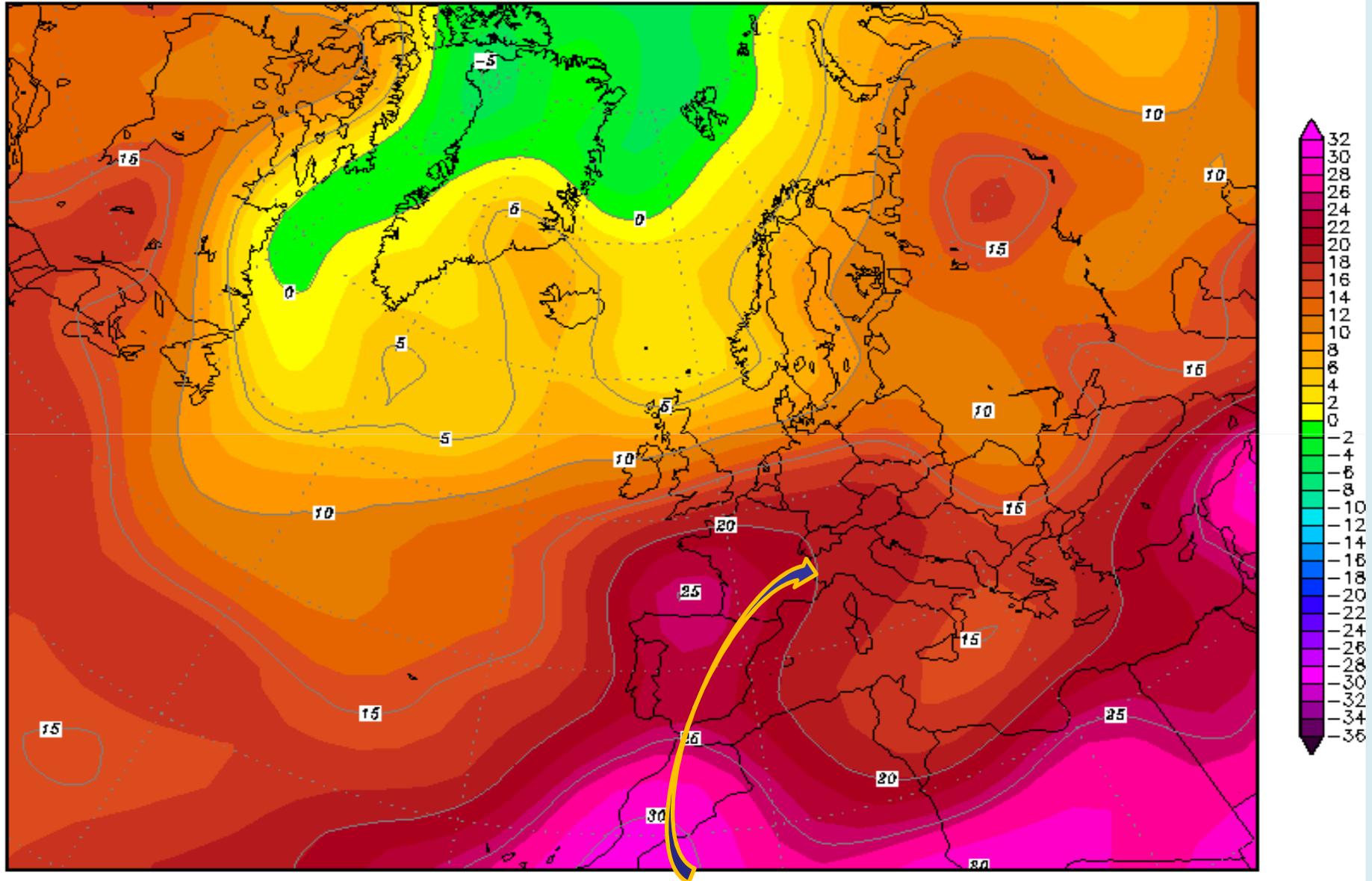
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

04AUG2003 00Z

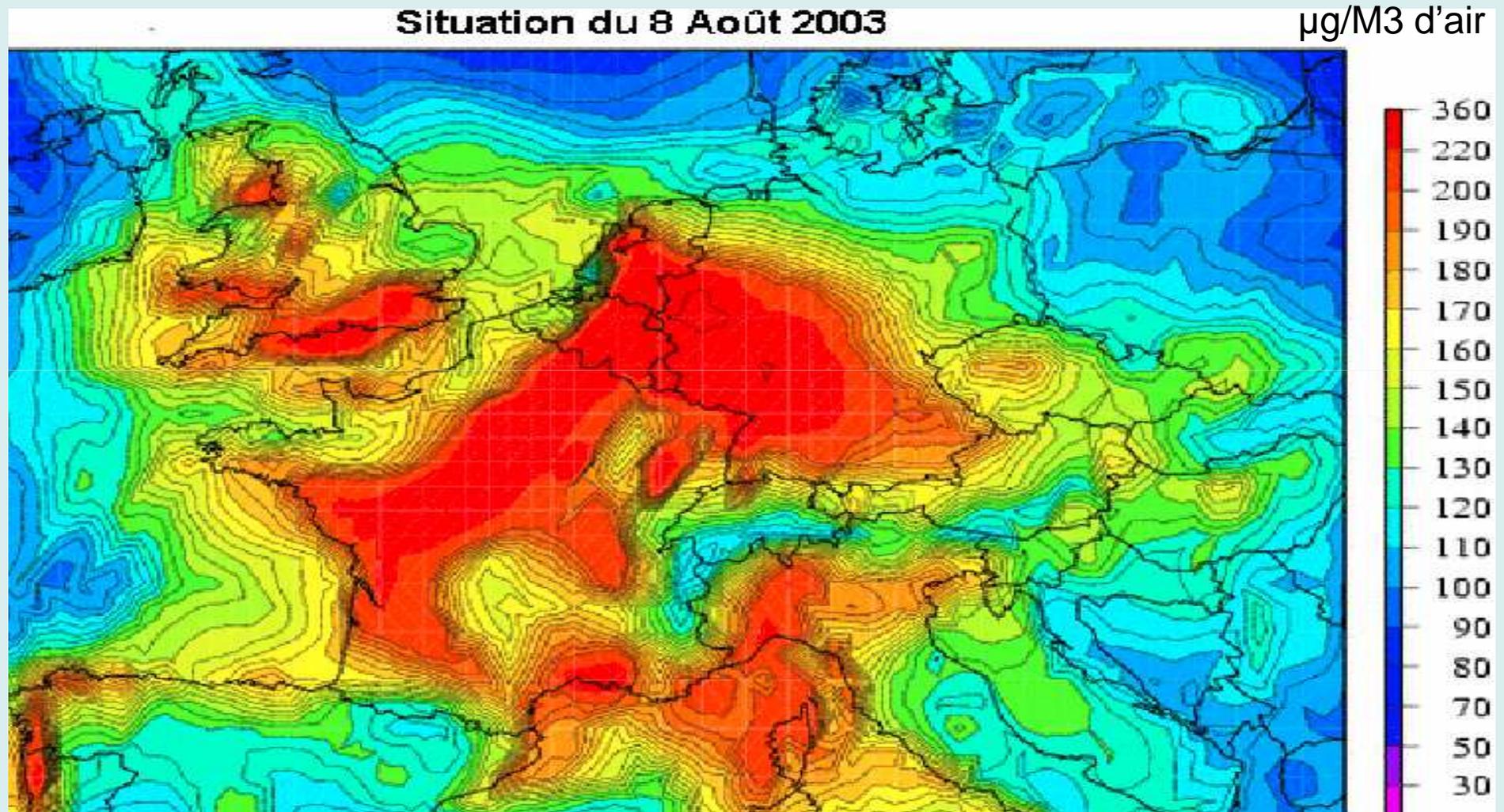
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Danger!

Niveau d'ozone le 8 août 2003



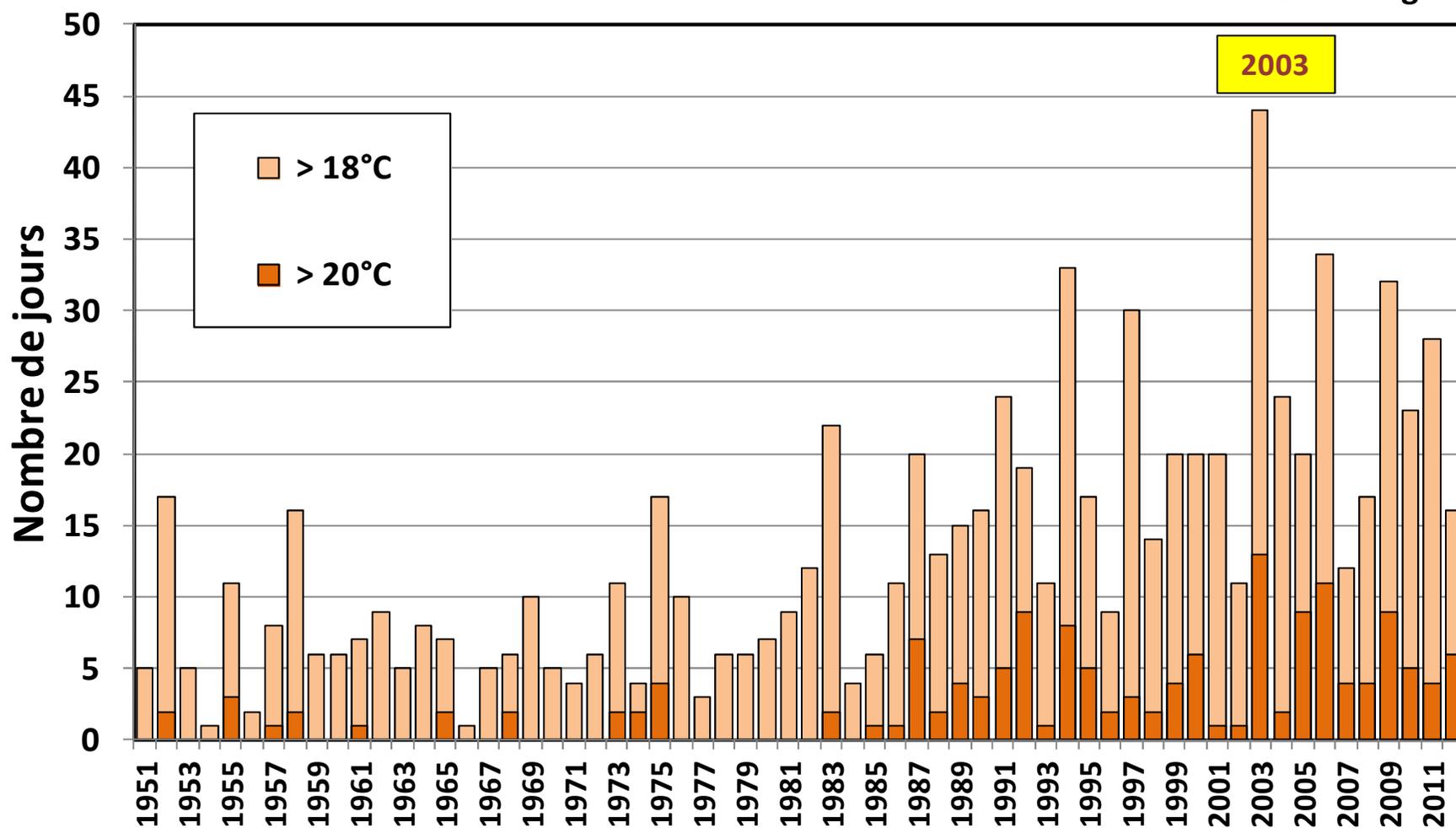
Les fortes températures favorisent sa formation dans les villes

Source Prév'air -INERIS

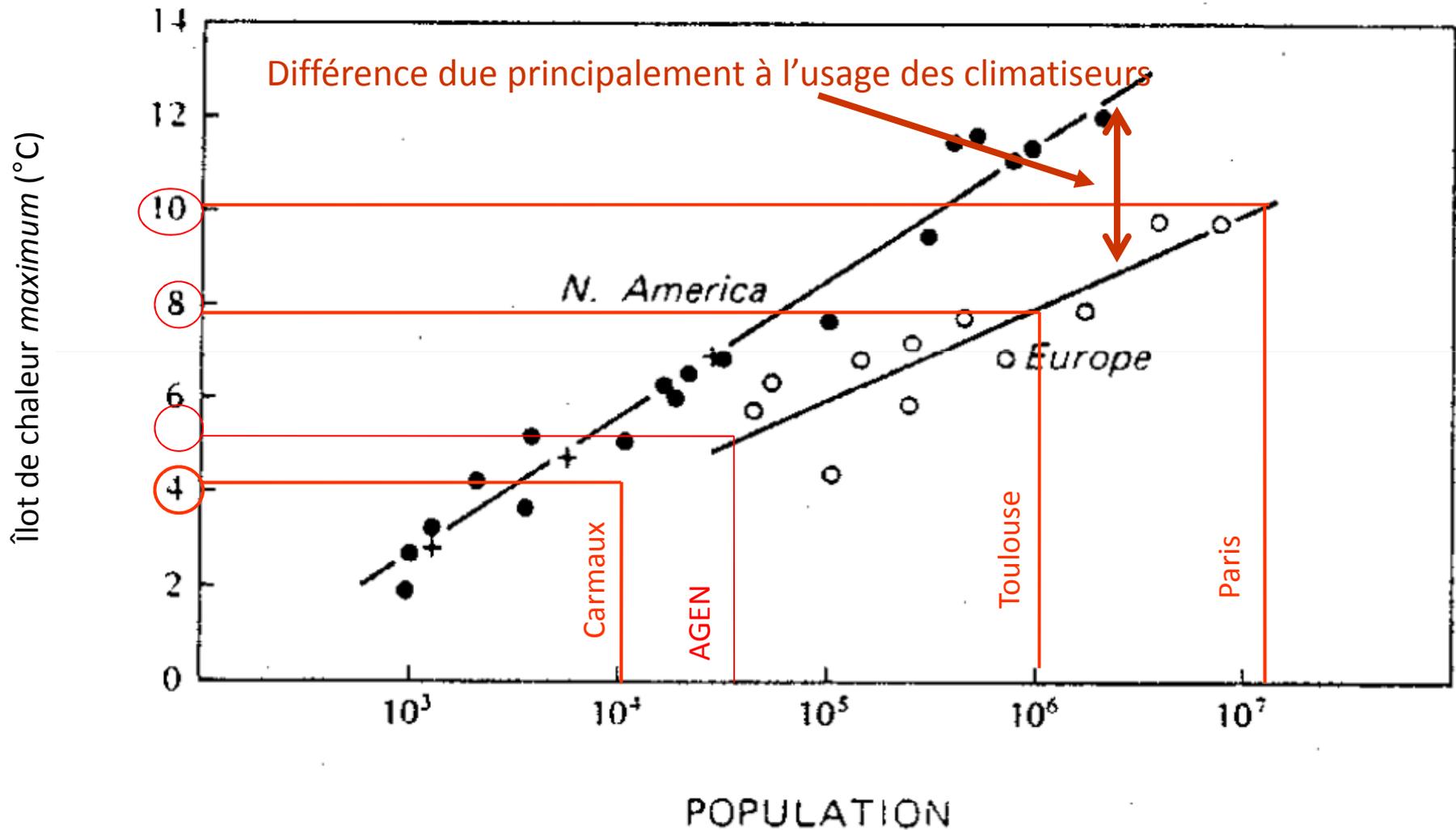
Nombre de nuits à Agen avec des minimales supérieures à 18 et 20°C

T° Mini sous abri, Juin à Septembre - Nombre de jours

Secteur Agen



ICU selon la taille de l'agglomération

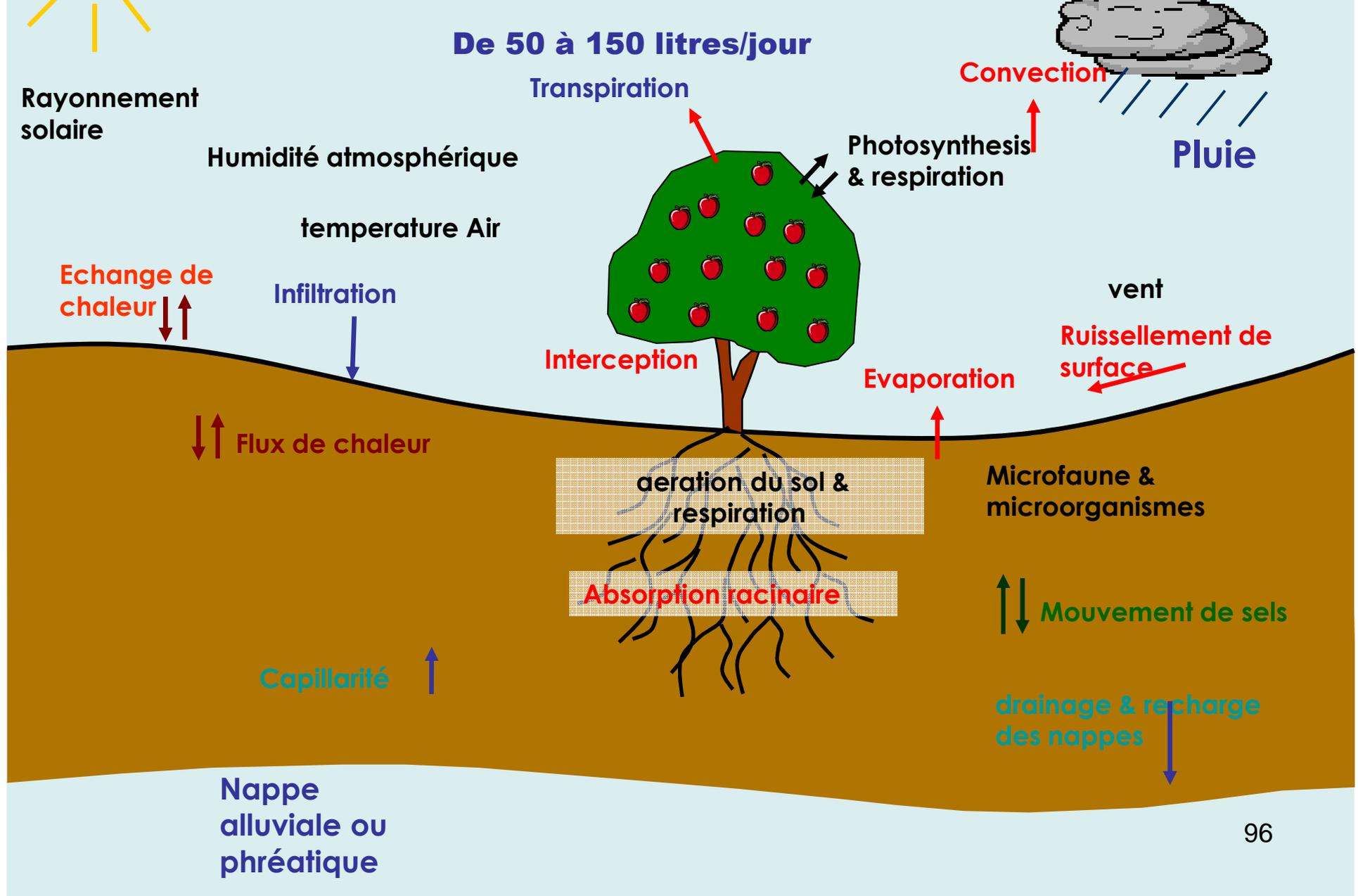


Chaleur / énergie/ eau
Climat
Adaptation

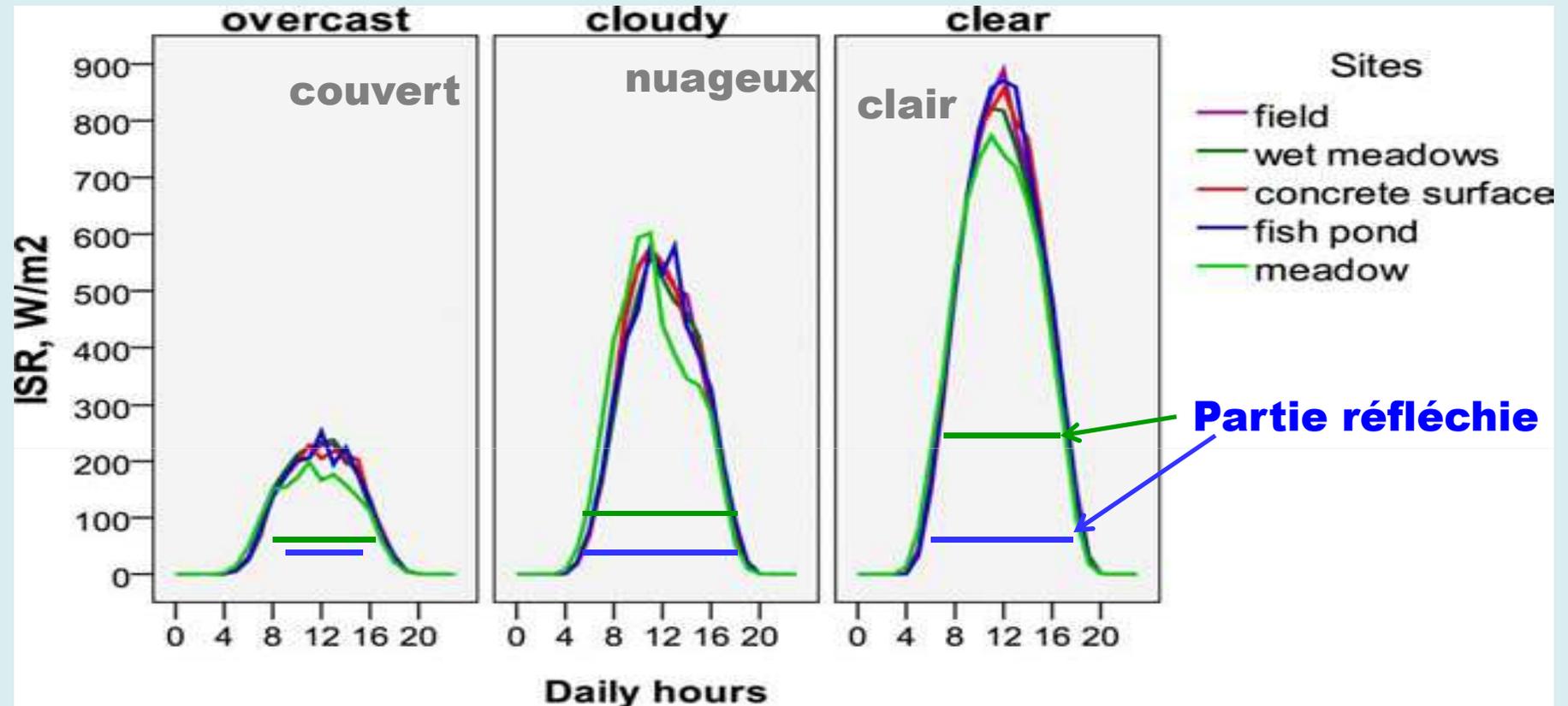
Sur quels principes durables peut on s'adapter?

- **Une agriculture irriguée de précision**
- **Une réduction des besoins énergétiques basés sur des ressources fossiles qui ramènent dans l'atmosphère du carbone sédimenté il y a des millions d'années**
- **Par exemple en évitant de promouvoir la « Clim » en été que les poussées chaudes de Sud rendent parfois nécessaires**

Le continuum sol, plante atmosphère



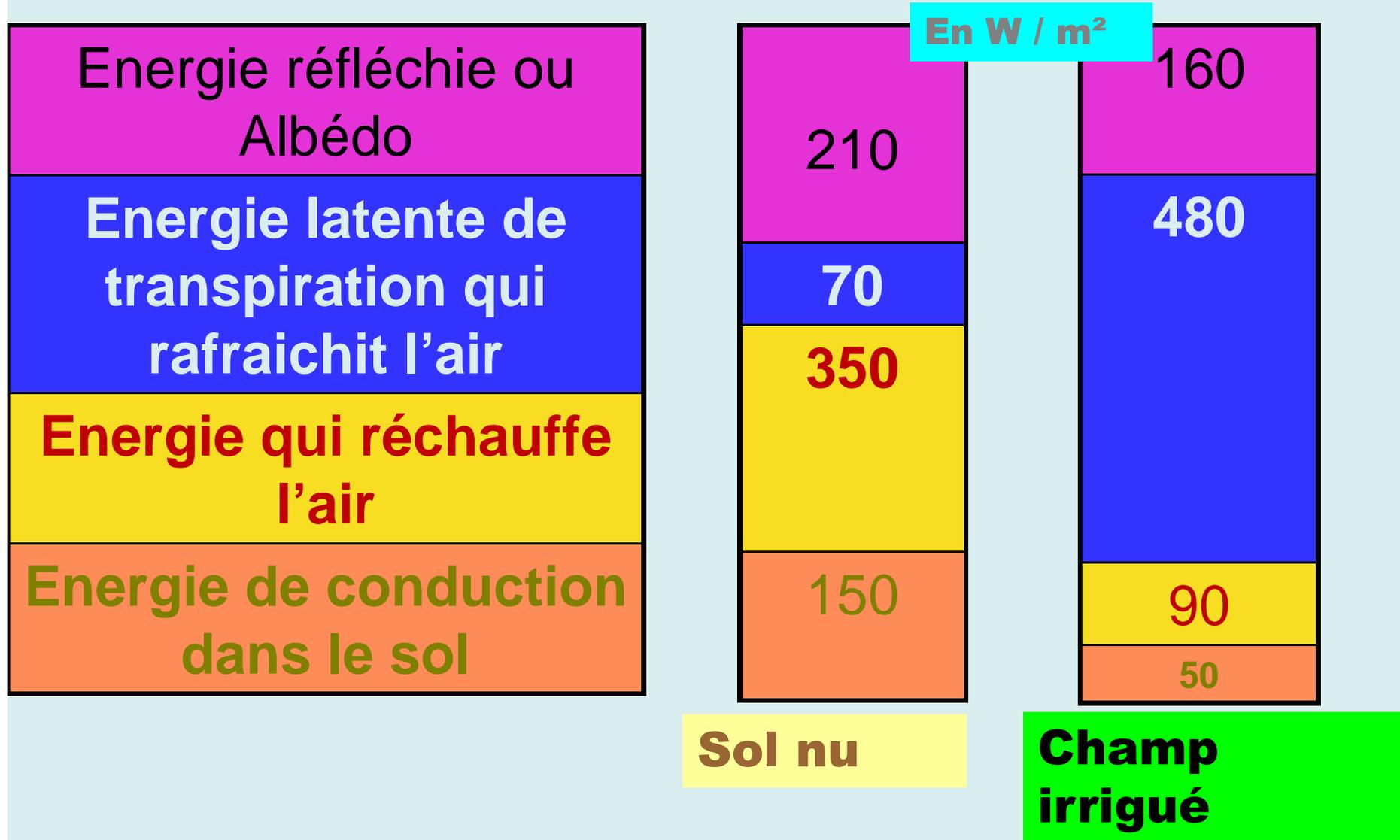
Que devient l'énergie solaire incidente?



**De 250 W/m^2 maxi par temps couvert
à près de 900 W/m^2 par ciel clair en été**

Jan Pokorný et al.; Solar energy dissipation and temperature control by water and plants; *Int. J. Water*, Vol. 5402

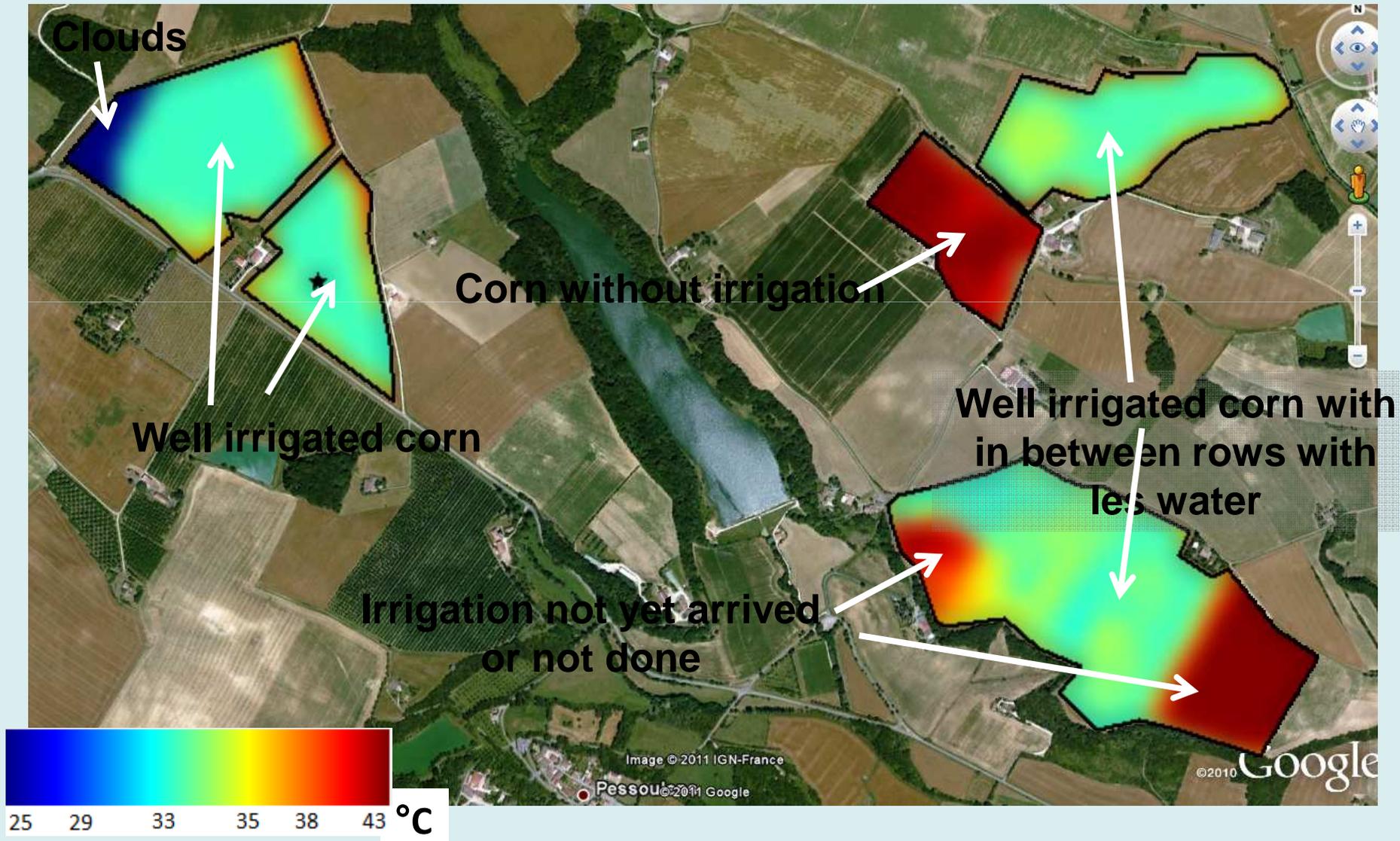
Répartition de l'énergie solaire incidente en milieu de journée



Il y a 13°C de différence entre les champs chauds et les champs frais

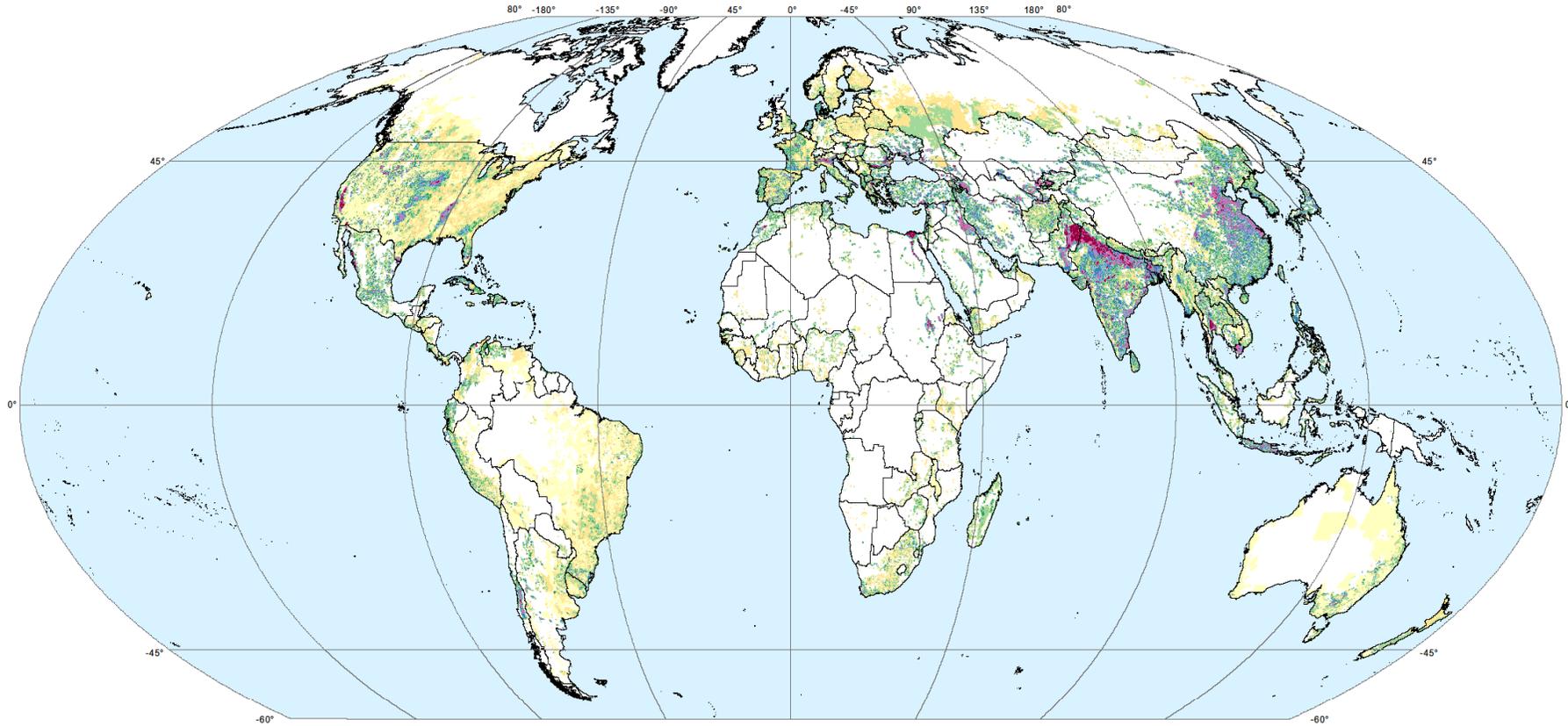
Surface Temperature

12 august 2011 – New presentation

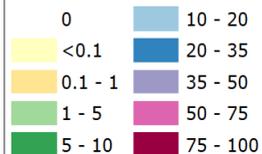


The digital global map of irrigation areas

February, 2007



Area under irrigation in percentage of land area



Surface disponible pour des cultures irriguées

304,190,000 ha www.iwmigiam.org

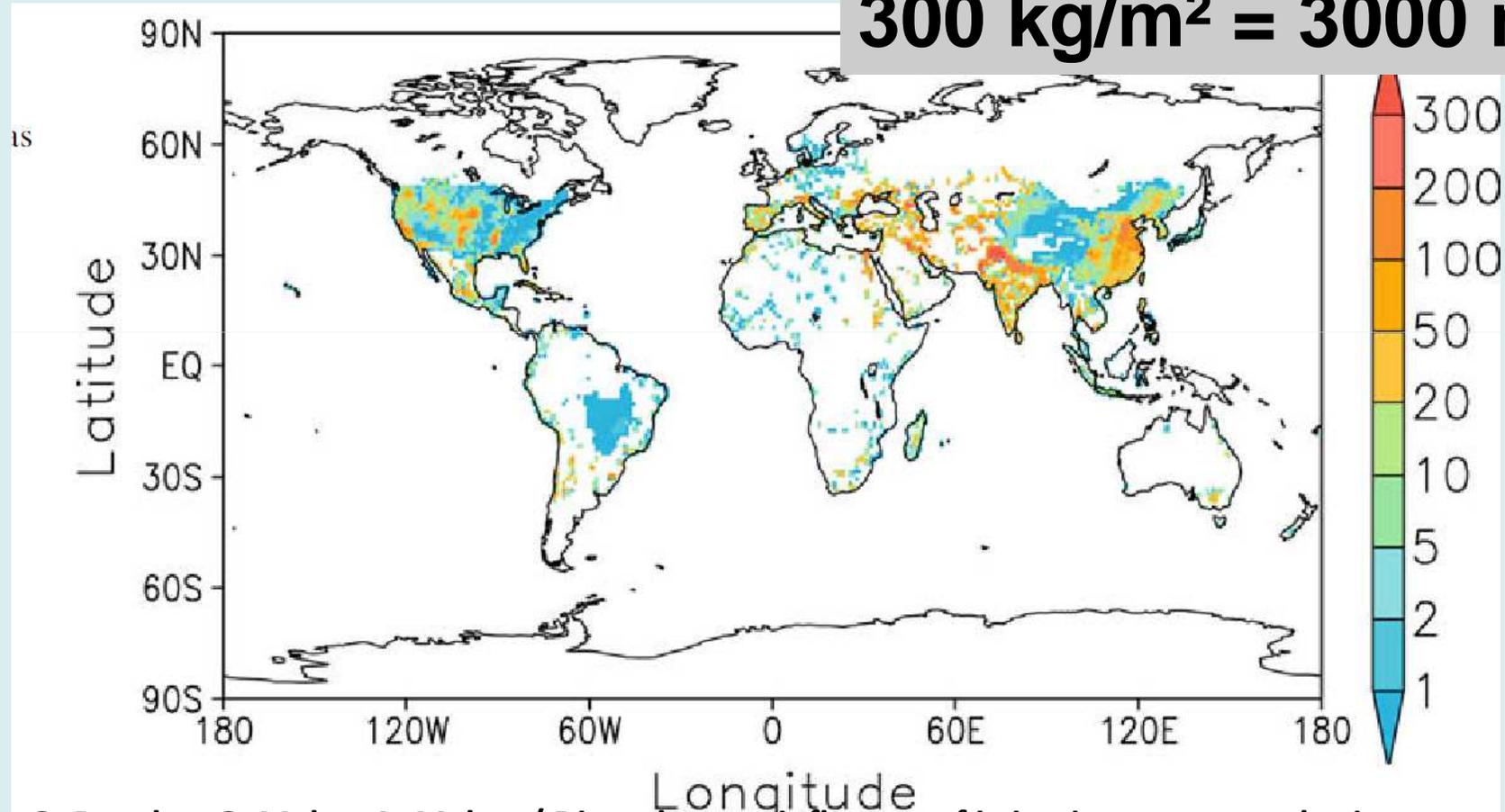
Projection: Mollweide



JOHANN WOLFGANG GOETHE
UNIVERSITÄT
FRANKFURT AM MAIN

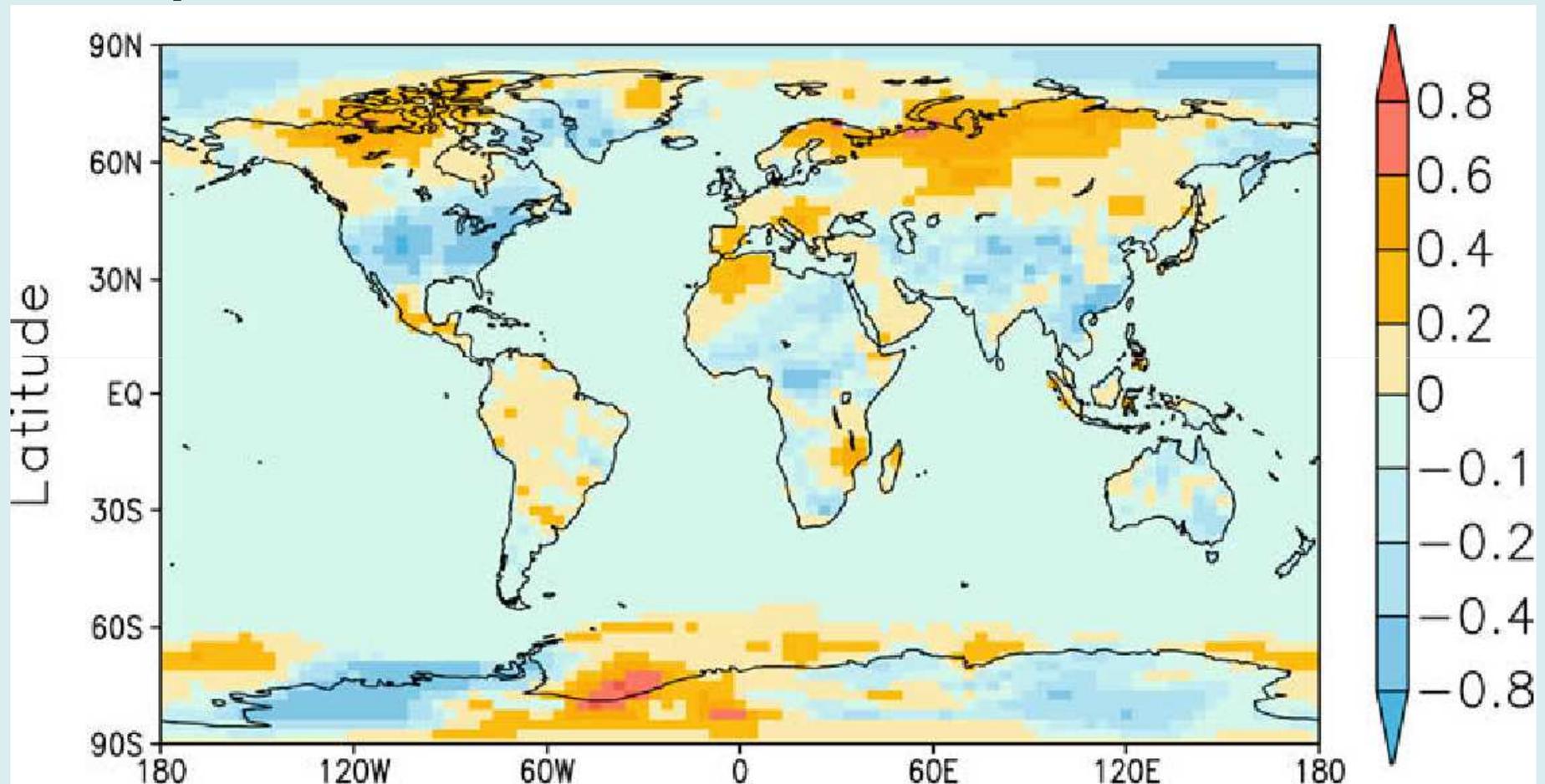
Flux de vapeur d'eau produit par l'irrigation en $\text{kg/m}^2\cdot\text{an}$

$300 \text{ kg/m}^2 = 3000 \text{ m}^3/\text{ha}$



O. Boucher G. Myhre A. Myhre / Direct human influence of irrigation on atmospheric water vapour and climate; *Climate Dynamics* (2004) 22: 597–603 DOI 10.1007/s00382-004-0402-4

Ce qui provoque des modification de température dans les basses couches



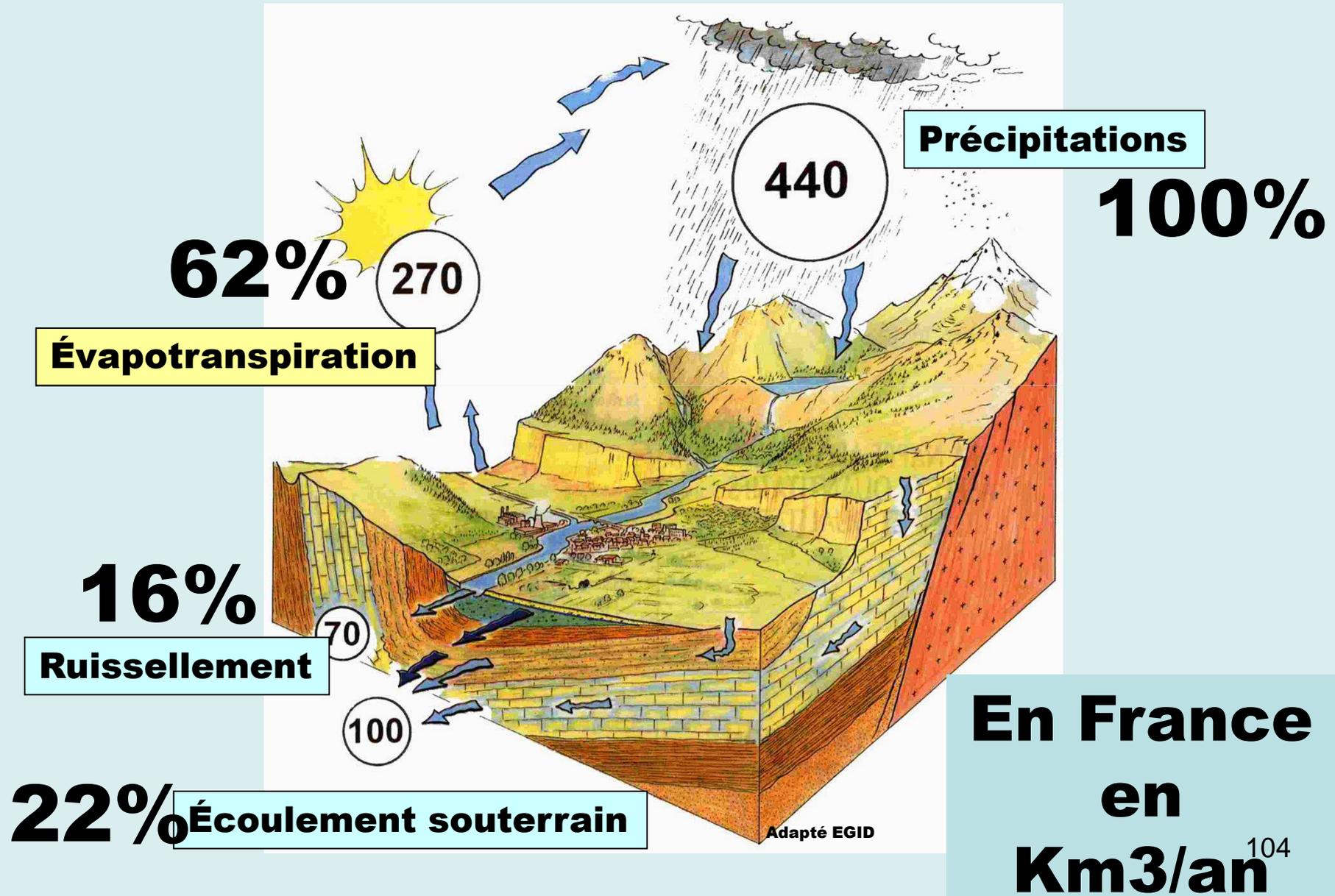
O. Boucher G. Myhre A. Myhre / Direct human influence of irrigation on atmospheric water vapour and climate; *Climate Dynamics* (2004) 22: 597–603 DOI 10.1007/s00382-004-0402-4

D'où la proposition

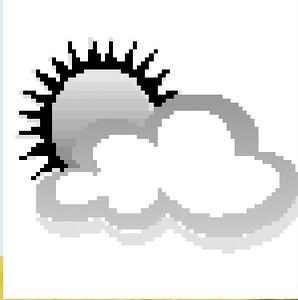
- De privilégier les champs frais et les haies irriguées pour atténuer l'impact des canicules en été
- De stocker plus d'eau de ruissellement lors d'épisodes pluvieux intenses

De manière à mettre cette eau à disposition de tous, ville et campagne, lorsqu'il fait chaud pour atténuer l'impact des coups de chaleur et réduire les besoins énergétiques de climatisation

Notre climat est lié à l'eau



Des chiffres très différents en ville



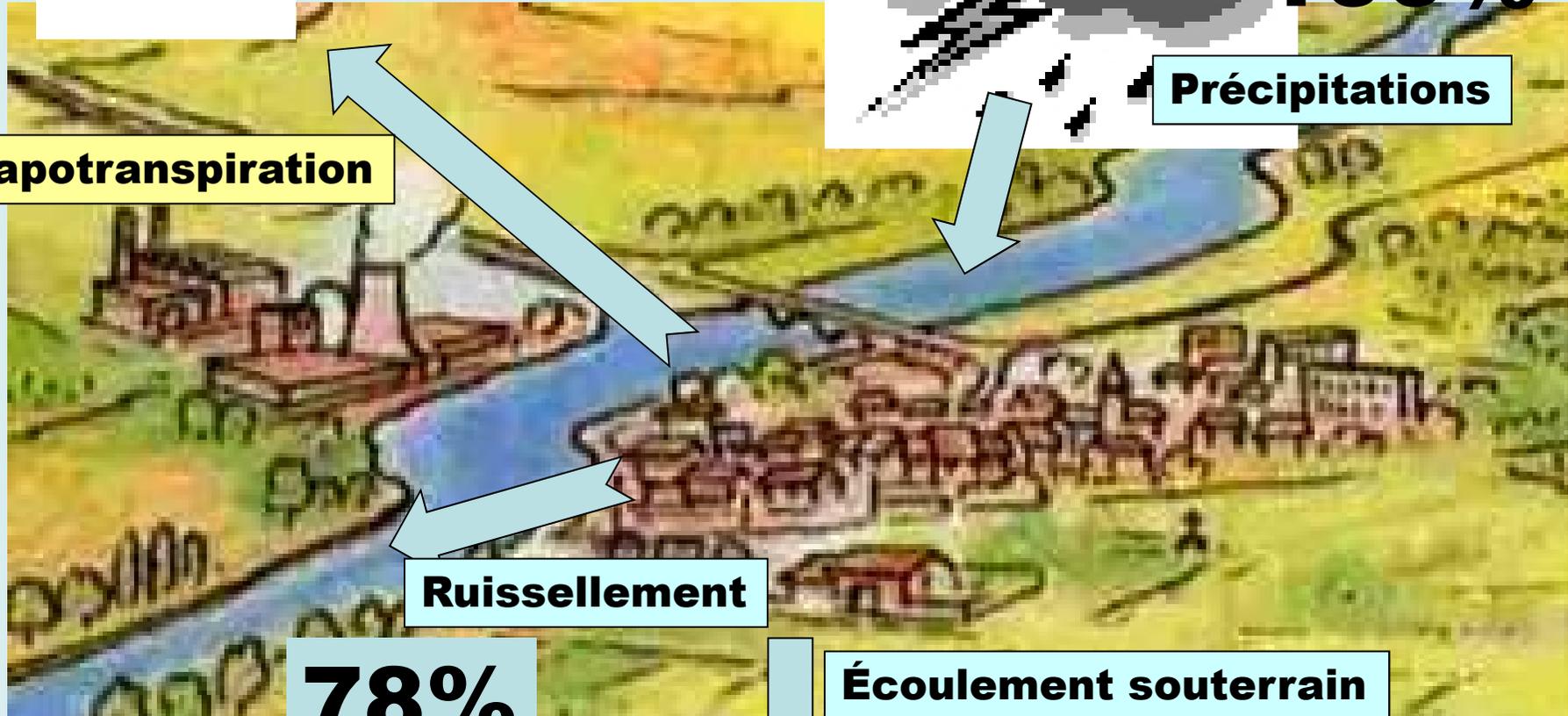
12%

Évapotranspiration



100%

Précipitations



Ruissellement

78%

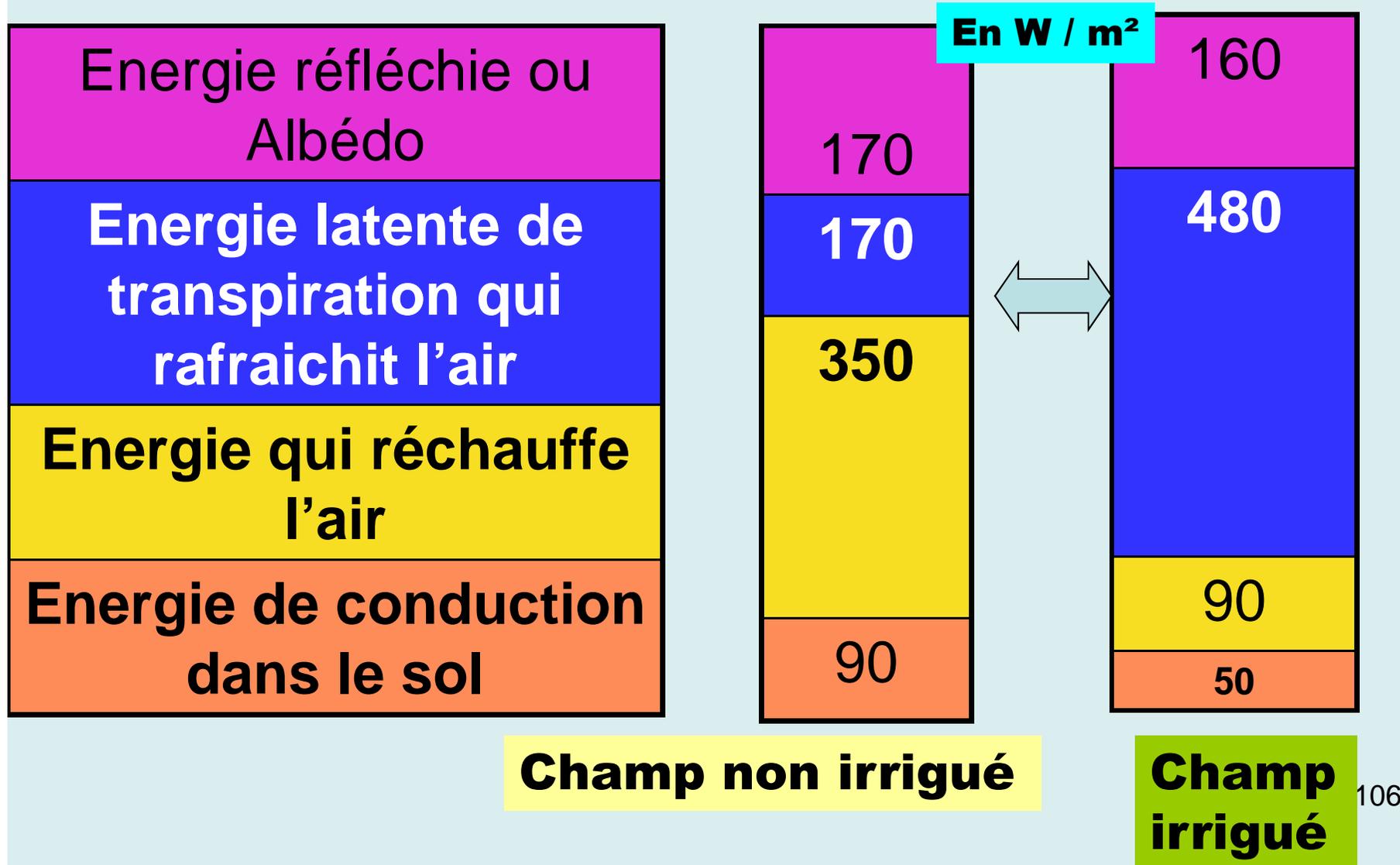
Écoulement souterrain

10%

**Fuites du réseau
d'assainissement**

Évaluation variable d'une ville à une autre

La zone mal irriguée fonctionne comme le sol nu

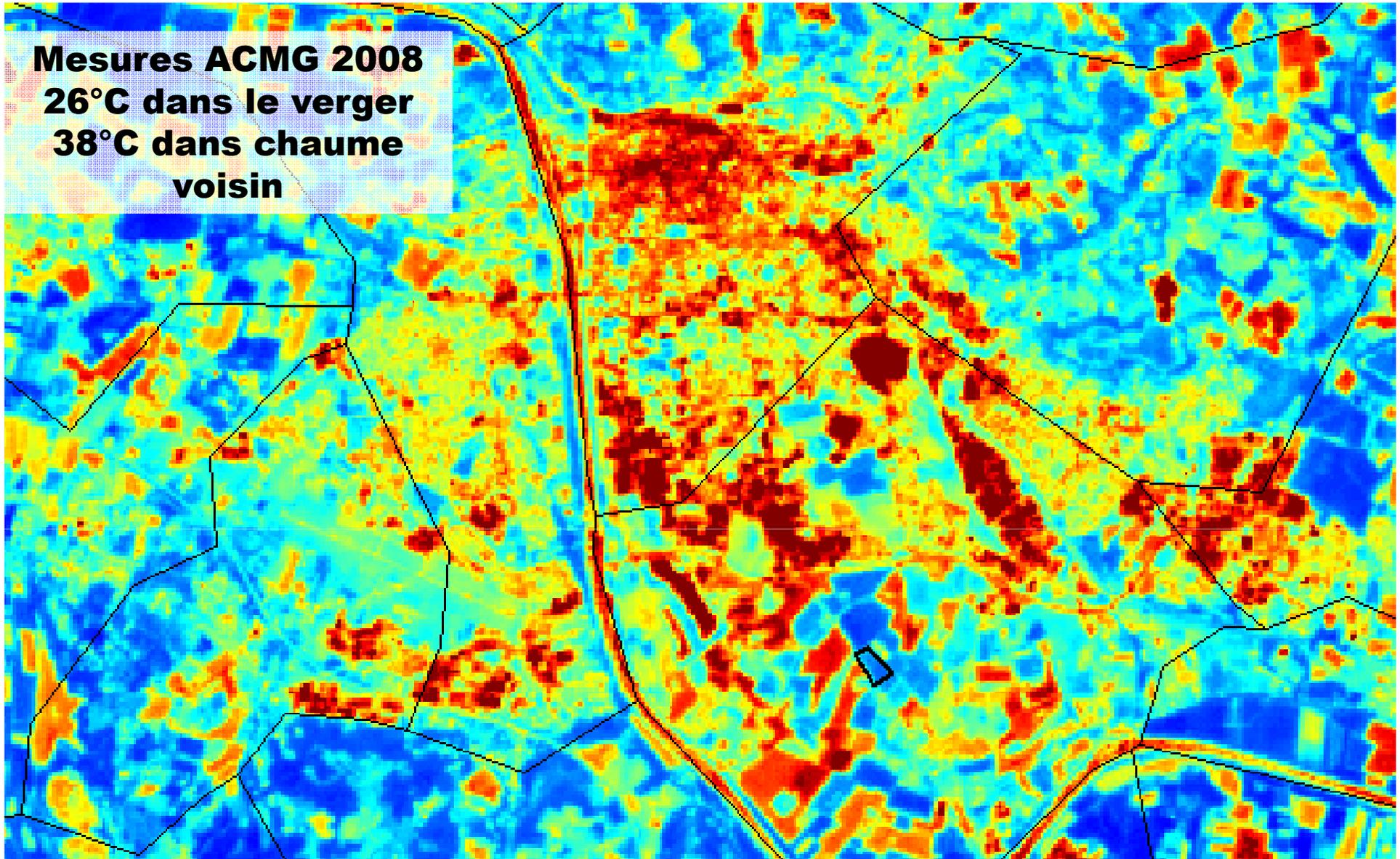


Dans un verger irrigué il fait de 5 à 12°C plus frais que dans le chaume voisin – mesures ACMG 2008

**26°C dans le verger et
38°C au dessus du
chaume voisin le
31/08/2008**



Mesures ACMG 2008
26°C dans le verger
38°C dans chaume
voisin



Lien Micro Climatique entre Ville et Campagne ?

SUDOE

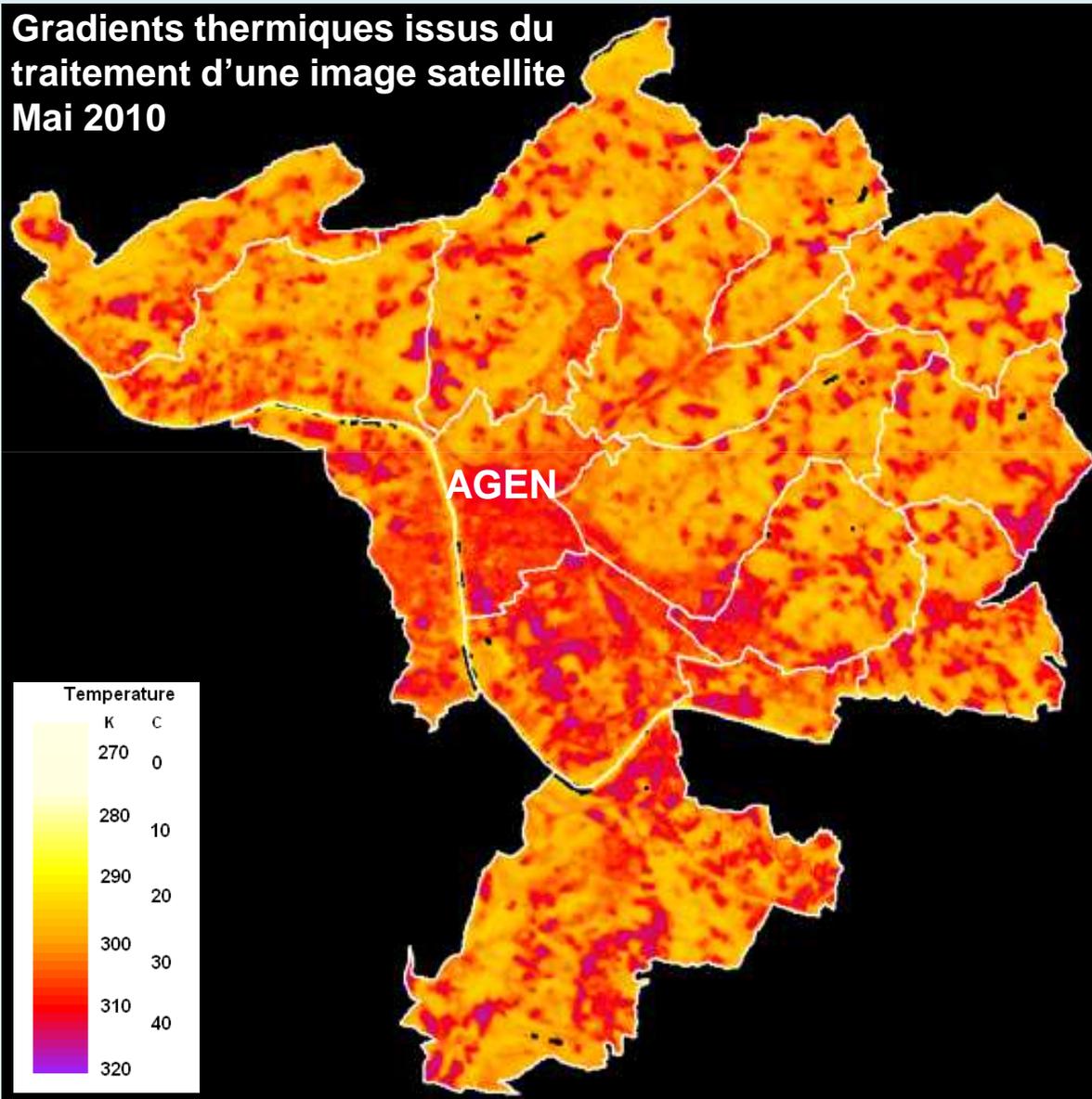
Interreg IV B
www.interreg-sudoe.eu

Température de surface – 11/07/2011



L'EAU ET LA VEGETATION COMME MOYEN DE RAFRAICHISSEMENT NATUREL

Gradients thermiques issus du traitement d'une image satellite
Mai 2010

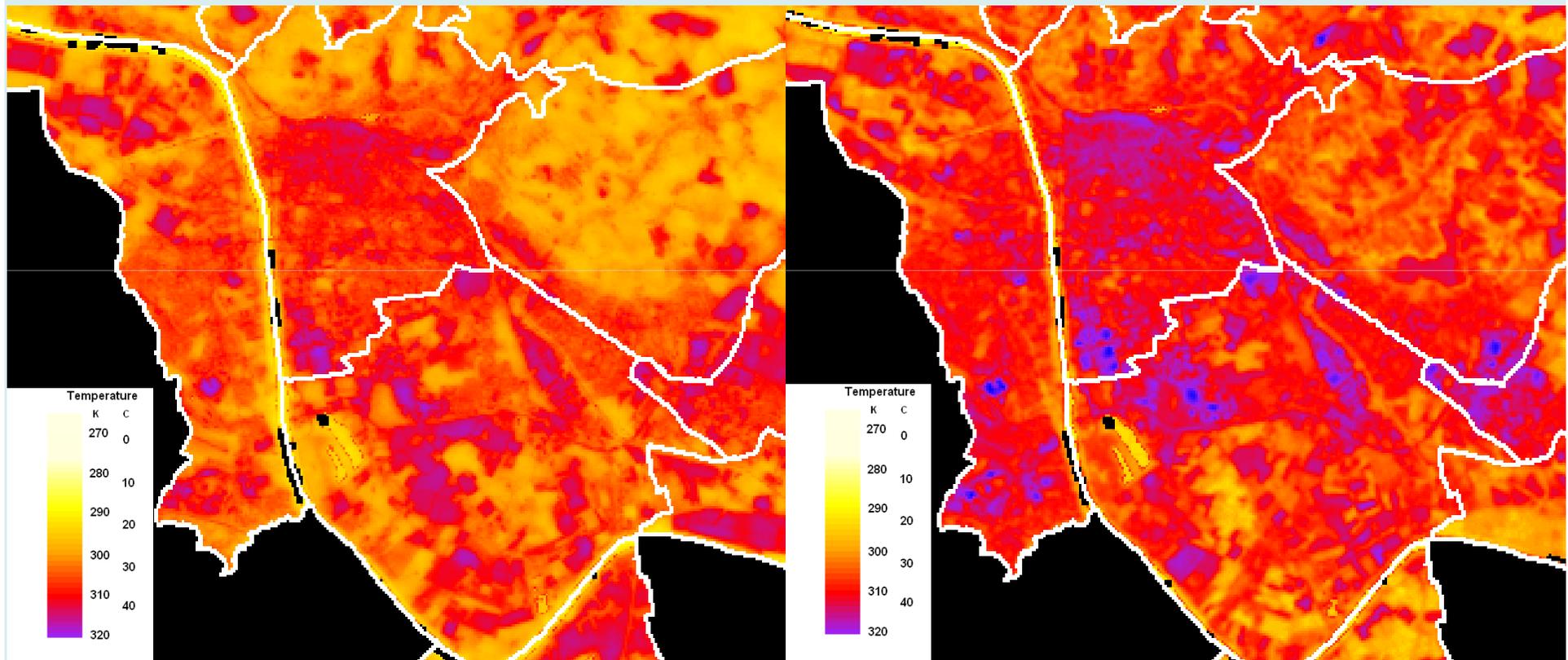


Fort gradient thermique entre l'îlot de chaleur urbain et les zones végétalisées plus fraîches

Source : PLU
Communautaire Durable
de la Communauté
d'Agglomération d'Agen
(CAA)

L'EAU ET LA VEGETATION COMME MOYEN DE RAFRAICHISSEMENT NATUREL

Zoom Agen - Boé - Le Passage d'Agen



Printemps – Mai 2010

Eté – Juillet 2010

**Source : PLU Communautaire Durable de la
Communauté d'Agglomération d'Agen (CAA)**

La spécificité du PLU et pourquoi une approche énergie-climat ?



Une affaire de rencontre :

- + L'ACMG est une association locale**
- + Un Député-maire investit dans le monde agricole et qui s'intéresse aux enjeux climatiques**
- + Un territoire qui souffre de surchauffe en été**

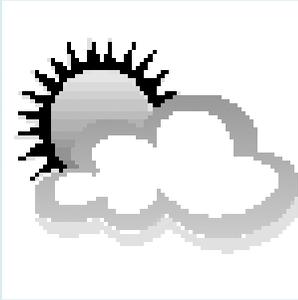


le rôle du végétal : constat

- ***L'arbre ou des bandes boisées, c'est naturellement :***
- ***un climatiseur d'espace public car il réfléchit une partie de rayonnement solaire.***
- ***Un «évapotranspireur» et donc un moyen naturel pour climatiser l'air ambiant situé en dessous et à proximité, sous le vent, à condition de pouvoir l'irriguer sans excès.***
- ***Un moyen de transformer une autre partie de cette énergie solaire en matière (puits à carbone),***



**De 30 à 70 m³ d'eau
s'évaporent par Ha et
par jour dans une zone
boisée irriguée**



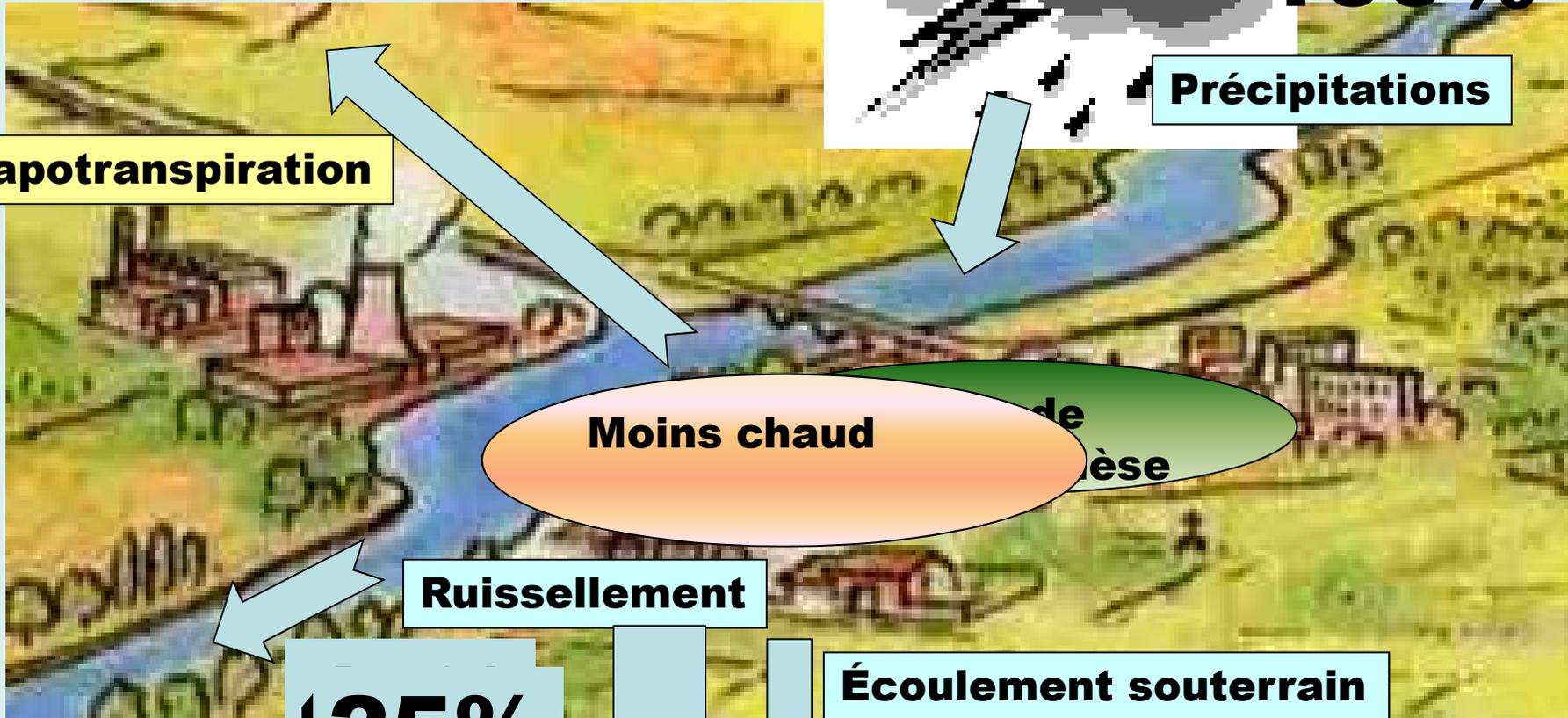
35%



100%

Précipitations

Évapotranspiration



Moins chaud

Ruissellement

Écoulement souterrain

25%

40%

Vers la nappe

Aujourd'hui...



Le PLU...

Arrêt du PLU le 6 décembre 2012

Consultation personnes publiques associées

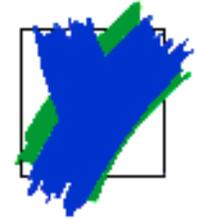
Enquête publique 11 mars 2013 au 15 avril 2013

Approbation impérative avant le 13 juillet 2013





LOT-ET-GARONNE
CONSEIL GÉNÉRAL



Groupe : Eau et Changement climatique

Printemps 2011

La Ressource en eau en Lot-et-Garonne

dans le **changement climatique** Aquitain

*Comment passer d'une
contrainte à un atout?*

Dr. Jean-François Berthoumieu

Rapporteur

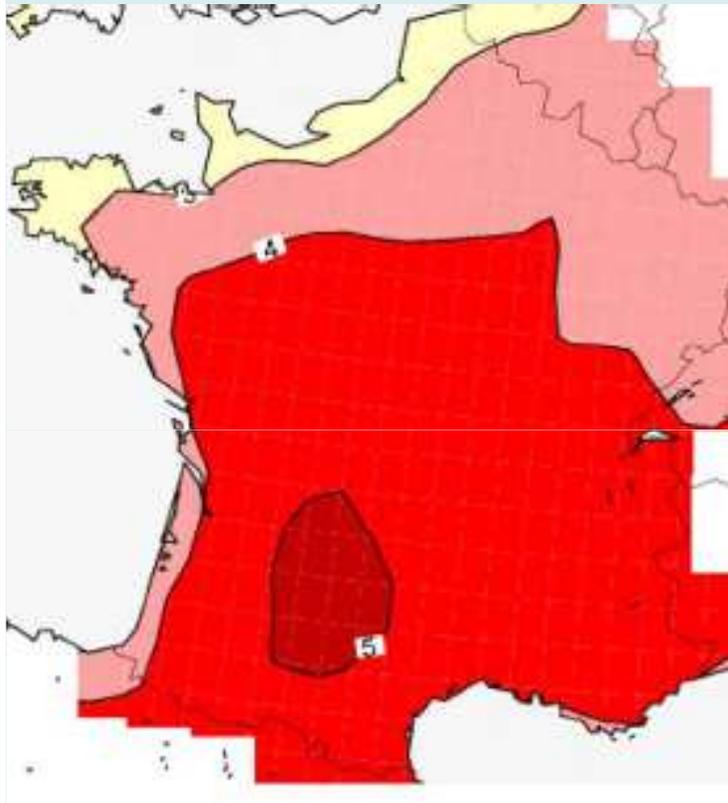
ACMG

acmg@acmg.asso.fr

Jean-Michel Delmas

Président du Groupe EAU

En conclusion, la prise de conscience du changement climatique dont les conséquences sont plus marquées en Lot-et-Garonne, doit permettre la mise en place de moyens très novateurs pour s'adapter et profiter de ce changement tout en augmentant la richesse du département.



**Ministère de l'écologie
Plan d'adaptation au
changement climatique
Décembre 2009**

Première nécessité!

**Stocker
davantage
d'eau douce au
niveau mondial
sur les
continents pour
compenser la
disparition des
glaciers.**



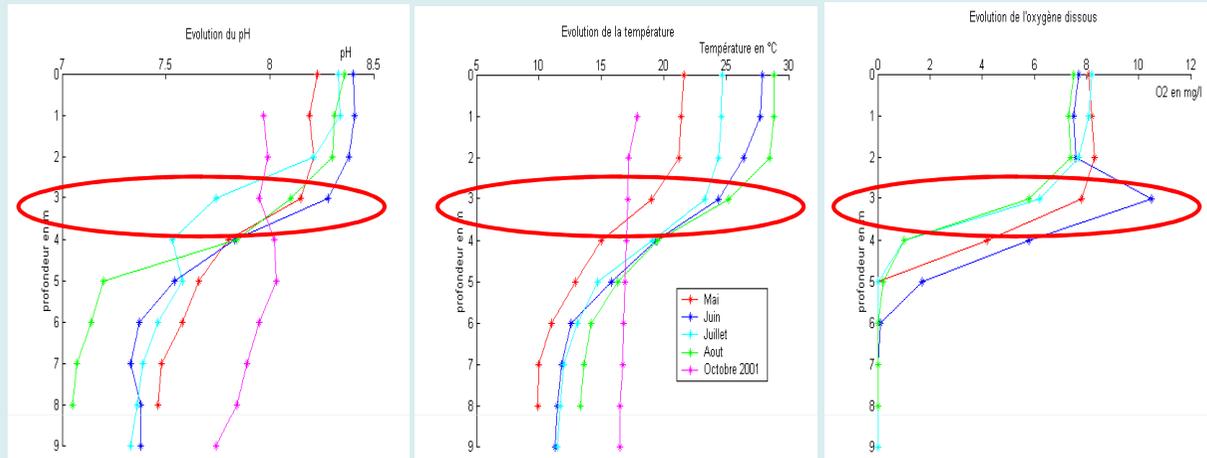
**Que ce soit l'eau du toit pour son jardin
ou celle des champs pour la nappe**

Stocker par exemple dans des lacs de nouvelle génération comme ici près de Lagnac sur le Bourbon au Moulin d'Arasse





Principe de fonctionnement d'un lac de nouvelle génération



**Bassin de
décaantation**

Digue

**Nitrates
(14/05/03)
25 mg/l**

**Nitrates
(14/05/03)
8 mg/l**

**Stratification
des eaux**

**Préleveur à
hauteur
variable**

**Nitrates
(14/05/03)
7 mg/l**

Digue

Température
pH
Oxygène dissous
matières en suspension



**Prévenir les inondations rapides et
drainer à condition de restituer
localement l'eau aux nappes ou dans un**

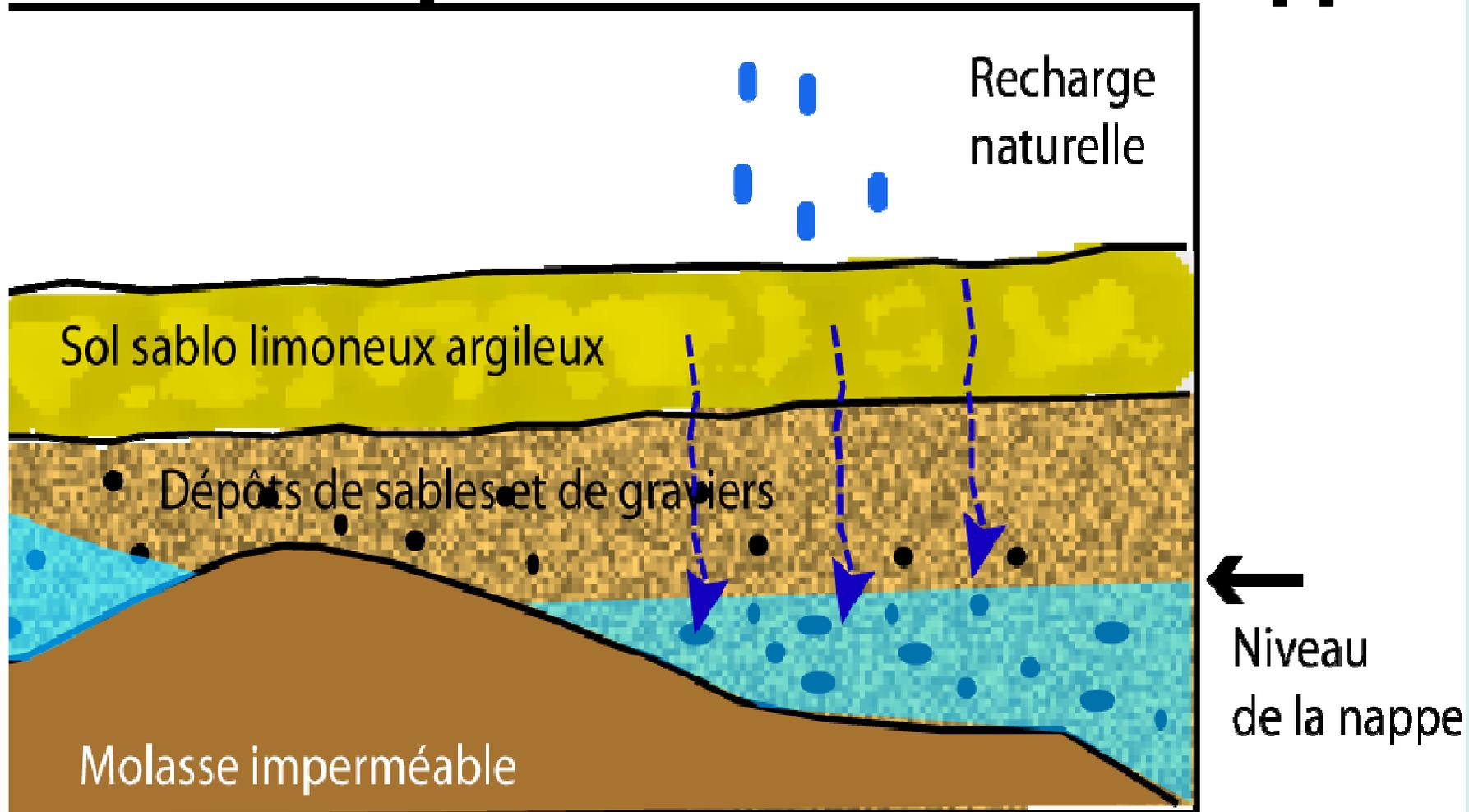
**Haies
irriguées**

lac voisin

**ASSOCIER PROTECTION CONTRE LE VENT
LUTTE PASSIVE CONTRE LE GEL
ET LUTTE RAISONNÉE**

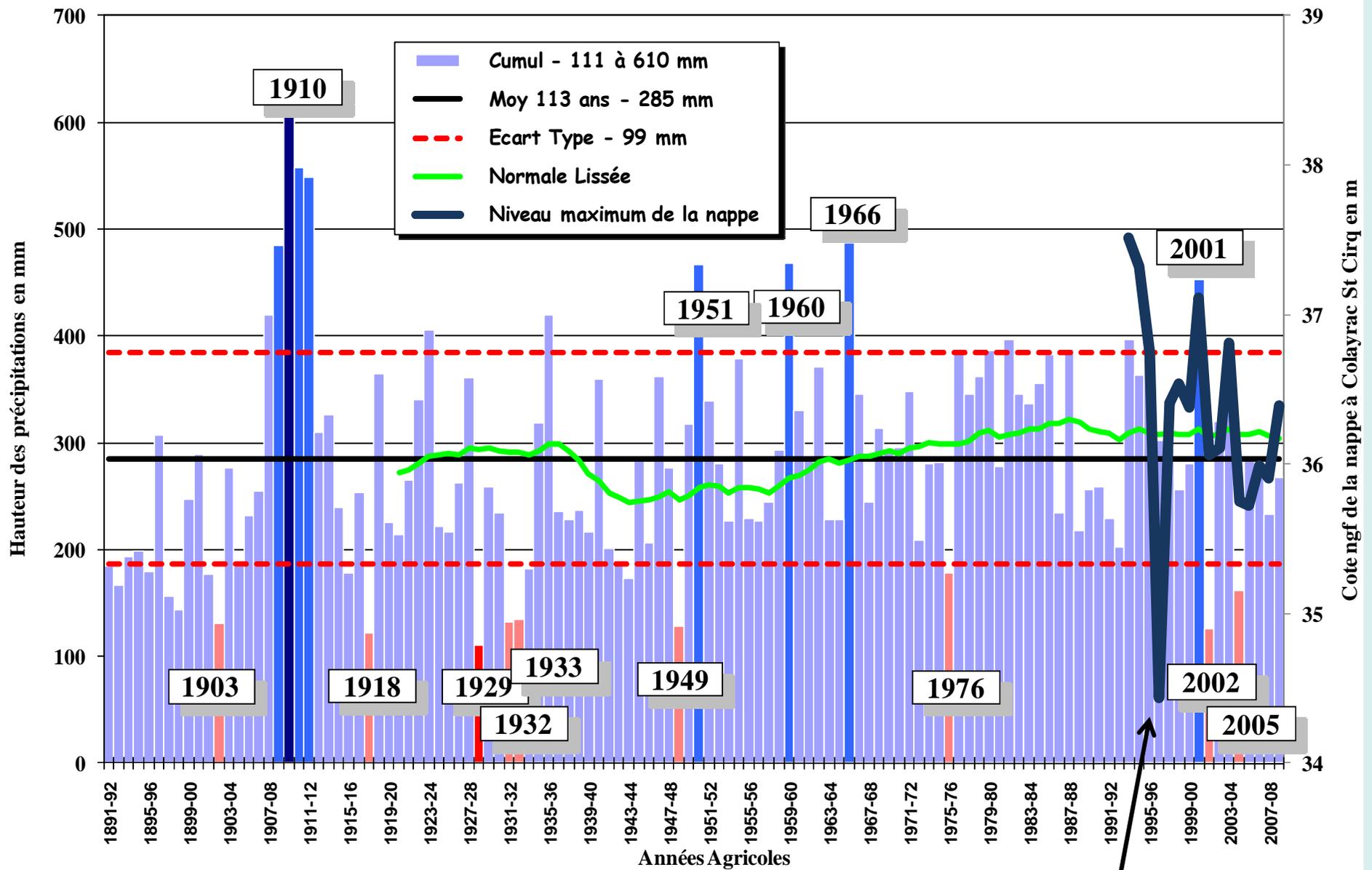


Un autre potentiel du 47: les nappes



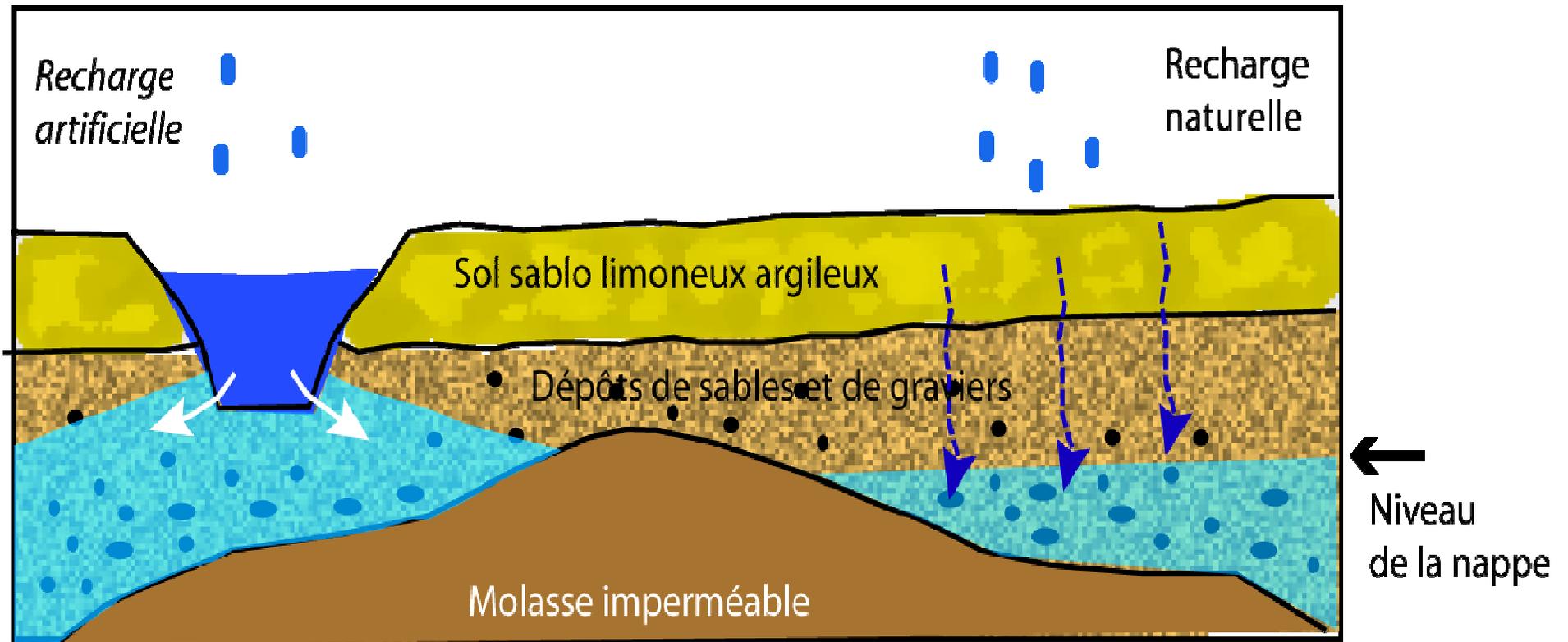
Il faut 300 mm en hiver pour remonter les nappes

Précipitations annuelles à Agen, octobre à mars, années 1891-92 à 2008-09

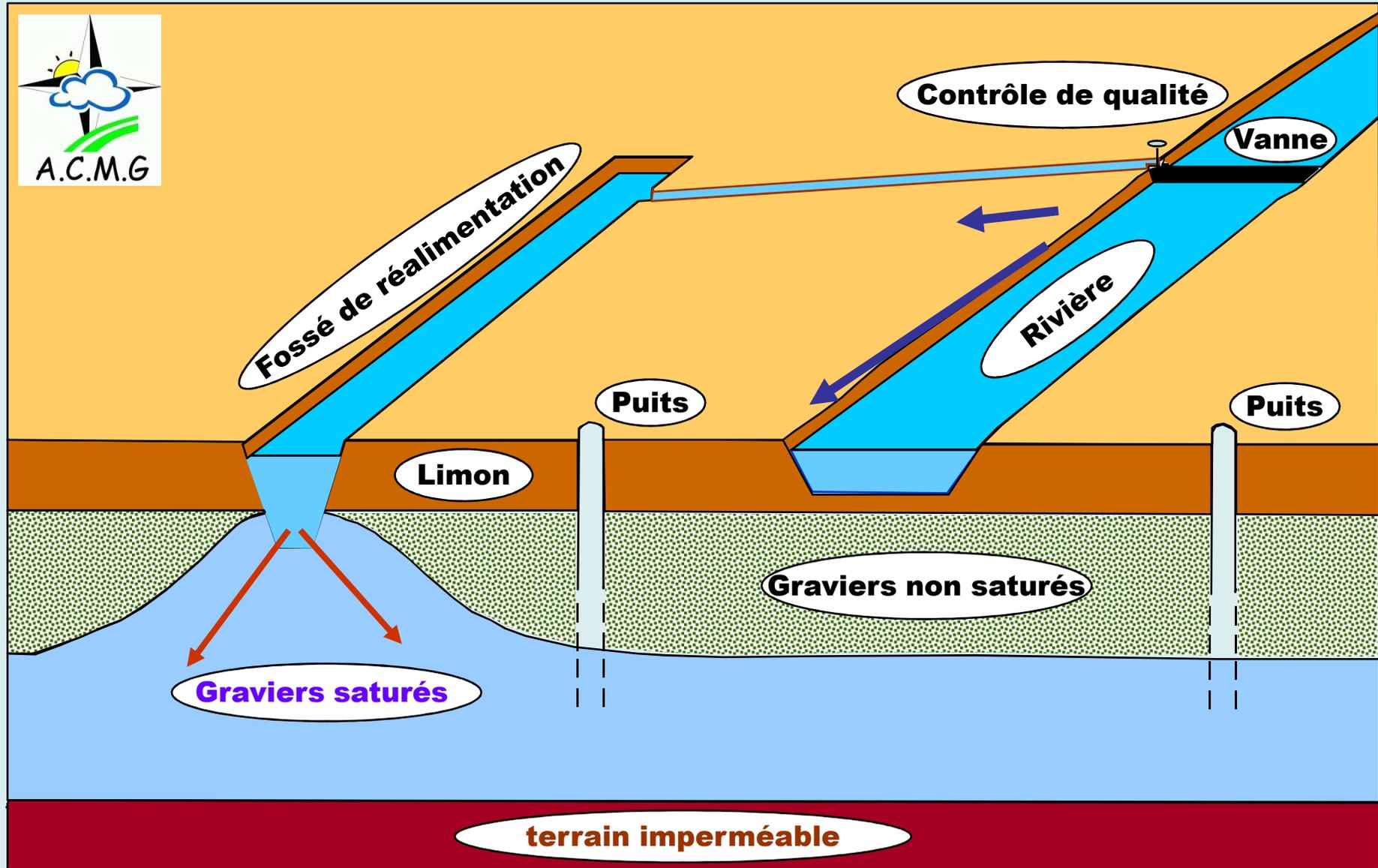


Travaux sur les berges de la Garonne

D'où l'idée de la recharge avec de l'eau de qualité pour court-circuiter la partie imperméable



On peut également augmenter la porosité naturelle des sols à l'aide d'amendements organiques ou avec des bactéries et des mycorhizes

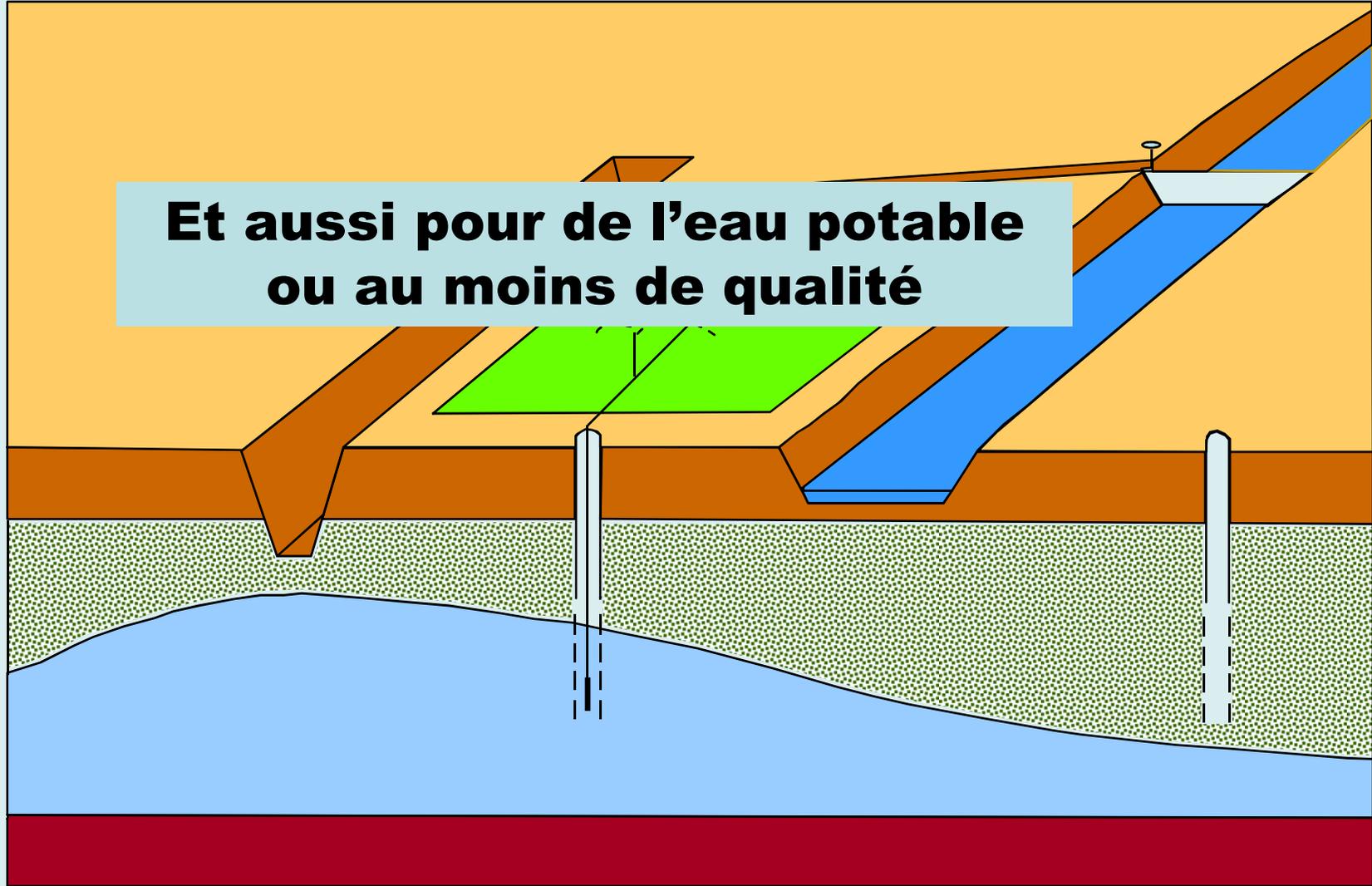


Testé et validé en 1996 en Lot-et-Garonne



Quelques mois plus tard

**Et aussi pour de l'eau potable
ou au moins de qualité**



200 à 420 €/Ha d'investissement pour stocker de 800 à 1500 m³/Ha

Enfin, une fois l'eau stockée,

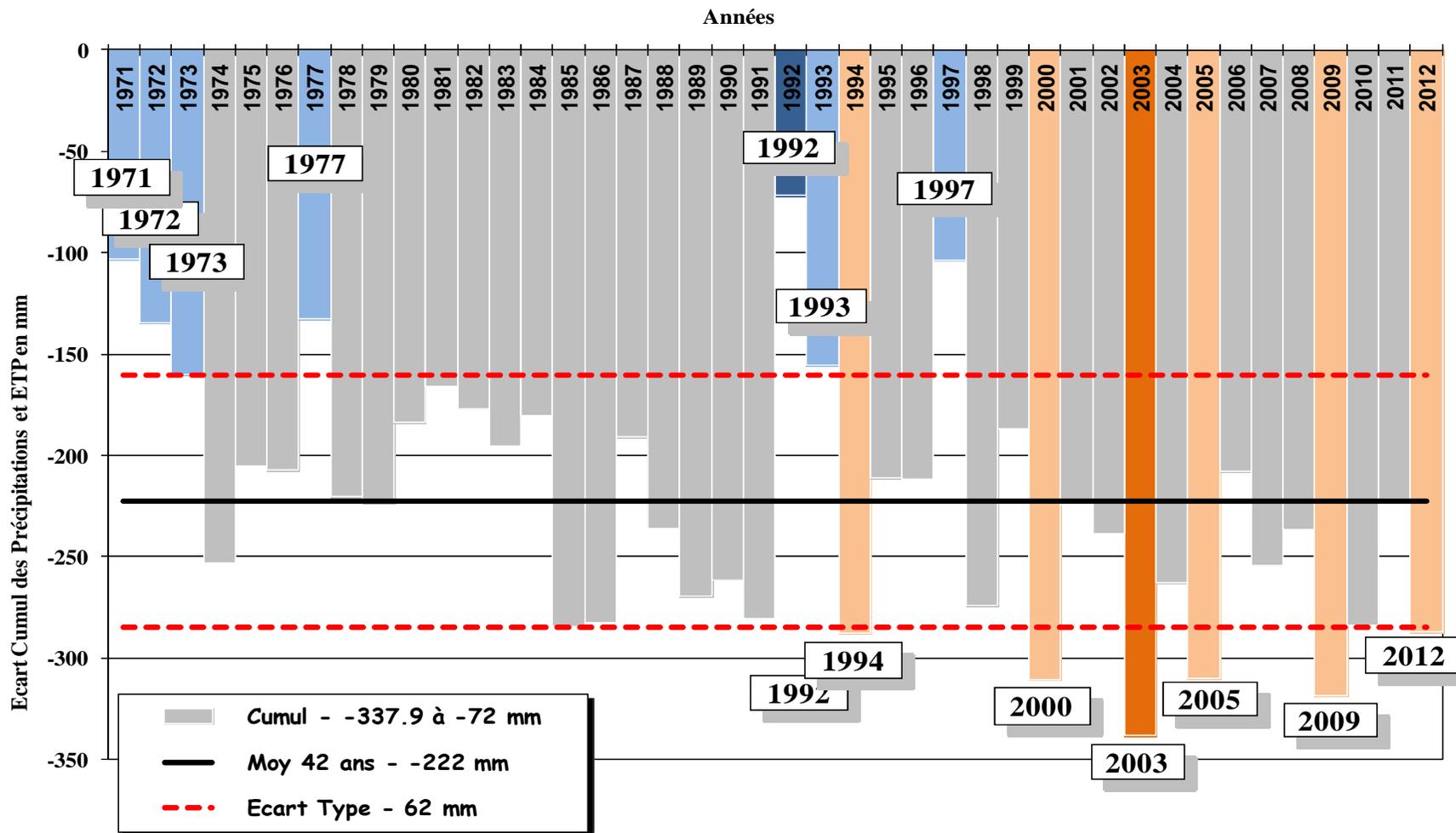
- **Il faut en optimiser sa gestion**

- **Ce qui nécessite des investissements en moyens et en savoir faire**

POURQUOI IRRIGUER?

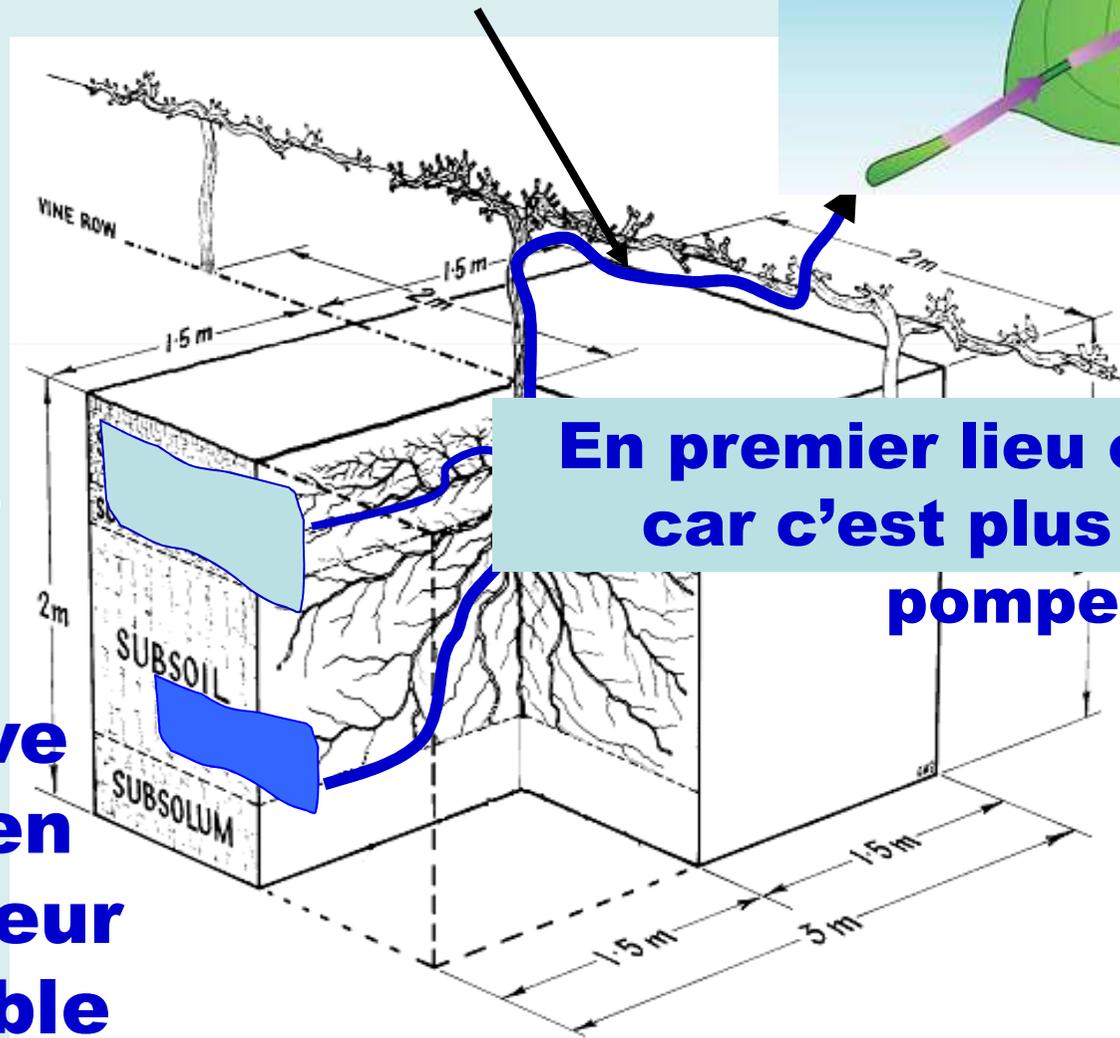
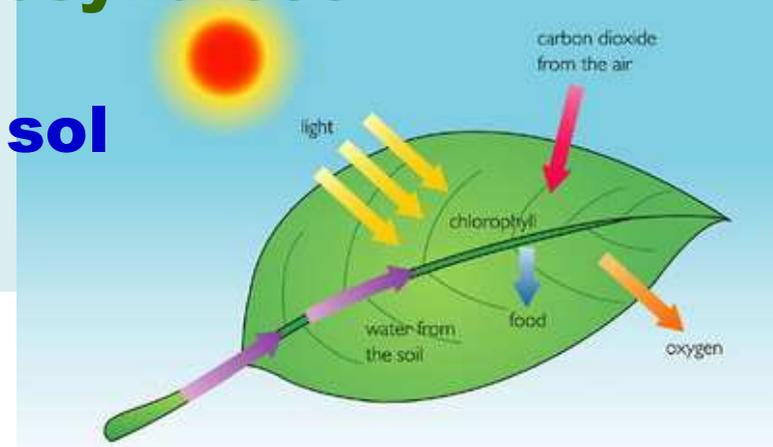
Pour compléter de 150 à 250 mm ce que les pluies et le sol apportent naturellement.

(Pluies - ETP) à Agen du 11 juin au 31 août, années 1971 à 2012



De jour, le soleil permet la photosynthèse

**La pompe solaire aspire l'eau du sol
Là où elle est disponible**



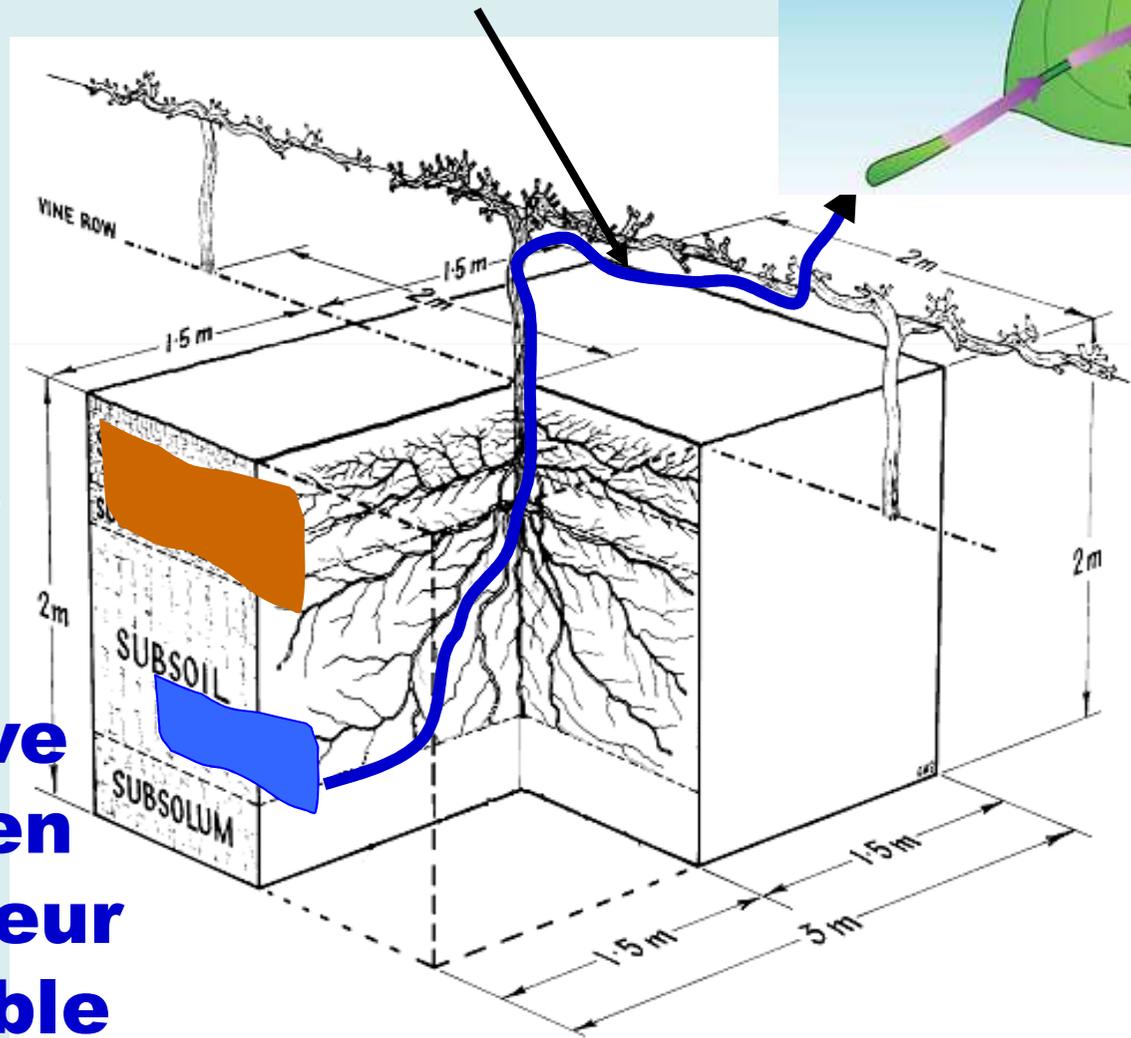
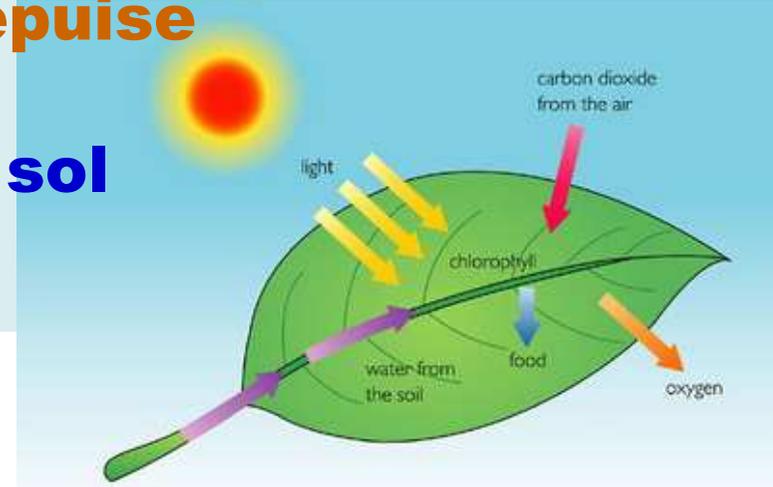
**Sol de surface
humide**

**Réserve
d'eau en
profondeur
disponible**

**En premier lieu en surface
car c'est plus facile à
pomper**

Quand la réserve de surface s'épuise

La pompe solaire aspire l'eau du sol
Là où elle est disponible



Sol de surface sec

Réserve d'eau en profondeur disponible

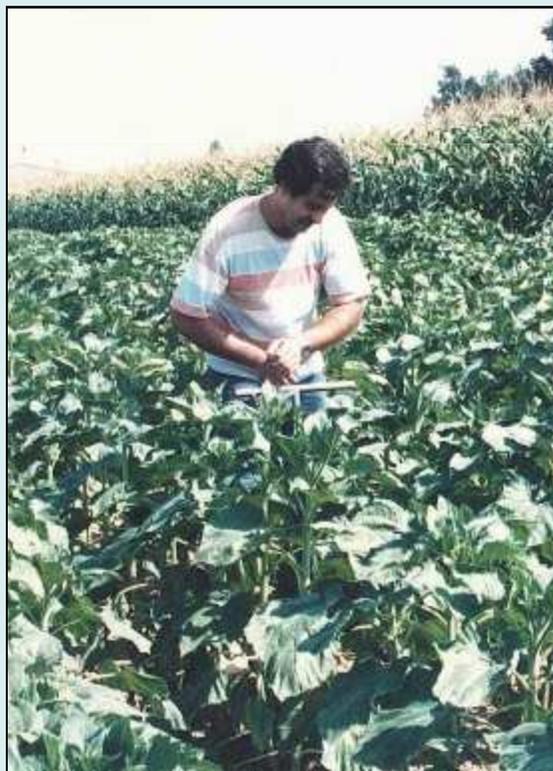


With a long experience in irrigation monitoring

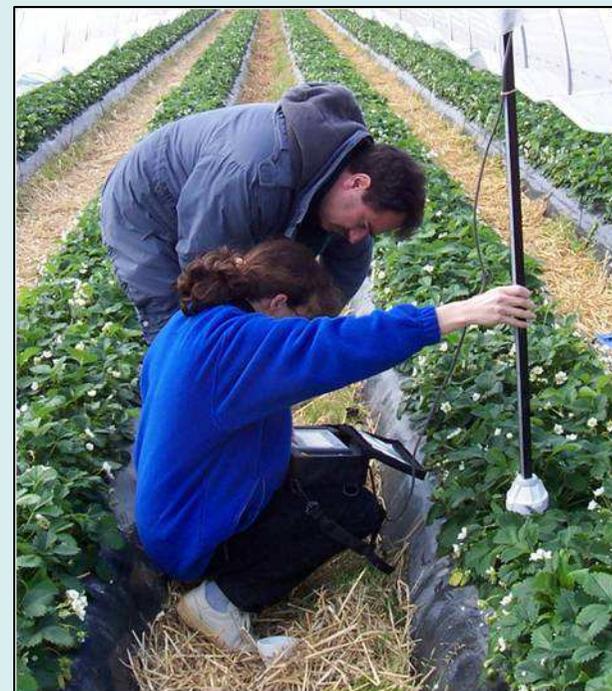
Appui Technique aux Irrigants En Moyenne-Garonne



1963



1993



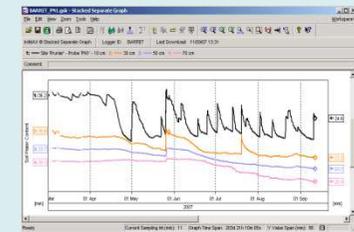
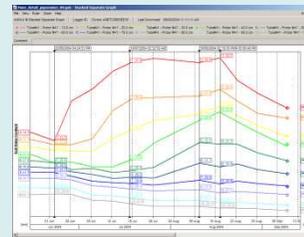
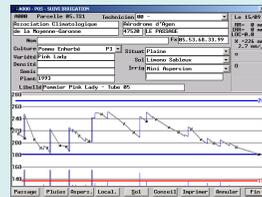
2003

Les outils de l'ACMG en collaboration avec la CA 47 et l'aide du CG47, de l'Agence de l'Eau et du CR Aquitaine

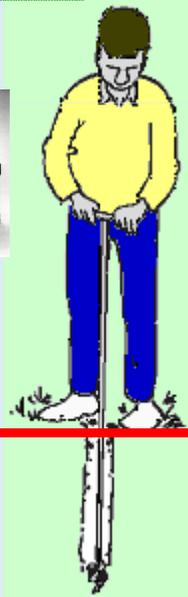
Toutes les semaines

Toutes les semaines

plusieurs fois



Tensiomètre



**GSM
GPRS**

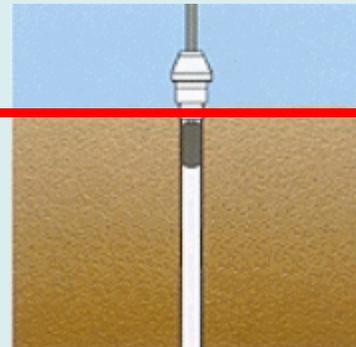
1985

2004

2006

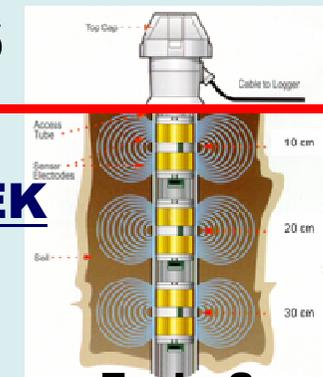


**Gravimétrie
Sonde neutronique**



Diviner 2000

SENTEK



**EnviroScan
EasyAG**

Les Sondes Sentek

- Des mesures fines du diélectrique du sol avec des sondes capacitatives nous donnent en quelque sorte un électrocardiogramme du fonctionnement de la vie du sol et des racines



Matériels utilisés

EScan



Diviner 2000

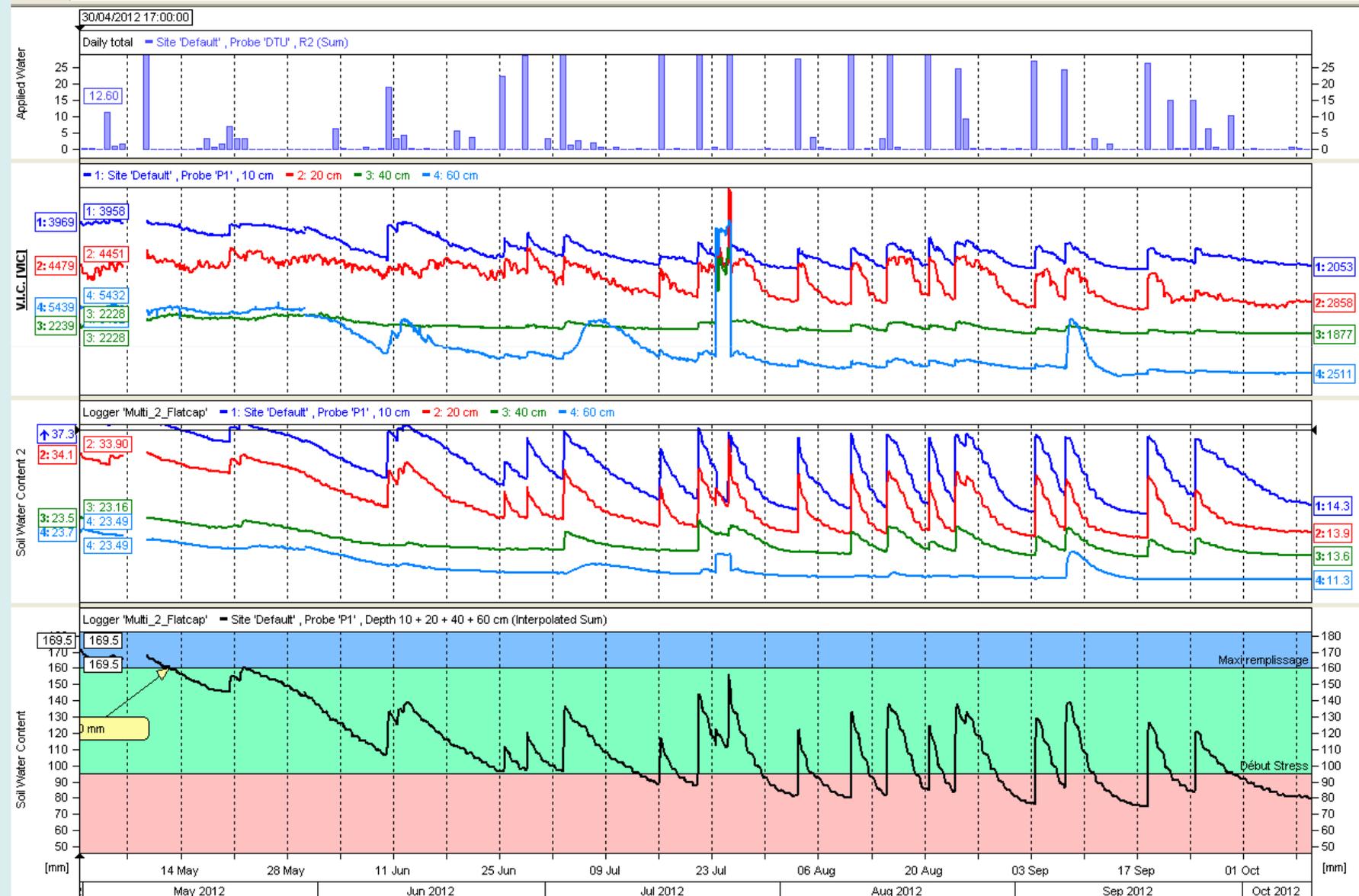


Pour les suivis individuels



Pour les référentiels

Exemple d'enregistrement 2012 sur verger de pommier





<http://www.acmg.asso.fr>

Nos services - Mozilla Firefox

Echier Édition Affichage Historique Marque-pages Outils ?

http://agralis.fr/sentek/carte_ref_2.php

Nos services

APPUI TECHNIQUE AUX IRRIGANTS-Référentiel de parcelles
Les données et les conseils consultés correspondent aux parcelles équipées de sondes capacitives Sentek

Télécharger un Message Conseil Irrigation Afficher le Référentiel

Message 09 du 11 août Télécharger Arboriculture Afficher

Prunier
Noisetier
Kiwi
Pommier
Noyer

A.C.M.G
Mont de Marsan

Partenaires du programme

LOT-ET-GARONNE
Conseil général

AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

Tabac Garonne Adour QualiSol syngenta KOKI EPI DE GASCOGNE

Nos services - Mozilla Firefox

Echier Édition Affichage Historique Marque-pages Outils ?

http://agralis.fr/sentek/carte_ref_3.php

Nos services

APPUI TECHNIQUE AUX IRRIGANTS-Référentiel de parcelles
Les données et les conseils consultés correspondent aux parcelles équipées de sondes capacitives Sentek

Télécharger un Message Conseil Irrigation Afficher le Référentiel

Message 16 du 29 septembre Télécharger Autres cultures Afficher

Betterave pg
Tabac
Maïs Grain
Maïs Doux
Maïs Semence
Divers

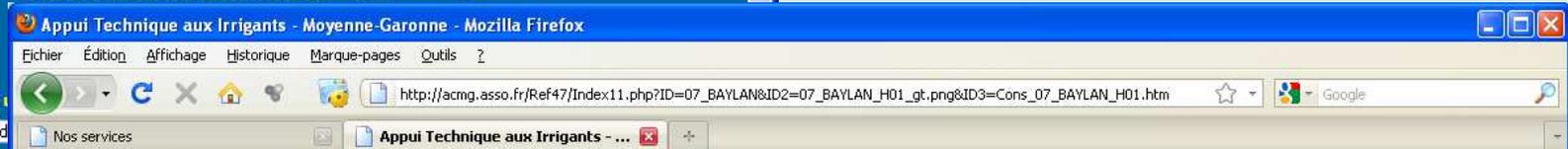
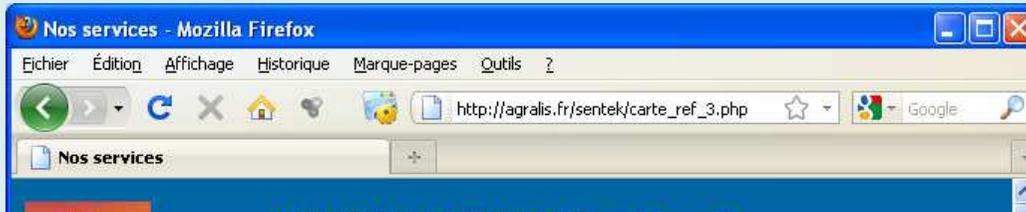
A.C.M.G

Partenaires du programme

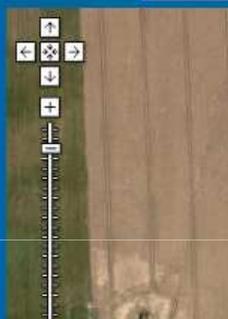
LOT-ET-GARONNE
Conseil général

AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

Tabac Garonne Adour QualiSol syngenta KOKI EPI DE GASCOGNE ADENA



Télécharger
Message 16 d



- Betterave pg
- Tabac
- Maïs Grain
- Maïs Doux
- Maïs Semence
- Divers



EARL DU BAYLAN - VILLENEUVE DE MEZIN (47)
 Betterave Porte graines
 Argilo calcaire
 Coteaux Sud Garonne

Liste des graphiques

CONSULTER
Conseils

TELECHARGER
Données

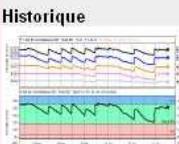


HUMIDITE Betteraves

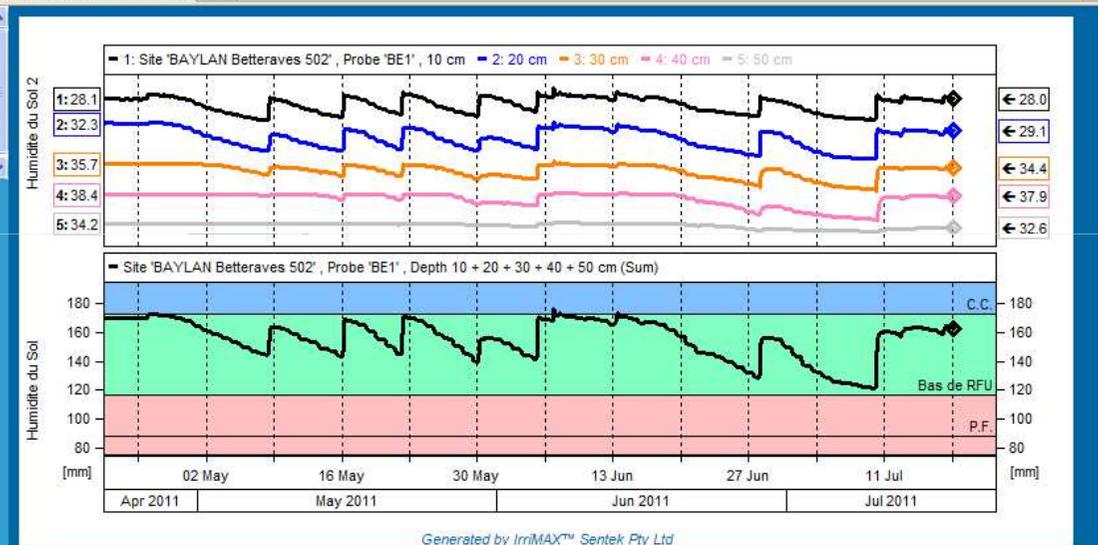
Les 10 derniers jours



Historique



Données **Conseils**



Conseil particulier du Lundi 11 Juillet 11 :
 La consommation apparente dans votre parcelle est de 1.6 mm par jour.
 Les réserves se situent dans le tiers supérieur de la RFU.
 Elles remontent fortement dimanche suite probablement aux pluies orageuses qui cumulent semble-t-il plus de 35 mm ?
 La demande climatique est encore élevée aujourd'hui, en forte baisse mardi et mercredi. Des pluies orageuses sont possibles durant ces 2 journées, retour progressif du beau temps ensuite.
 Merci de me tenir au courant des prévisions de récolte dans cette parcelle de façon à programmer le retrait du matériel de mesure.

Partenaires du programme



CONTACTER
 Patrick DEBERT

Les sondes Capacitives SENTEK

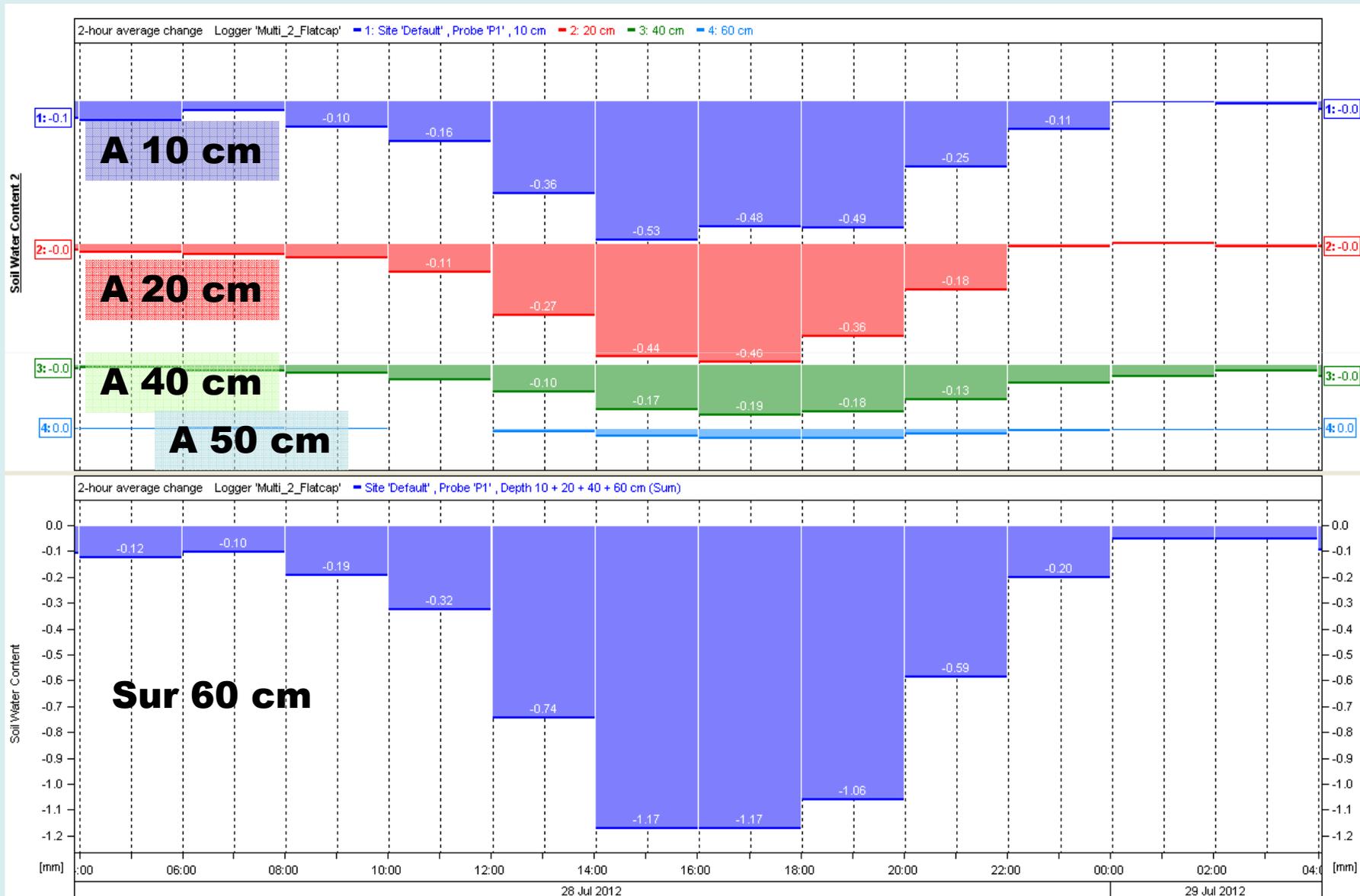
de nombreuses utilisations & gestions possibles



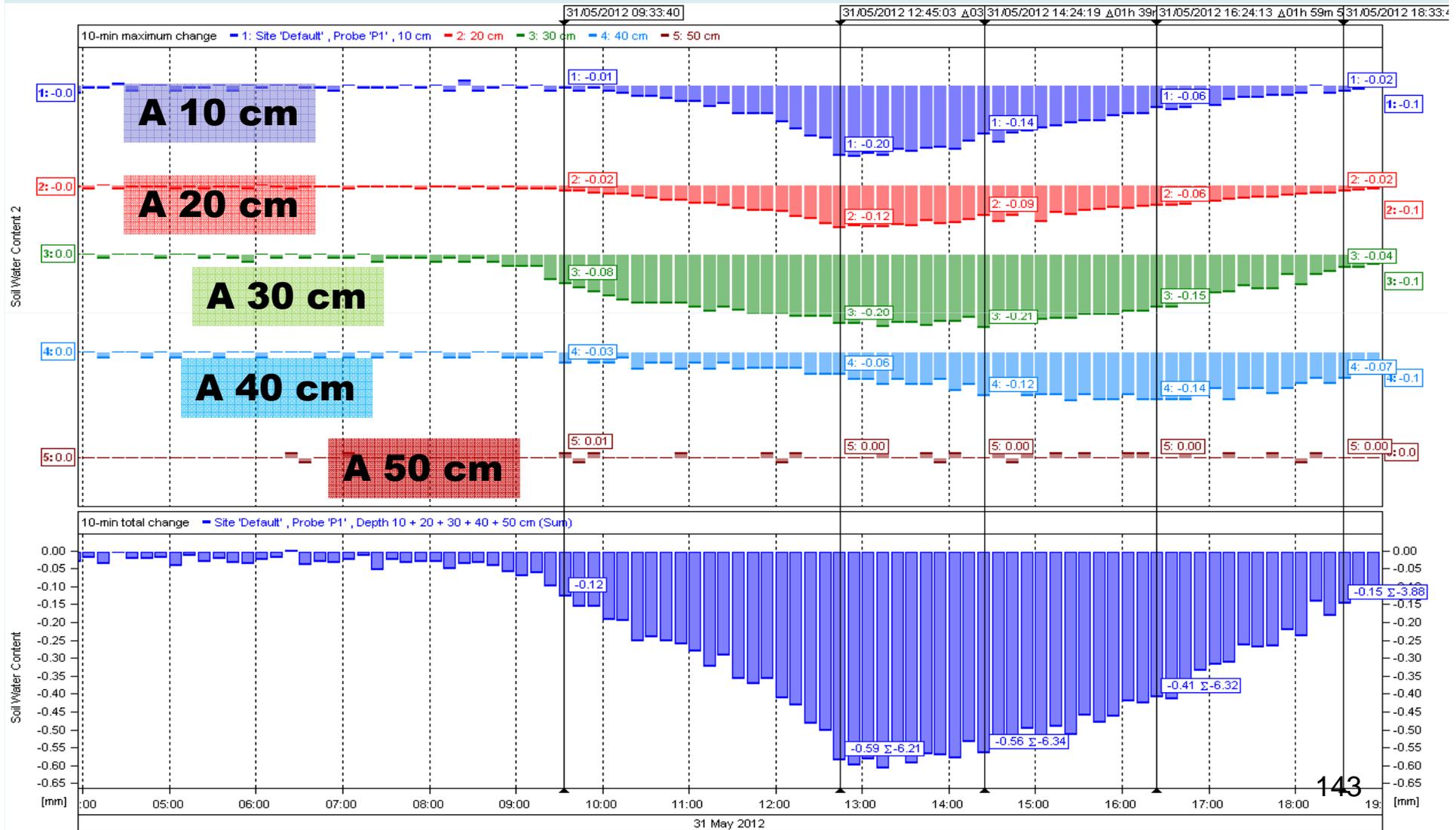
Avec des applications pour la ville



Cela permet par exemple de suivre la dynamique des prélèvements de l'eau du sol



Exemple de prélèvements mesurés toutes les 10 minutes



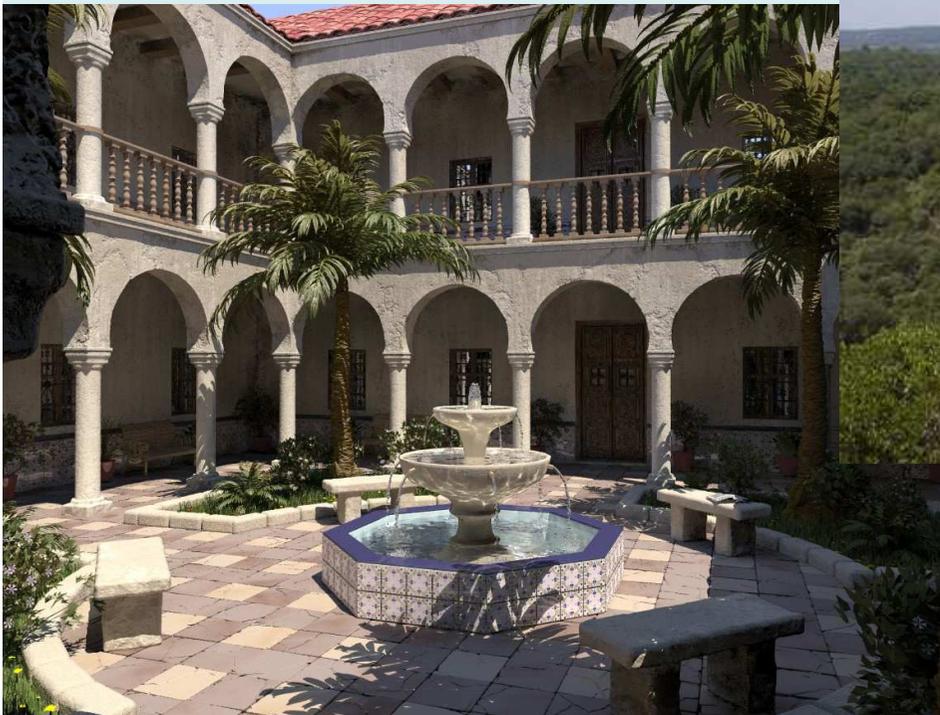
On maîtrise maintenant des outils précis pour observer et décider objectivement les irrigations et la fertilisation et son suivi.

Ce qui devrait nous aider à adopter et prouver le bienfait d'une agriculture irriguée de précision qui semble indispensable pour nous adapter au futur

Pour le futur

Depuis 30 ans un fossé s'est creusé entre la ville et la campagne. Il est temps de le remplir d'eau en hiver pour utiliser ensemble cet « or bleu » quand il fait trop chaud!

Un meilleur partenariat entre la ville et la campagne pour durer ensemble



**Cela existait déjà
durant l'Empire
Romain**

Programme ADAPTACLIMA II

PROJET EUROPÉEN

ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE SUDOE

OBJECTIF GLOBAL

Renforcement de la protection et de la conservation durable de l'environnement et du milieu naturel



Aujourd'hui...



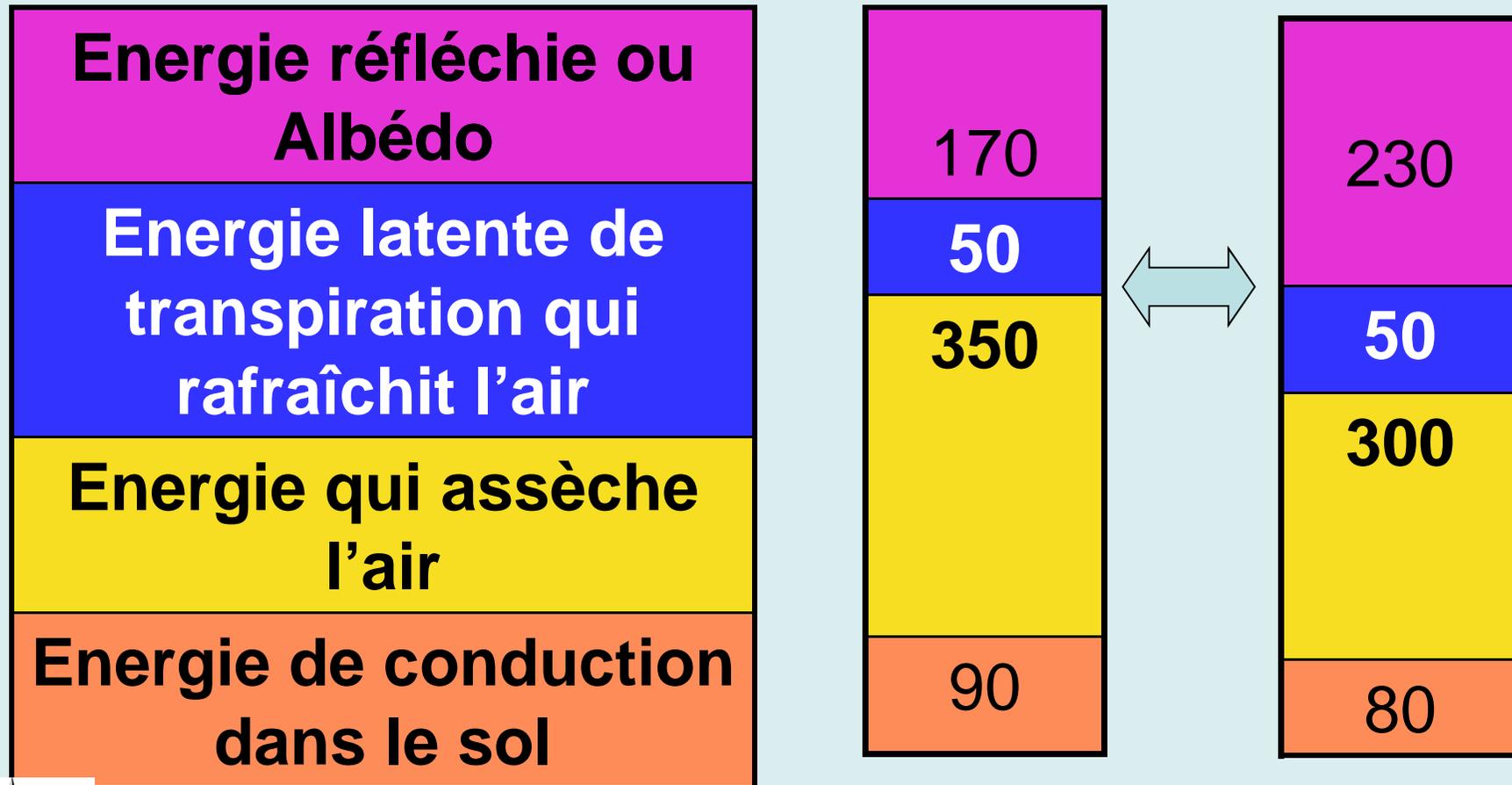
ADAPTA CLIMA II ...

- **Engagement du Bureau communautaire fin 2012**
- **Fort intérêt des élus pour la démarche**
- **Des communes prêtes à irriguer des zones tests pour participer à cette démarche de recherche**



1/ RÉDUIRE L'ÉNERGIE SOLAIRE INCIDENTE...

En W / m^2



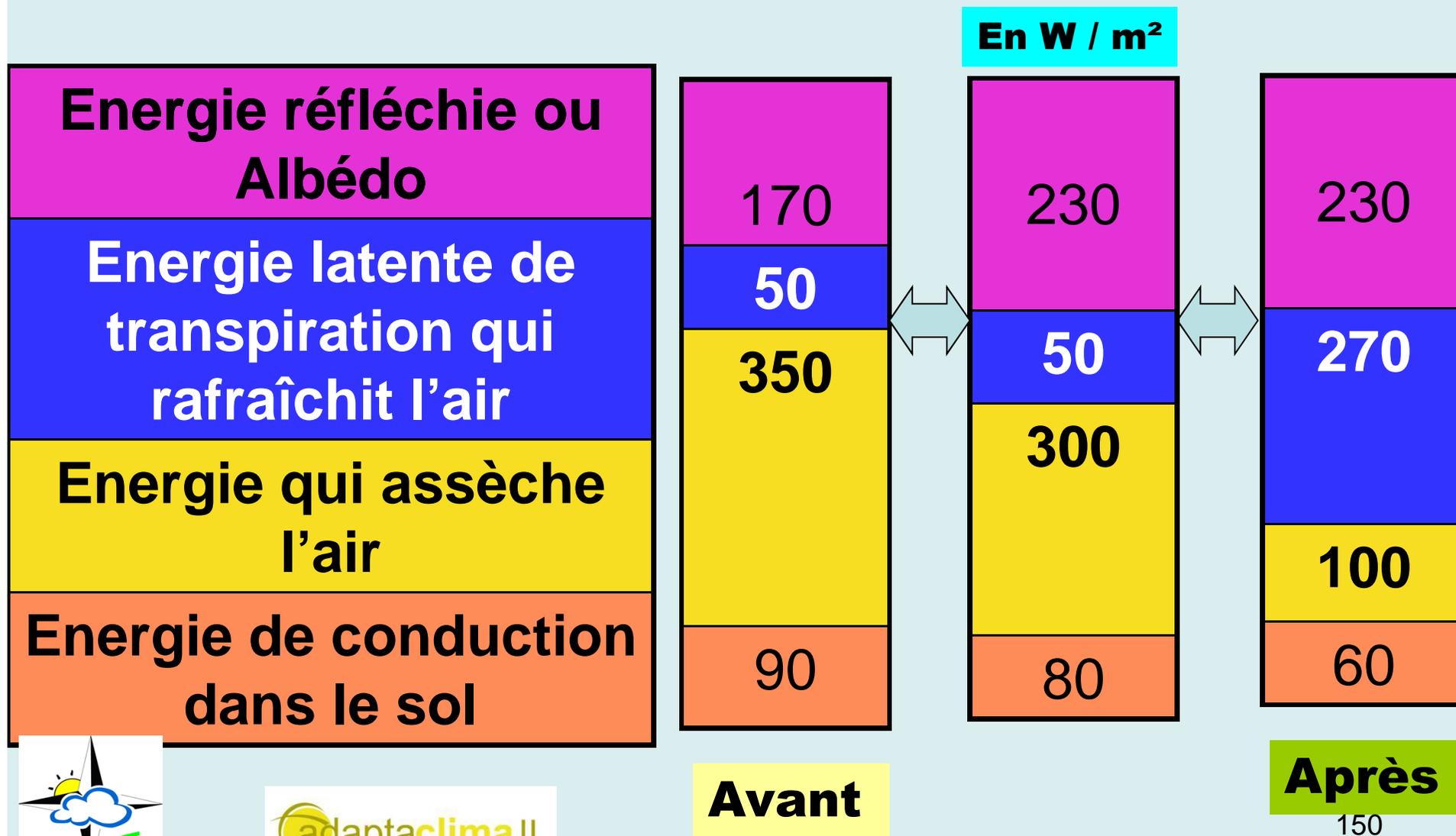
Avant

Après

149



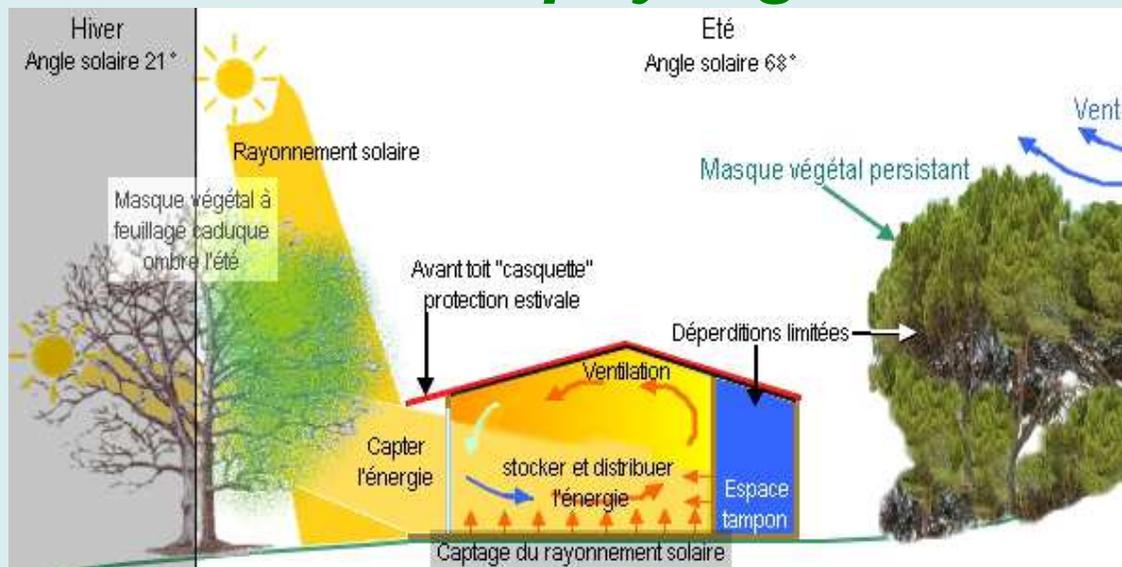
... ET 2/ RAFRAICHIR L'AIR AMBIANT



Végétaux irrigués et pérennisés en ville

Des espaces à végétaliser de manière pérenne pour :

- *Mieux isoler, avoir moins froid l'hiver et moins chaud l'été (Principes de l'habitat bioclimatique)*
- *Améliorer le paysage urbain*



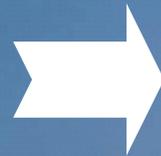
Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. ADEME

151
Terrasse végétalisée irriguée

**Des gouttelettes
s'évaporant prennent
800 calories par
gramme à l'air !**



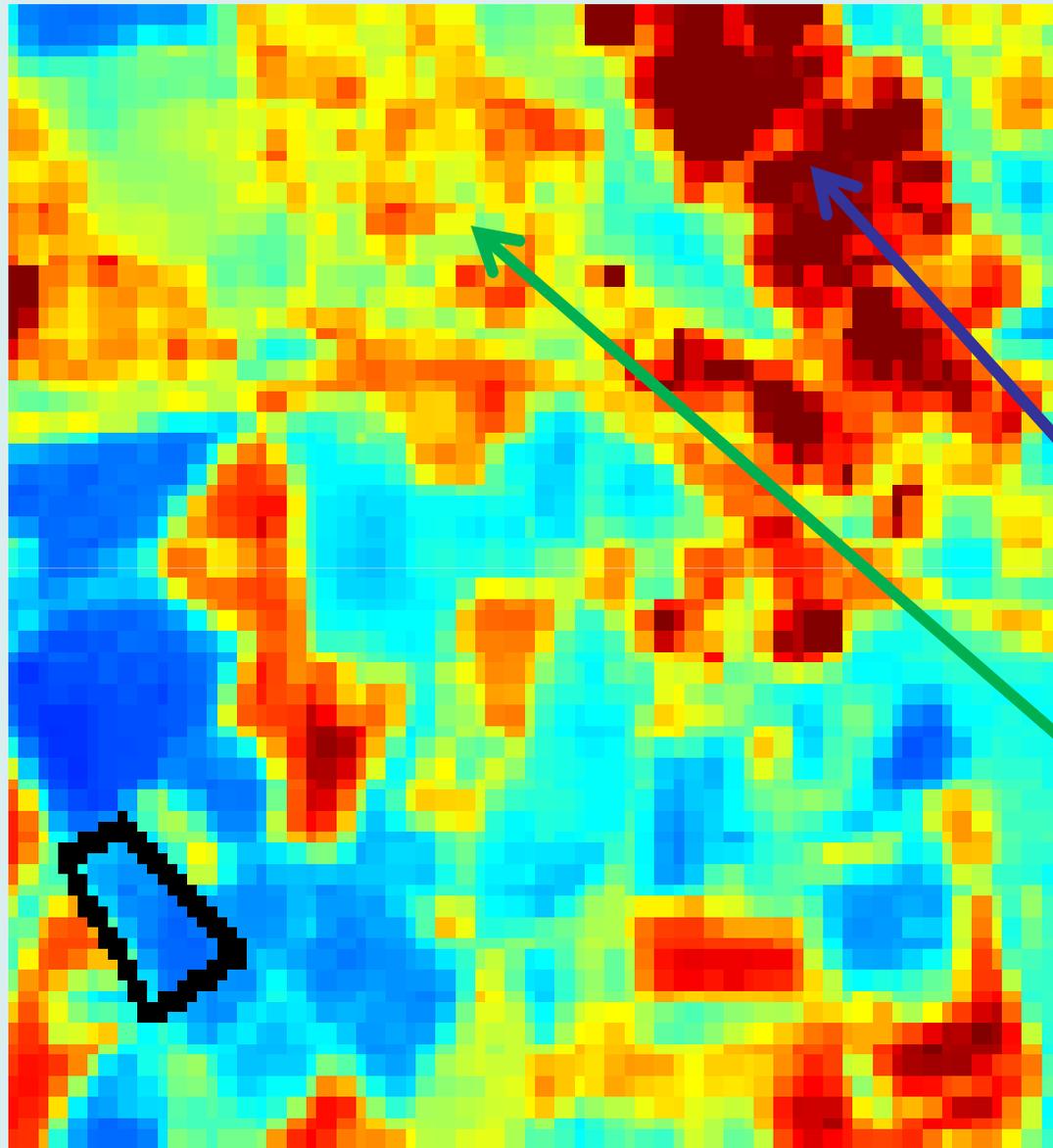
**1 litre d'eau qui s'évapore
refroidit de 2°C 1000 m³ d'air**



**Intérêt pour les fontaines,
jets d'eau, dispositifs de
brumisation, etc.**



Photo par Brume System



**L'IDÉE EST DE
PASSER DE LA
SITUATION
A
À LA SITUATION
B**





**Objectif : diagnostic thermique
de villes et lien ville/campagne
autour de l'eau et du climat :**

Séville: une ville Méditerranéenne

Agglo d'Agen: ville Continentale

et Bordeaux: ville Océanique



**Chaque crise climatique
provoque des conséquences,
sociales, économiques et
environnementales**

- **Pourquoi attendre les prochaines crises pour s'impliquer dans des démarches locales où « l'or bleu » de nos régions soumises au flux océanique serait si bien valorisé?**

MERCI



**Jean-François
Berthoumieu
05 53 77 08 48**

**acmg@acmg.asso.fr
jfberthoumieu@agralis.fr**