

B i o G e C o



Biodiversité, gènes & communautés



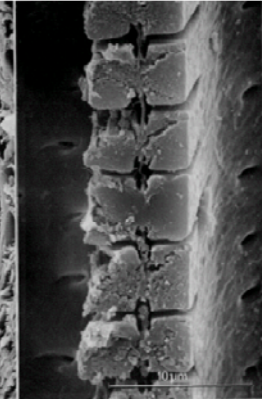
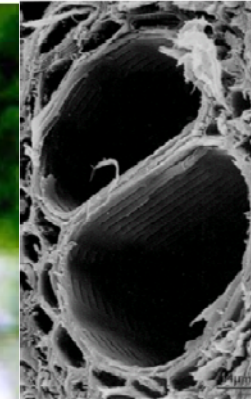
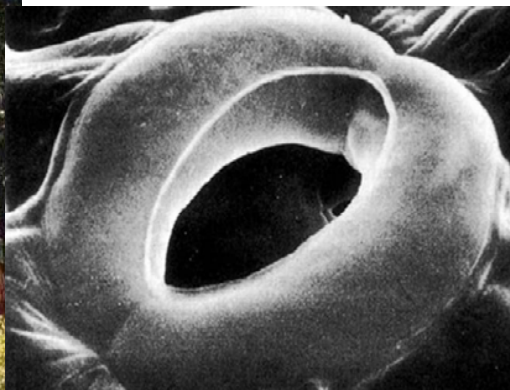
Adaptation des végétaux à la sécheresse

Biologie et physiologie des végétaux des milieux secs

Sylvain Delzon

email: sylvain.delzon@u-bordeaux1.fr

<http://sylvain-delzon.com/>



Adaptation des végétaux à la sécheresse

Introduction

La rareté de l'eau liée aux sécheresses estivales (2003 – 2005; restriction d'utilisation de l'eau) est un problème actuel majeur en Europe, pour les écosystèmes et la société. L'occurrence de ses événements extrêmes est de plus en plus grande. Ces périodes de faibles précipitations sont par ailleurs communes dans d'autres régions du globe, comme par exemple les déserts, qui représente 1/7 des terres émergées (pôles non-compris!), soit près de 13.10^6 Km².

I. L'eau : élément essentiel de la vie des végétaux

- a. **Caractérisation du stress hydrique**
 - a. Sécheresse / aridité
 - b. Stress hydrique de l'air (VPD)
 - c. Stress hydrique du sol
- b. **Mise en évidence : la sécheresse affecte t-elle la croissance des plantes?**
- c. **Hiérarchisation des processus physiologiques affectés par le déficit hydrique**

Adaptation des végétaux à la sécheresse

II. La résistance des plantes à la sécheresse

a. Evitement

- Modification du cycle de développement de la plante au cycle climatique

b. Régulation

- Contrôle stomatique (régulation physiologique, esp. iso)
- Meilleure efficacité d'utilisation de l'eau
- Les plantes CAM (adaptation physiologique)
- Accumulation de réserves glucidiques en début de sécheresse
- Réduction de la surface foliaire et systèmes racinaires profonds

c. Tolérance

- Vulnérabilité à la cavitation (tolérance)
- Réviviscence et tolérance des bourgeons à la déshydratation (tolérance)

III. Enjeux agronomiques et écologiques

a. Amélioration de la résistance à la sécheresse

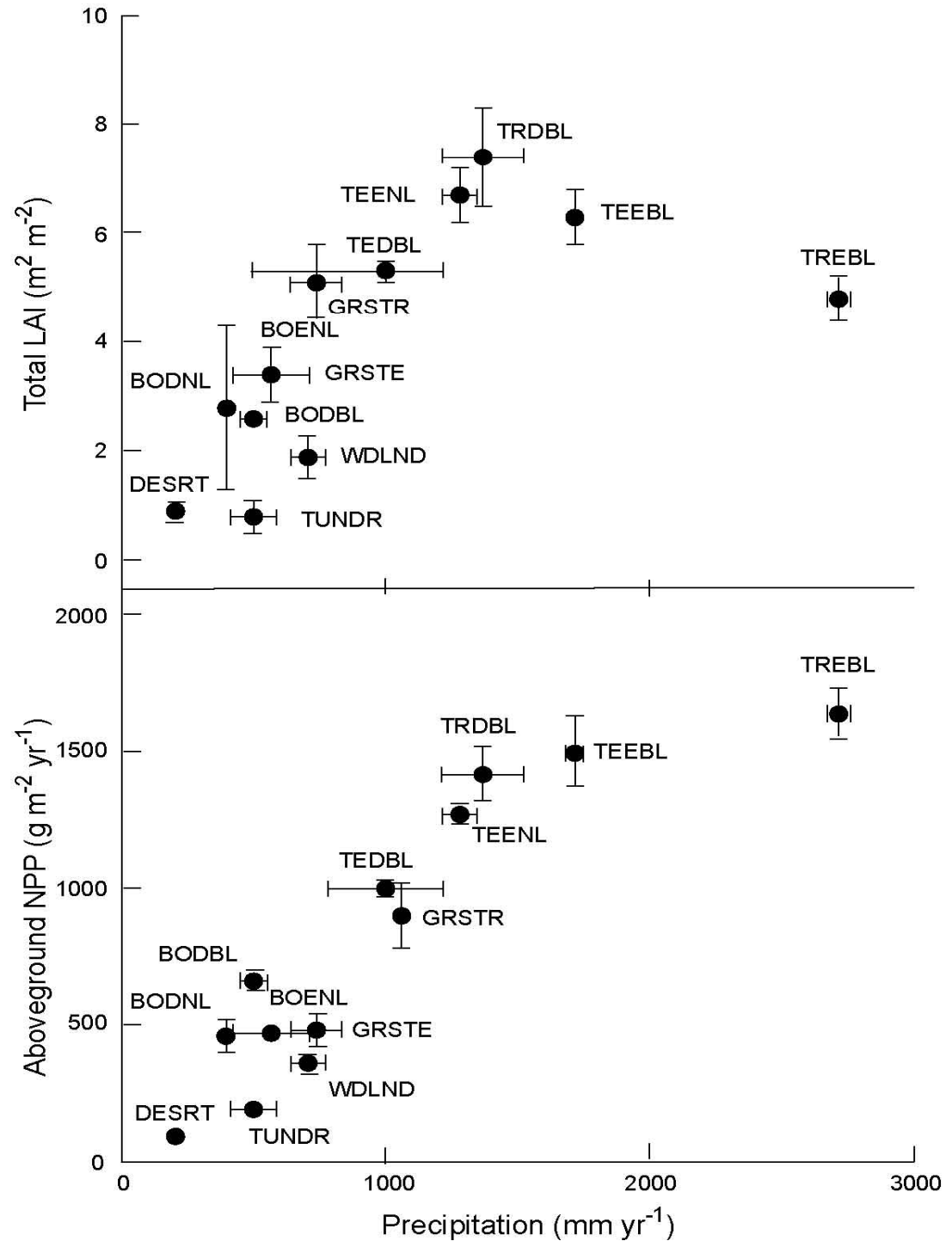
Efficacité d'utilisation de l'eau

b. La sécheresse influence-t-elle la répartition des espèces?

Changement climatique et biogéographie / Evolution la surface foliaire (LAI et SLA) le long de gradient de disponibilité en eau / Transect dunaire avec dunes embryonnaires et blanches et changement radical de végétation

I. La disponibilité en eau affecte-t-elle la production?

Figure 1. Valeurs moyennes d'indice de surface foliaire (LAI) et de la production primaire nette aérienne (aNPP) de plusieurs écosystèmes terrestres en fonction des précipitations annuelles de ces biomes.



1. Processus physiologiques affectés par la sécheresse

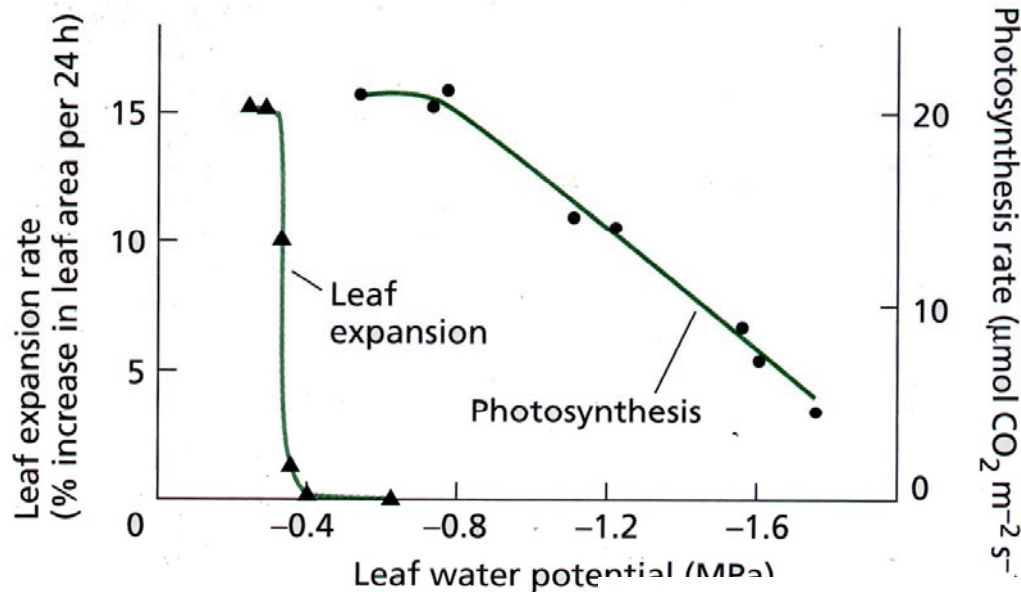
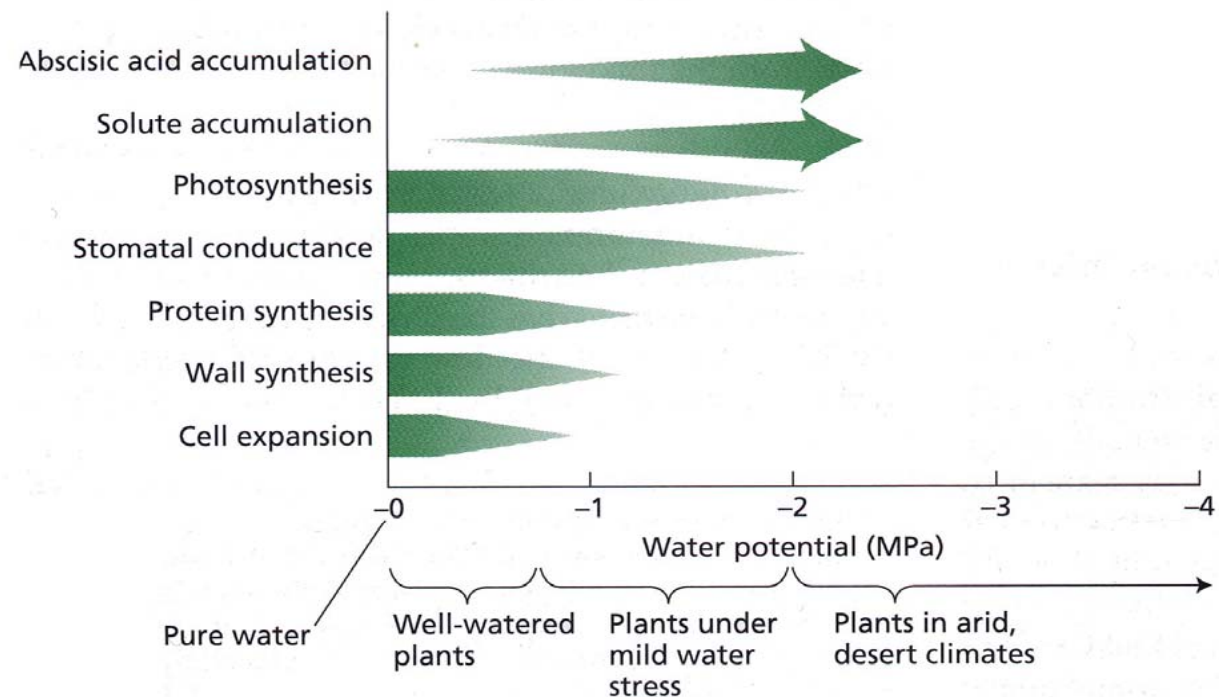
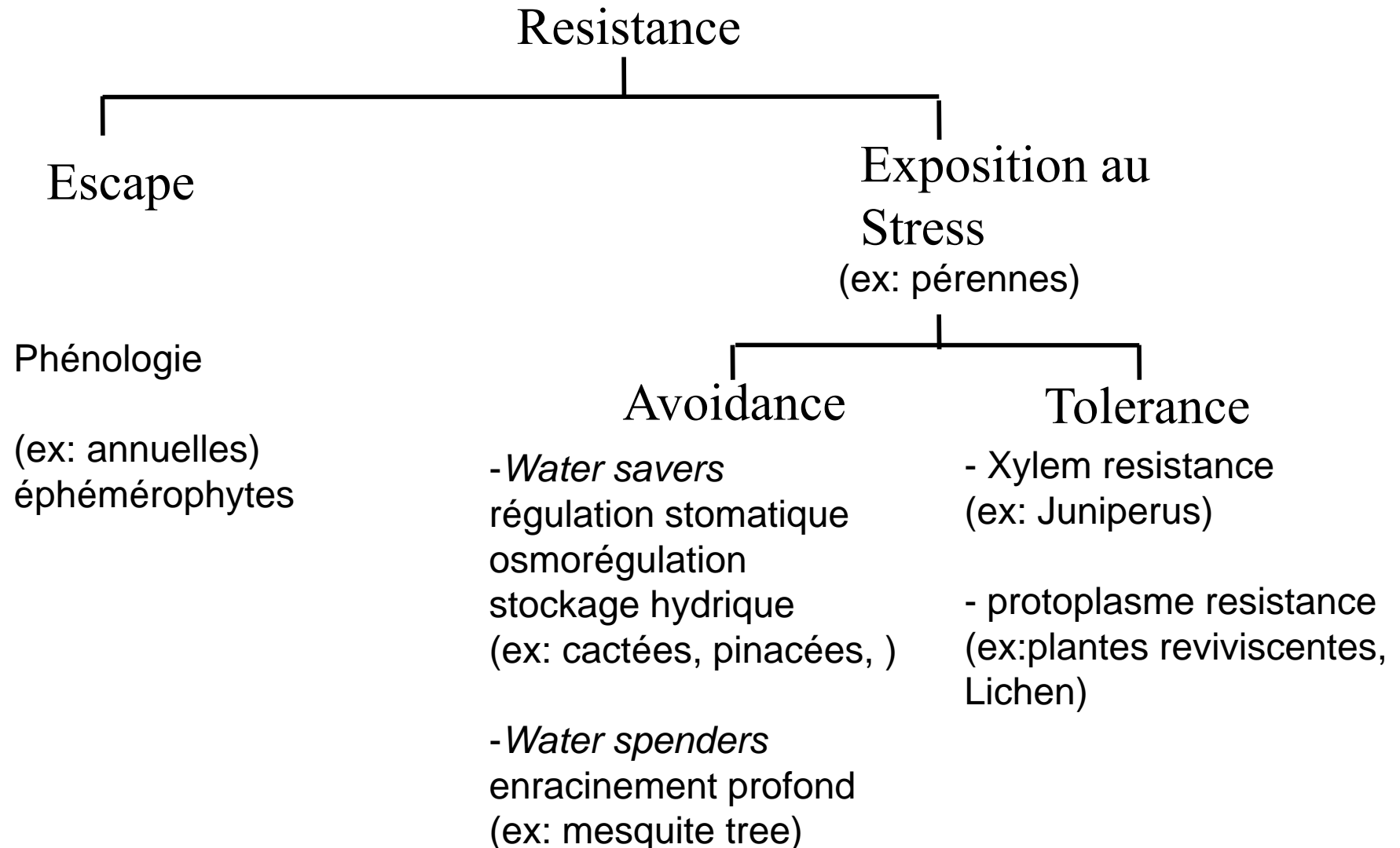


Figure 1. Taux d'accroissement foliaire et de photosynthèse en fonction du potentiel hydrique foliaire

Figure 2. Evolution des différents processus physiologiques le long d'un gradient de potentiel hydrique



2. Les types de réponse à la contrainte hydrique: plusieurs manières de résister à la sécheresse



La résistance des plantes à la sécheresse

1. Plantes à organes aériens éphémères

1ère stratégie: limite vie active à une période de l'année

Végétaux dit « temporaires » ou « **éphémérophytes** »

Cycle identique aux plantes annuelles des régions humides

(germination des graines, développement végétatif, floraison et fructification)

mais durée fortement raccourcie (qlq semaines voir qlq jours!!)

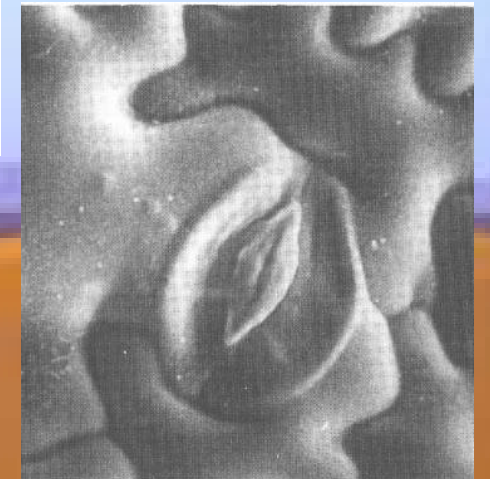
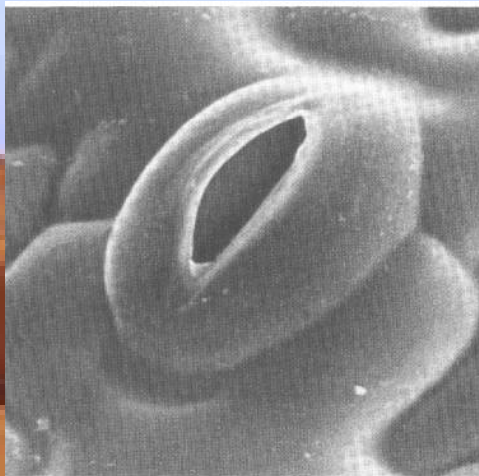
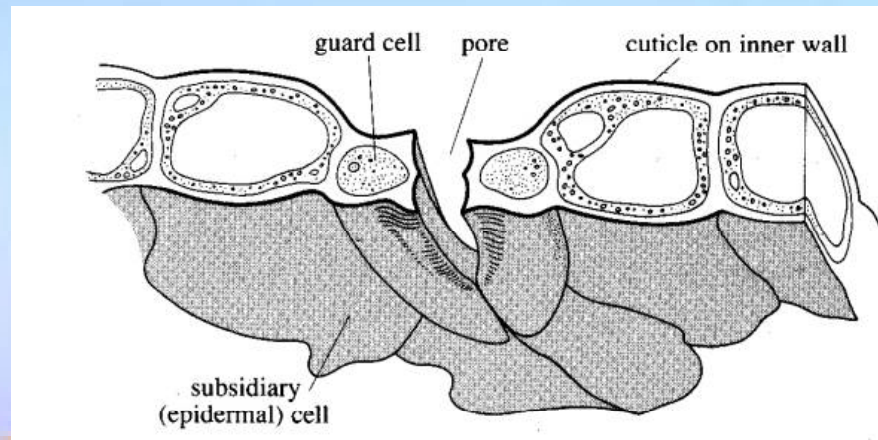
souvent accompagné de phénomène de « nanisme »



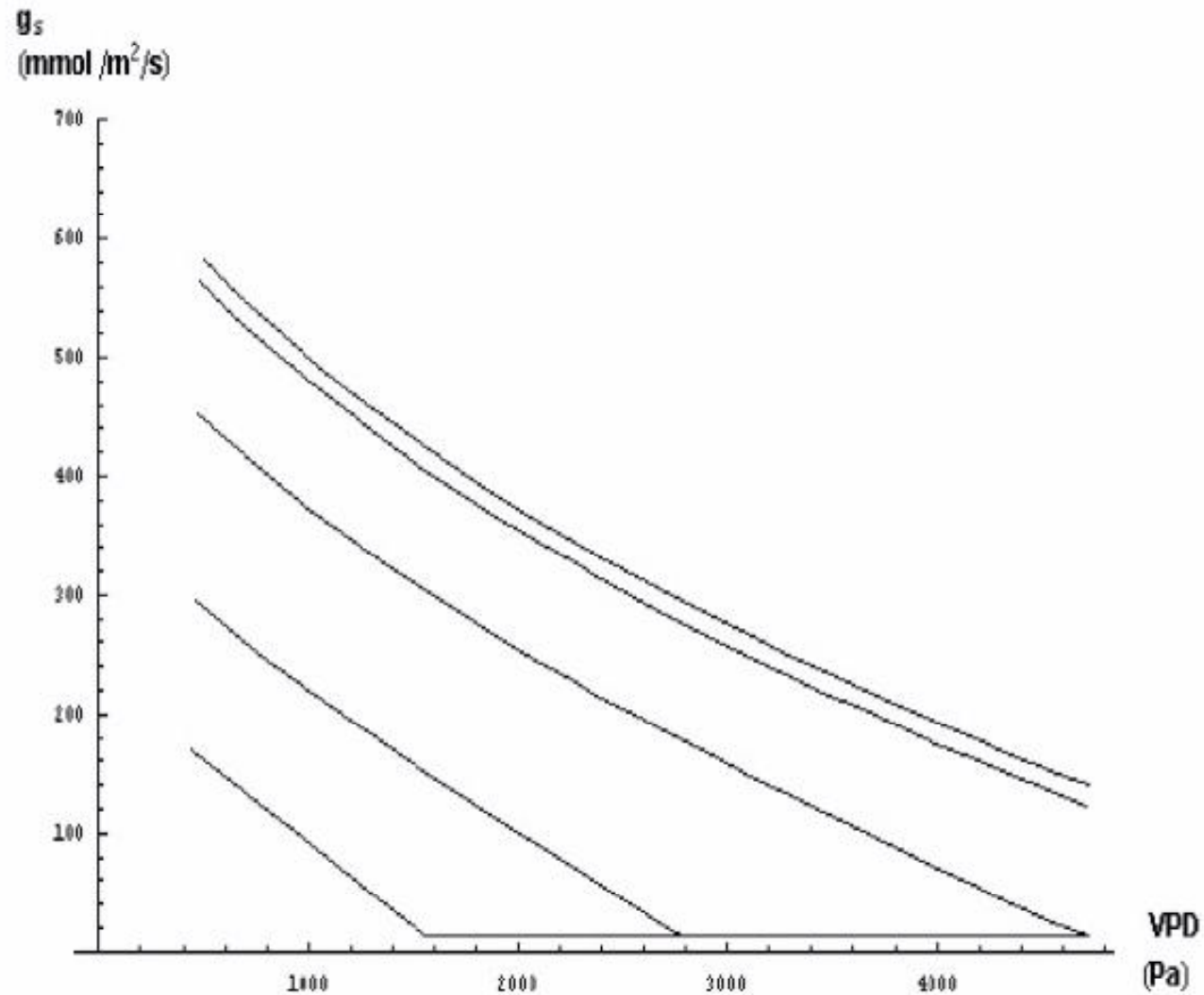
II. La résistance des plantes à la sécheresse

2. Réduire des pertes en eau ou la dessiccation

1. **régulation stomatique** en fonction de VPD (vapor pressure deficit) et de la disponibilité en eau du sol

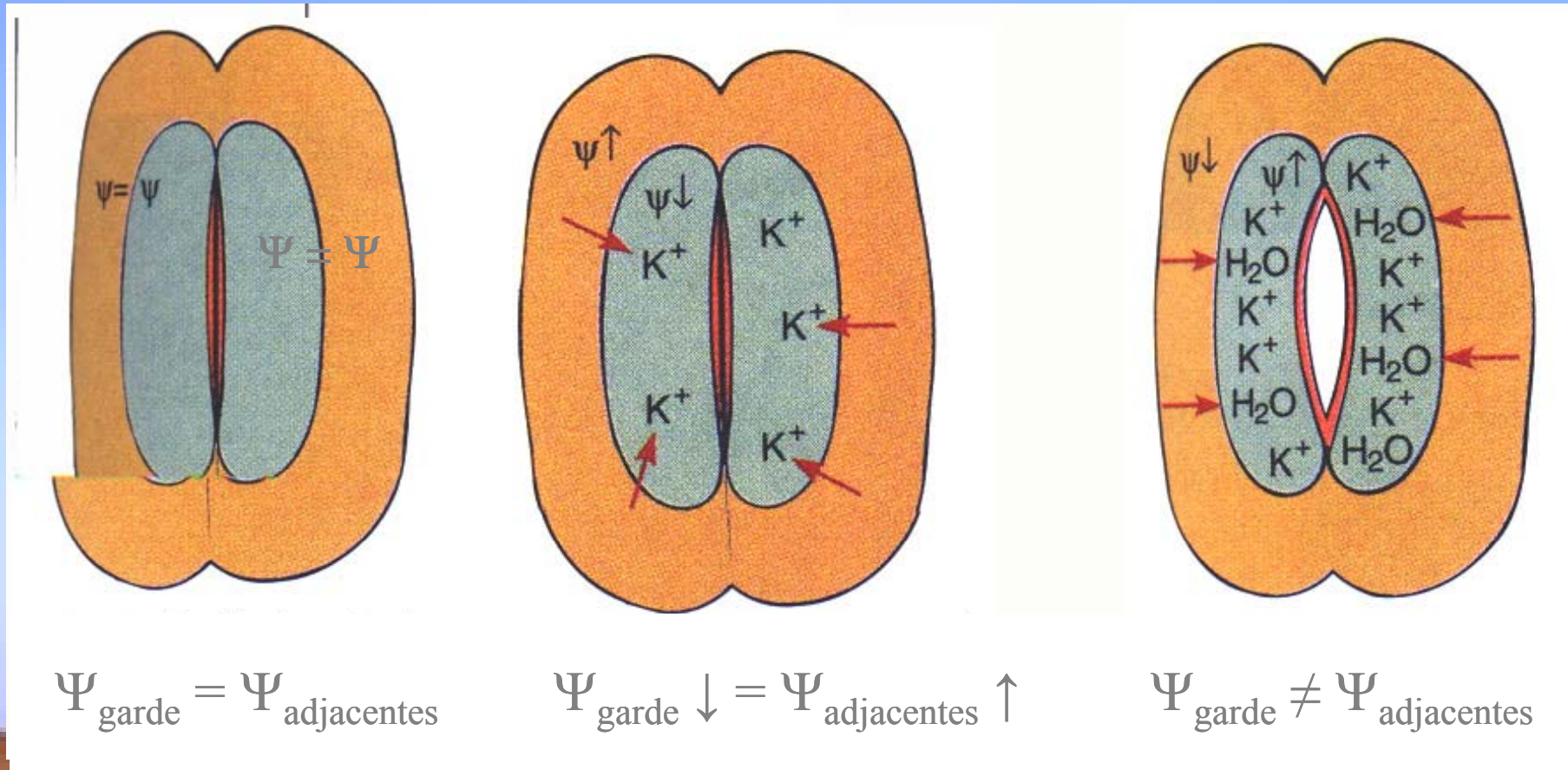


The response to stomatal conductance (g_s) to increasing air vapor pressure deficit (VPD, Déficit de pression de vapeur de l'air) for unstressed and increasingly stressed leaves. The upper line represents the unstressed leaf, the lowest line represents a leaf with a predawn potential of -2.0 MPa.



2. Fonctionnement stomatique

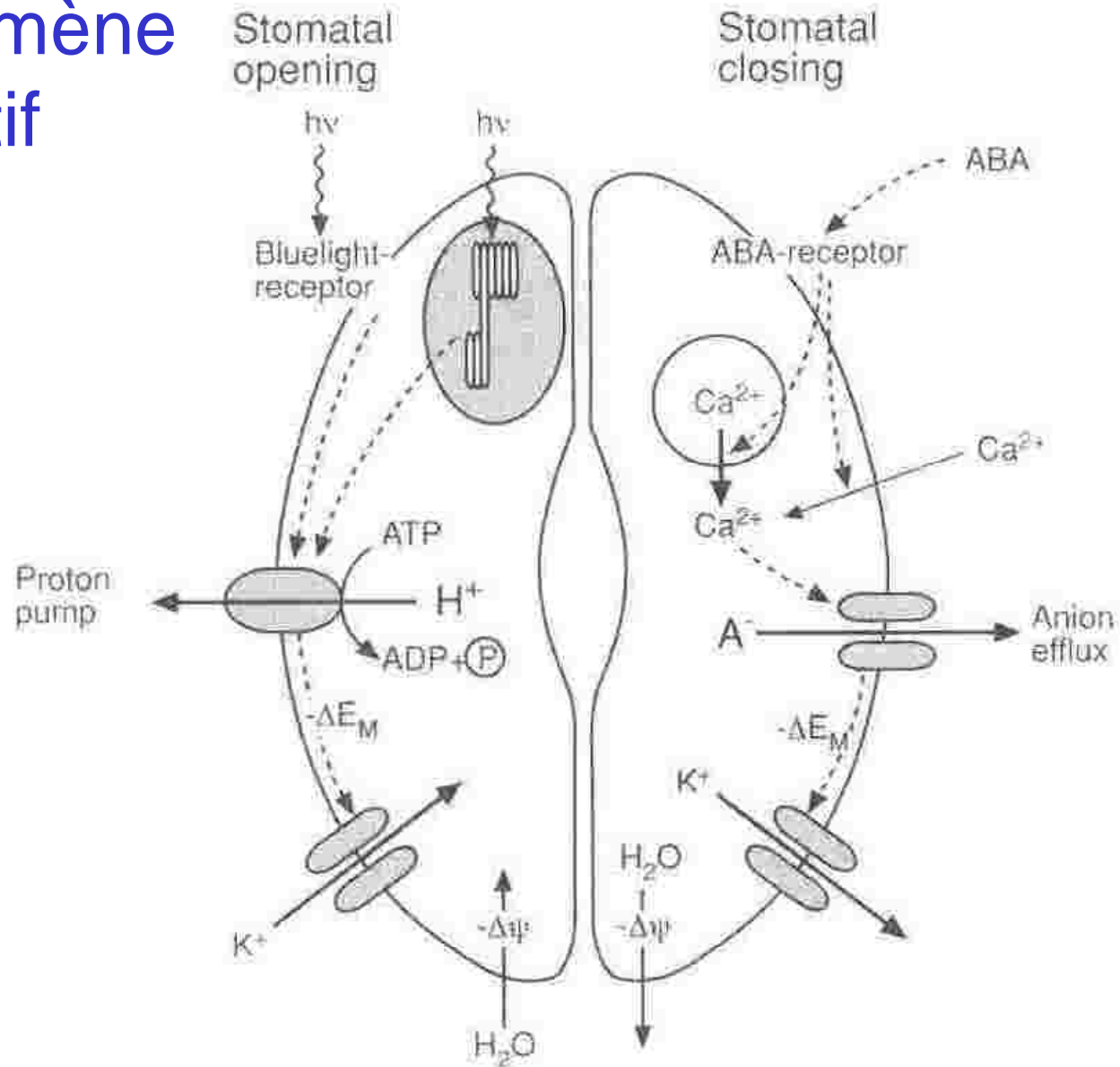
Mécanisme : schéma simple



Le transport de K^+ dans les cellules de garde déclenche l'entrée de H_2O par osmose et la forme des cellules de garde changent en conséquence

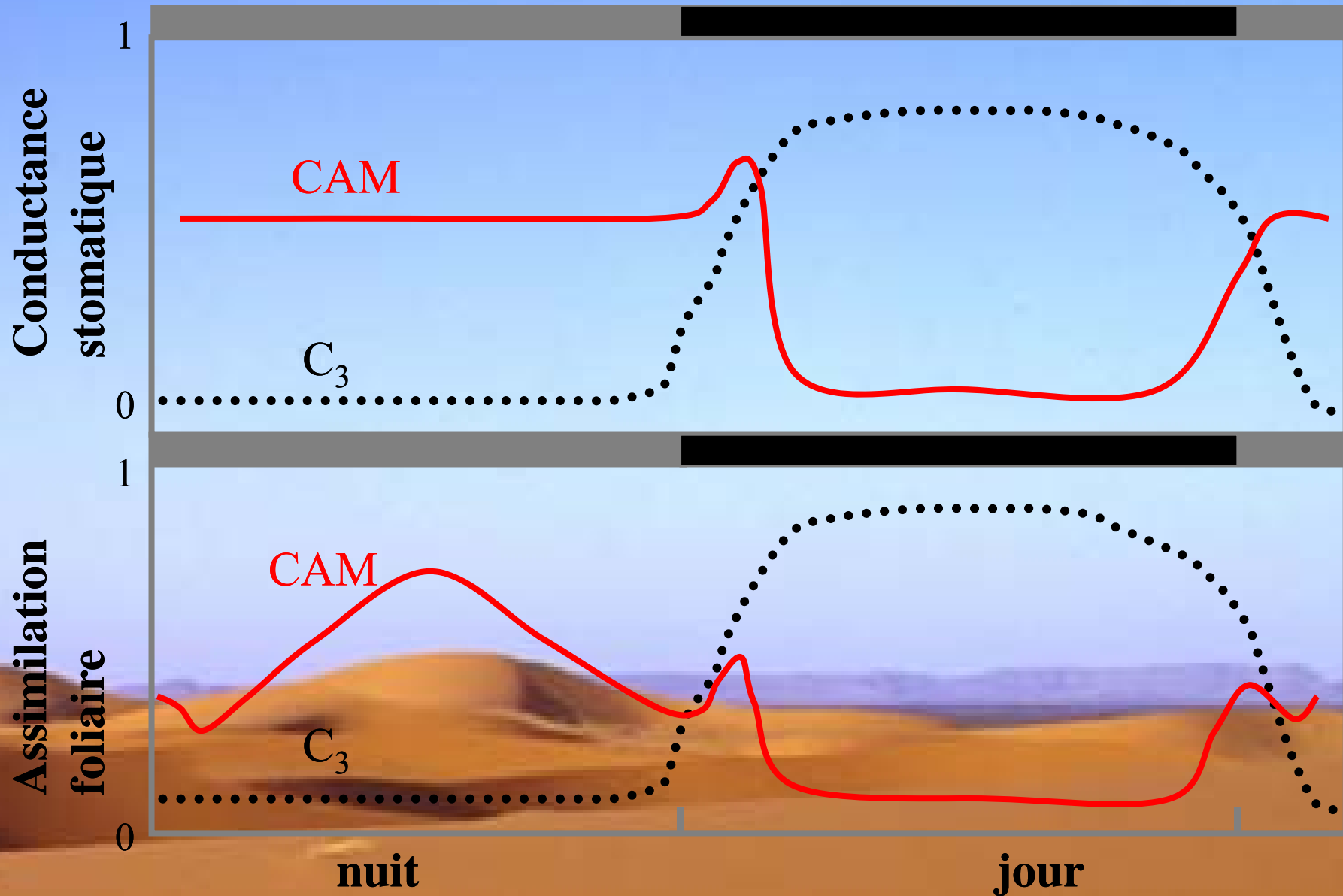
2. Fonctionnement stomatique : ouverture et fermeture

Phénomène actif



La résistance des plantes à la sécheresse

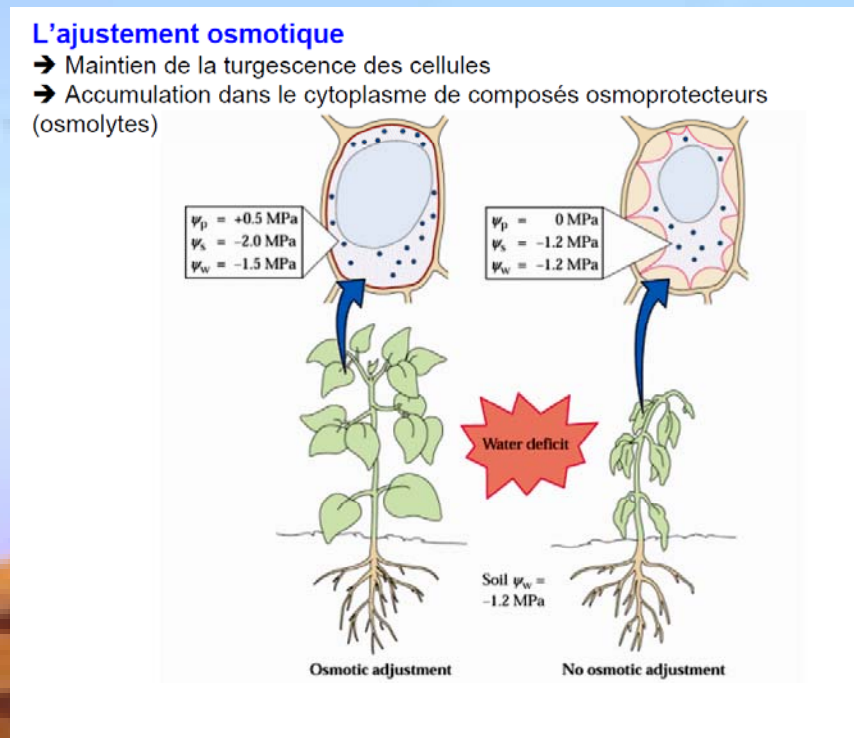
Crassulacean acid metabolism (CAM)



II. La résistance des plantes à la sécheresse

2. Réduire des pertes en eau ou la dessiccation

2. Osmorégulation : variation de la pression osmotique dans les feuilles



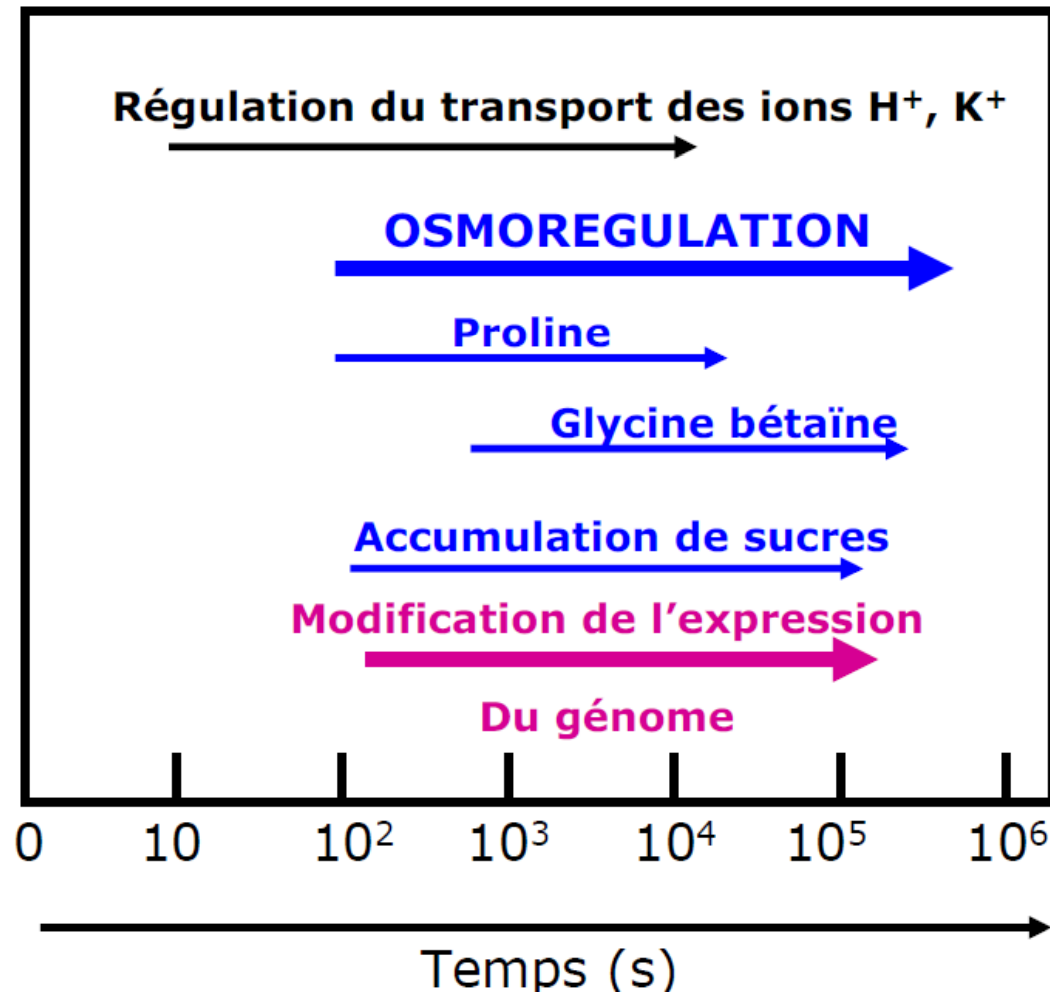
(ex: *salicornes...*)



pression osmotique: concentration ionique dans les cellules

II. La résistance des plantes à la sécheresse

→ Réponses à la perte de turgescence
Plantes adaptées



II. La résistance des plantes à la sécheresse

2. Réduire des pertes en eau ou la dessiccation

3. Stockage : Plantes grasses ou succulentes

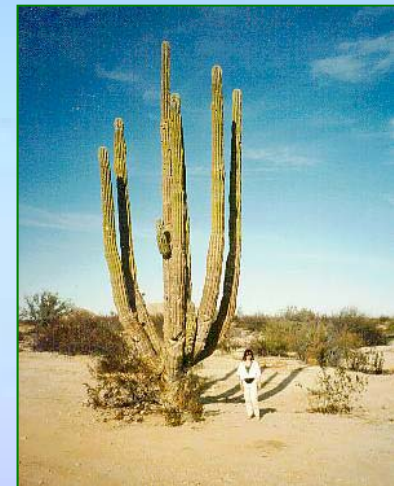
stratégie: stocker d'importantes quantités d'eau dans tissus spécialisés (feuilles, tiges...)

Certaines *Cactacées* => deux ans sans eau, consomment 70% de leurs réserves hydriques...

(ex: Gd cierges américains, > 10m, tiges renferment > 3.000L)

Autres stockent dans feuilles: *Crassulacées*, *Aizoacées*,...

Voir adaptation particulière: dvlpmt de tiges à durée de vie limitée: *plantes à caudex succulents*



Certaines *Cactées*, telles que *Cereus* qui fleurit la nuit, ont des fleurs qui s'ouvrent la nuit, généralement blanches et très odoriférantes.

II. La résistance des plantes à la sécheresse

2. Réduire des pertes en eau ou la dessiccation

Sclérophylles . stratégie: réduire les pertes par transpiration

⇒ évapotranspiration essentiellement par feuille

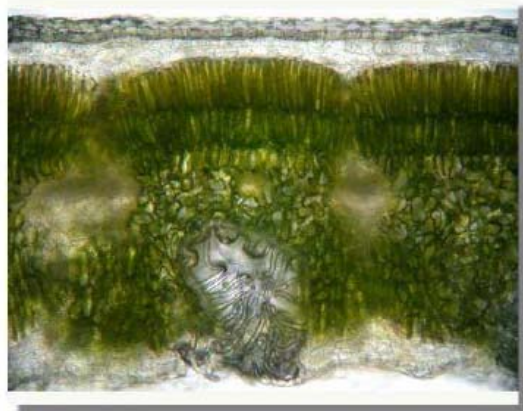
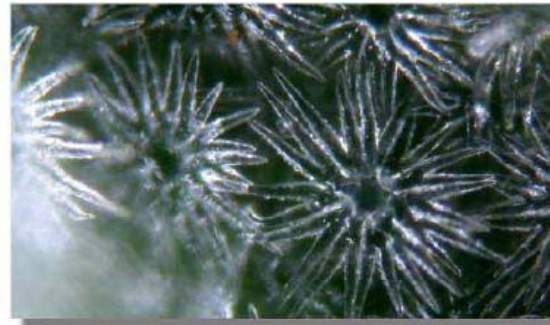
Solution?

Sclérophyllie: feuilles persistantes, coriaces, rigides, svt épineuses à cuticule épaisse et stomates enfoncés dans cavités sous-foliaires => limiter transpiration, maintenir rigidité (même lors d'un déficit hydrique accru)

(ex: chêne vert en méditerranée)



✓ Protection des stomates



II. La résistance des plantes à la sécheresse

2. Réduire des pertes en eau ou la dessiccation

Microphyllie : réduction de surface foliaire via « microfouilles » ou présence d'aiguilles, d'écaillés => limiter surface d'échange

(ex: *Ericacées* (Bruyères) et *Ericoïdes* (morphologiquement proches des Bruyères), *tamaris*...)

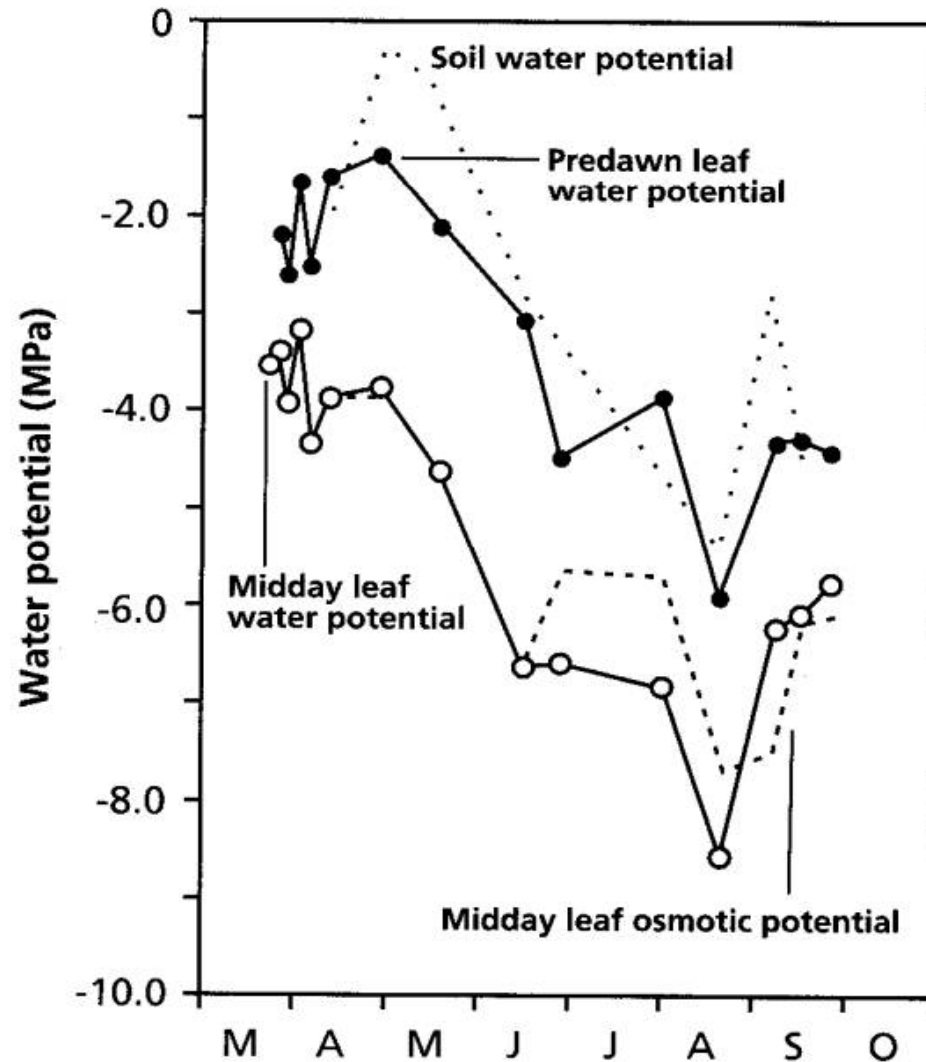
Aphyllie : cas extrême = absence de feuilles, photosynthèse via la tige riche en chlorophylle

(ex: *Genêt à balais* (sud-ouest de la France sur sol sableux, pelouse calcaire...))



II. La résistance des plantes à la sécheresse

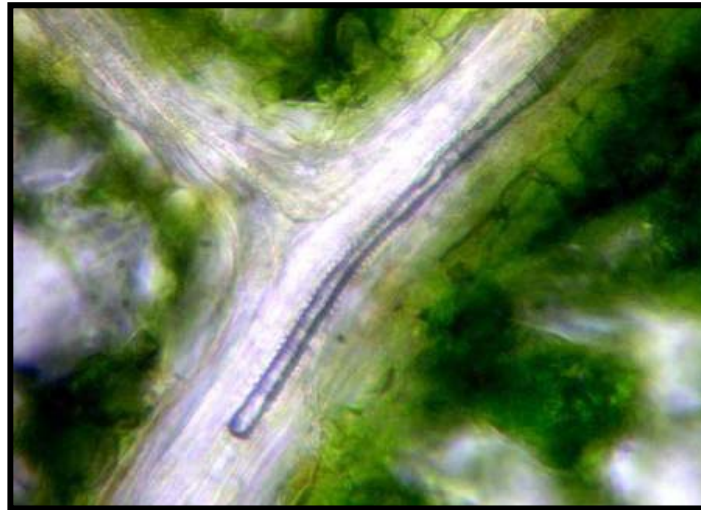
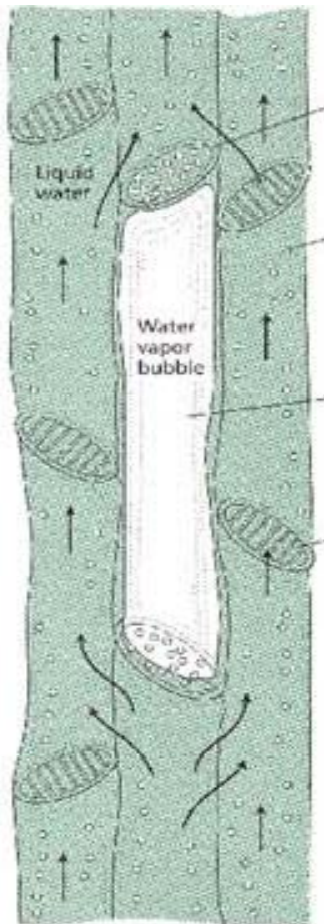
3. La tolérance : exemple de comportement anisohydrique



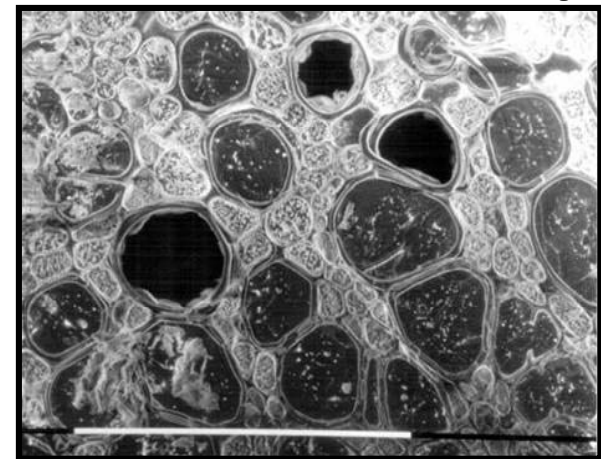
- *Hammada scoparia*, C4
 - But also sunflower or barley
- ré-équilibrage du potentiel avec celui du sol la nuit .
- L'écart Ψ nuit – Ψ jour est maintenu (pas de régulation)
- Pression de turgescence négative (plasmolyse) (tolérance)

II. La résistance des plantes à la sécheresse

3. La tolérance : Besoin d'un xylème résistant à la cavitation



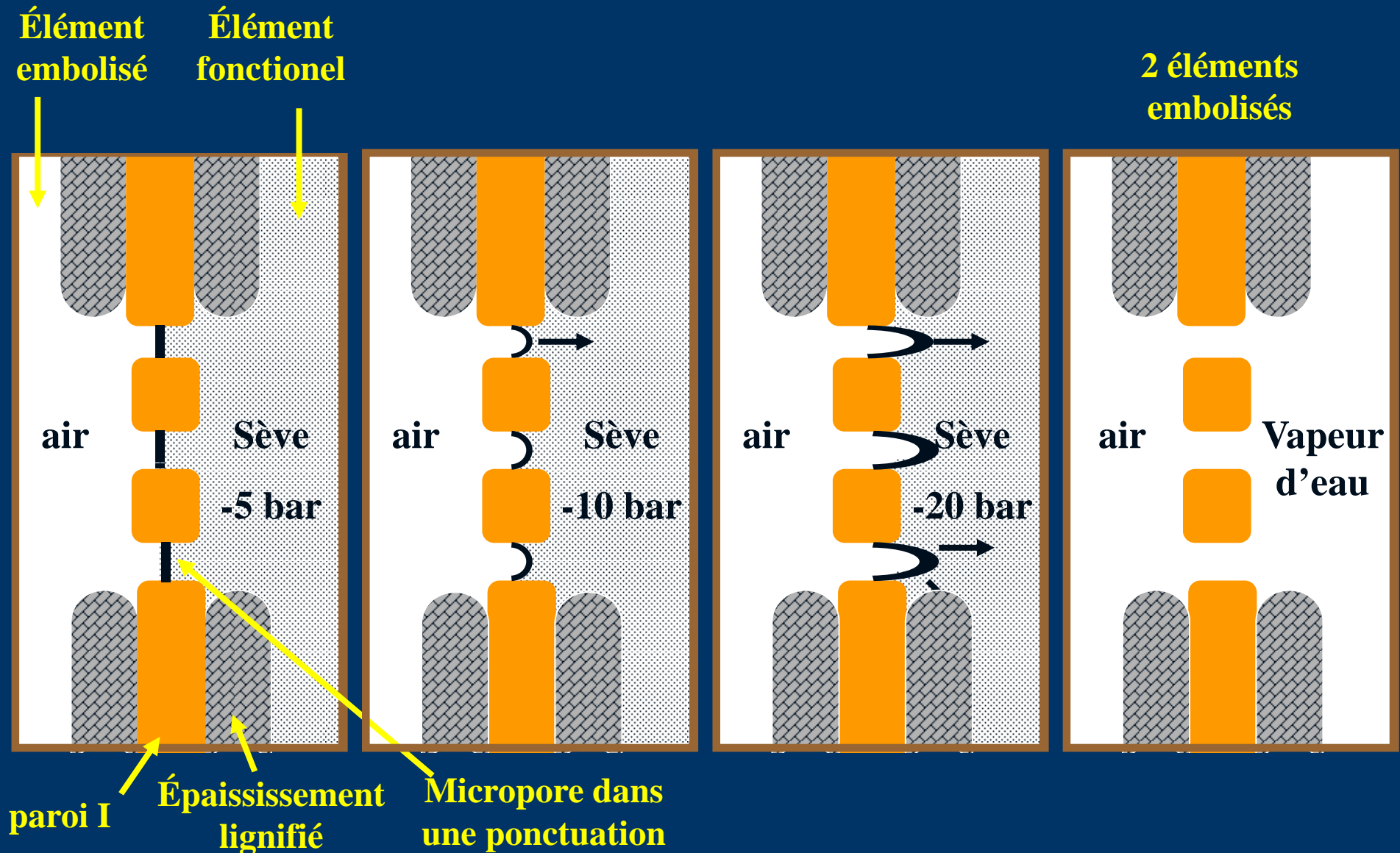
feuille



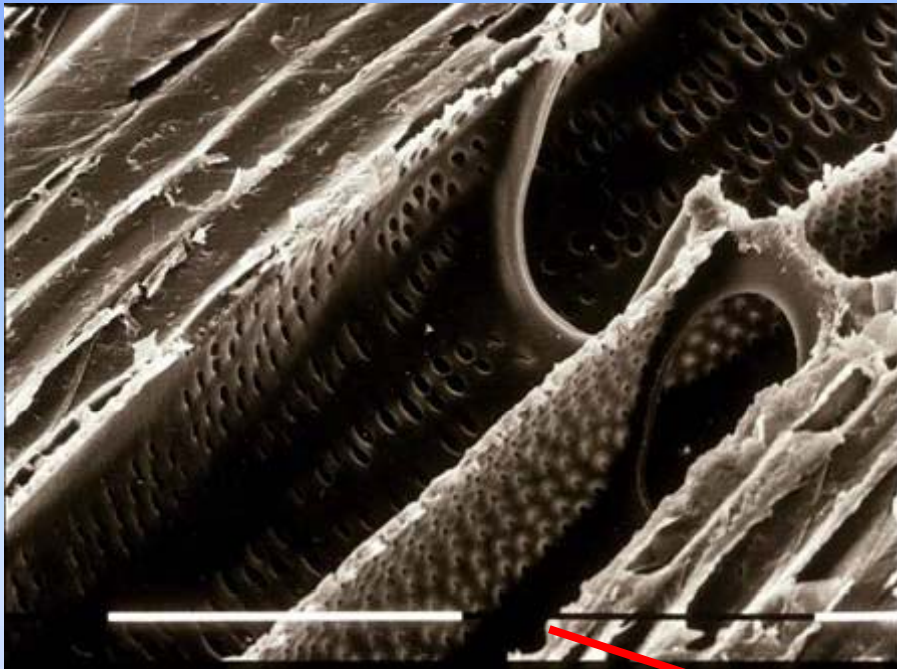
tige

La cavitation

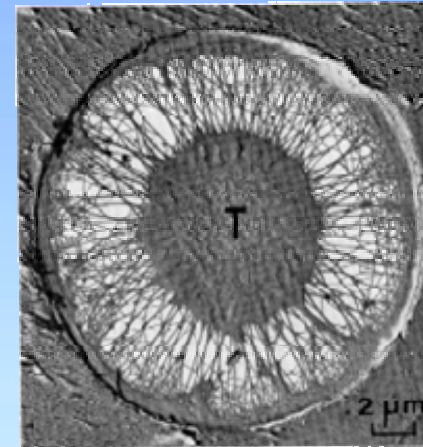
La théorie du germe d'air



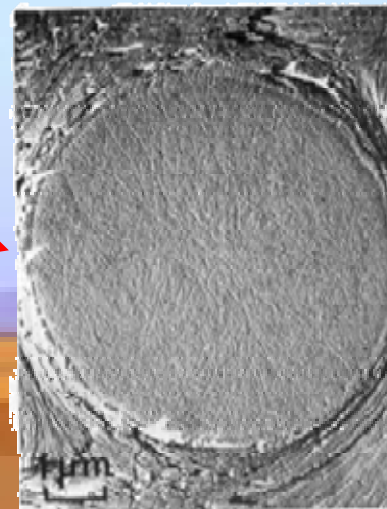
Talon d'Achille du système vasculaire: les ponctuations



Vaisseau

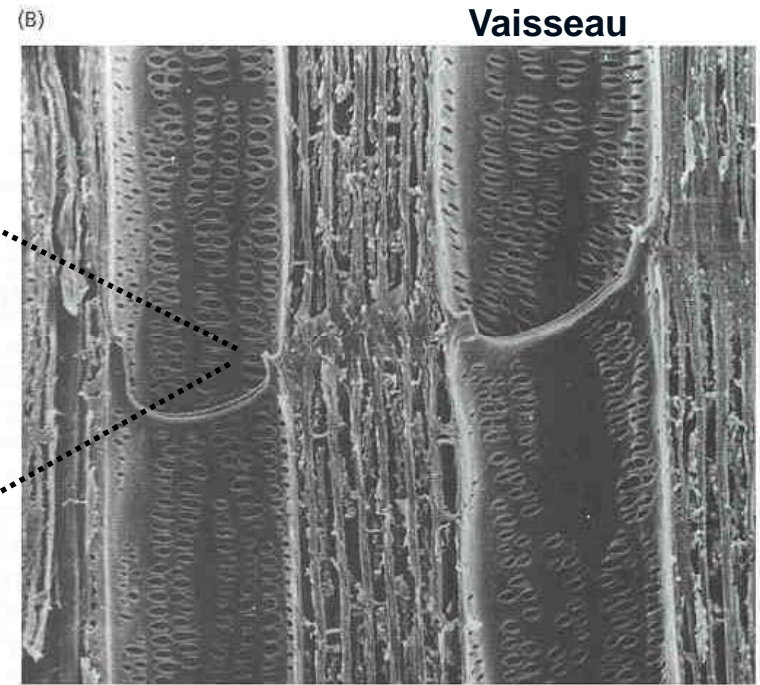
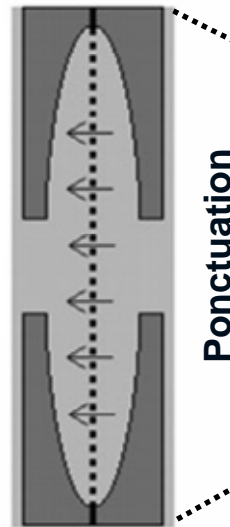
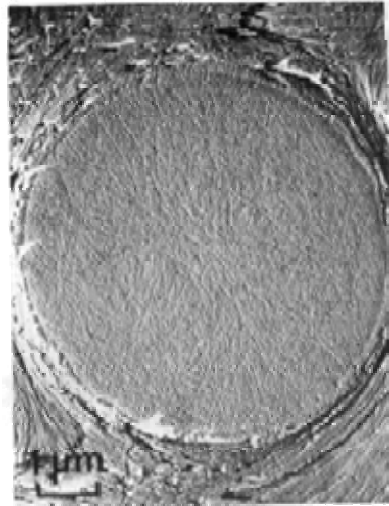


Conifères

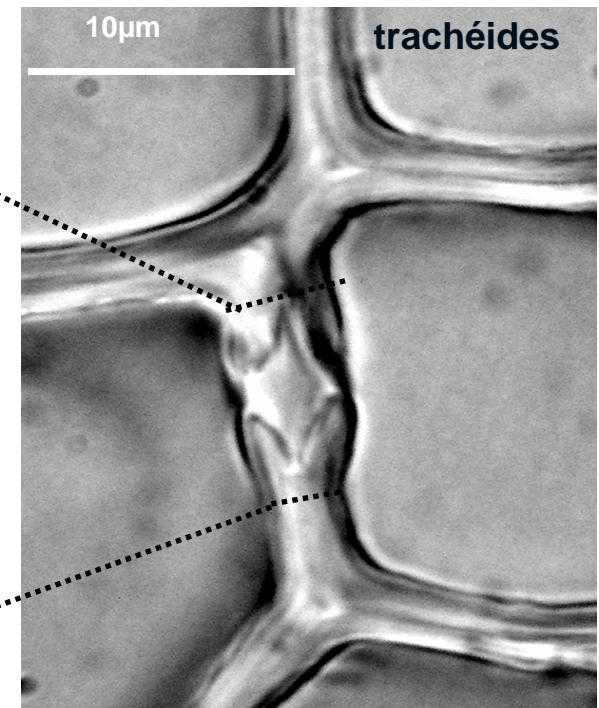
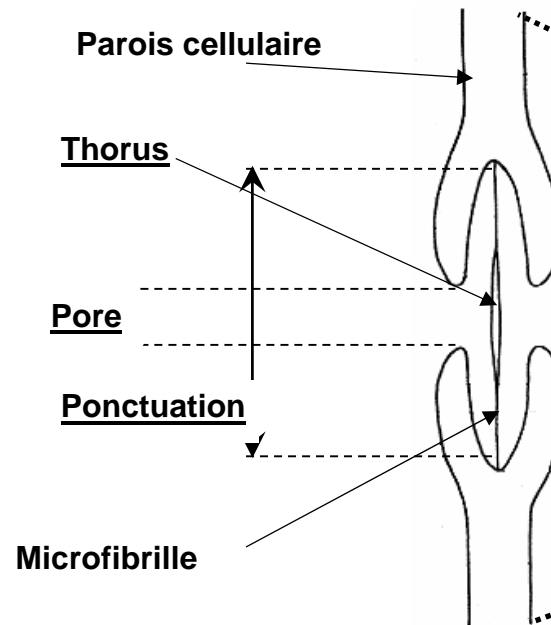
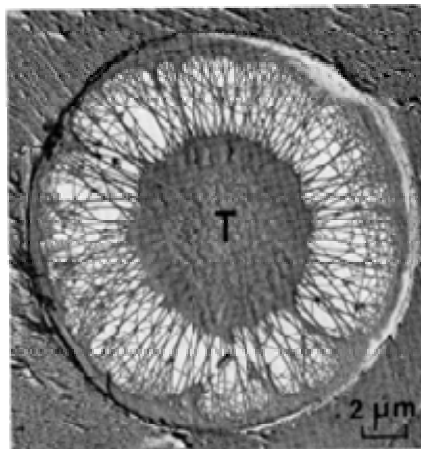


Feuillus

L'anatomie du xylème chez les angiospermes

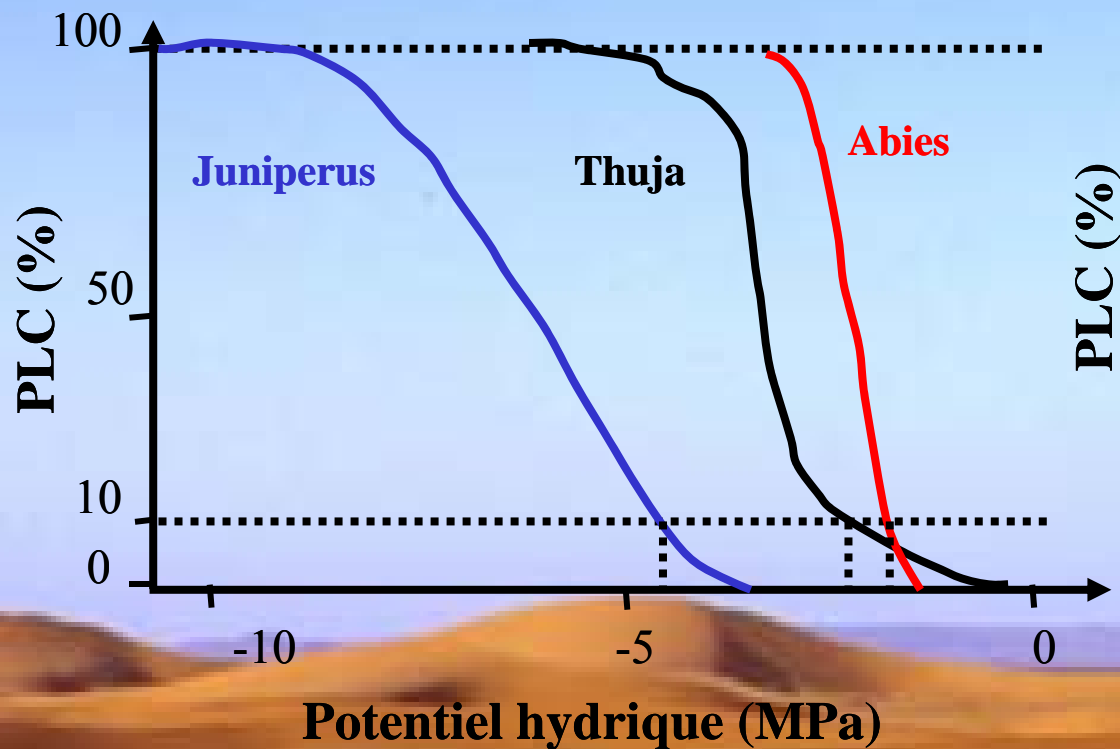


L'anatomie du xylème chez les gymnospermes



La résistance des plantes à la sécheresse

3 espèces Nord Américaines
(Juniperus du désert californien, Thuja
et Abies de la côte pacifique dans
l'Oregon)



6 espèces du genre Quercus
en Europe

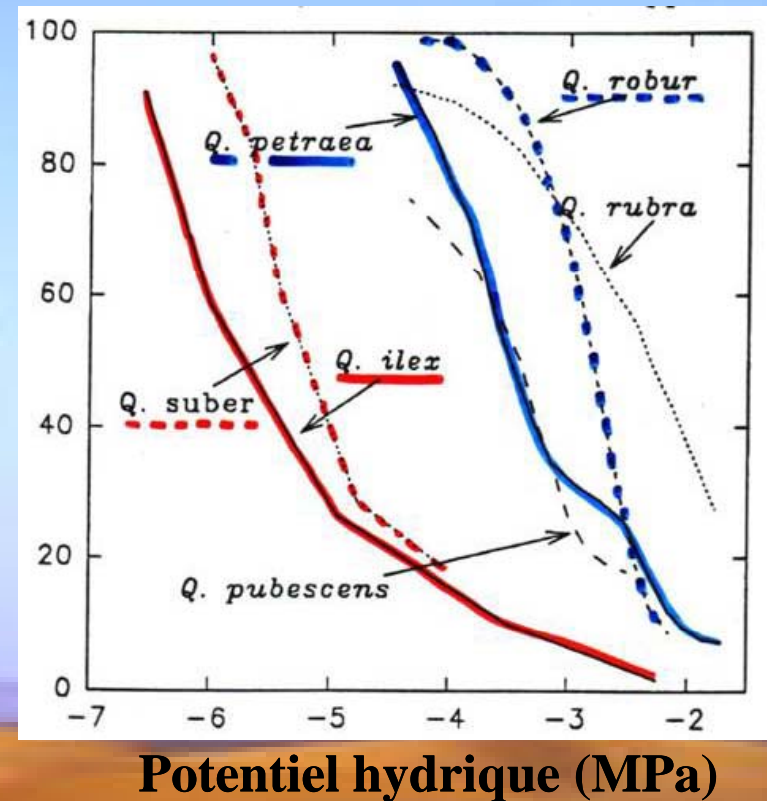
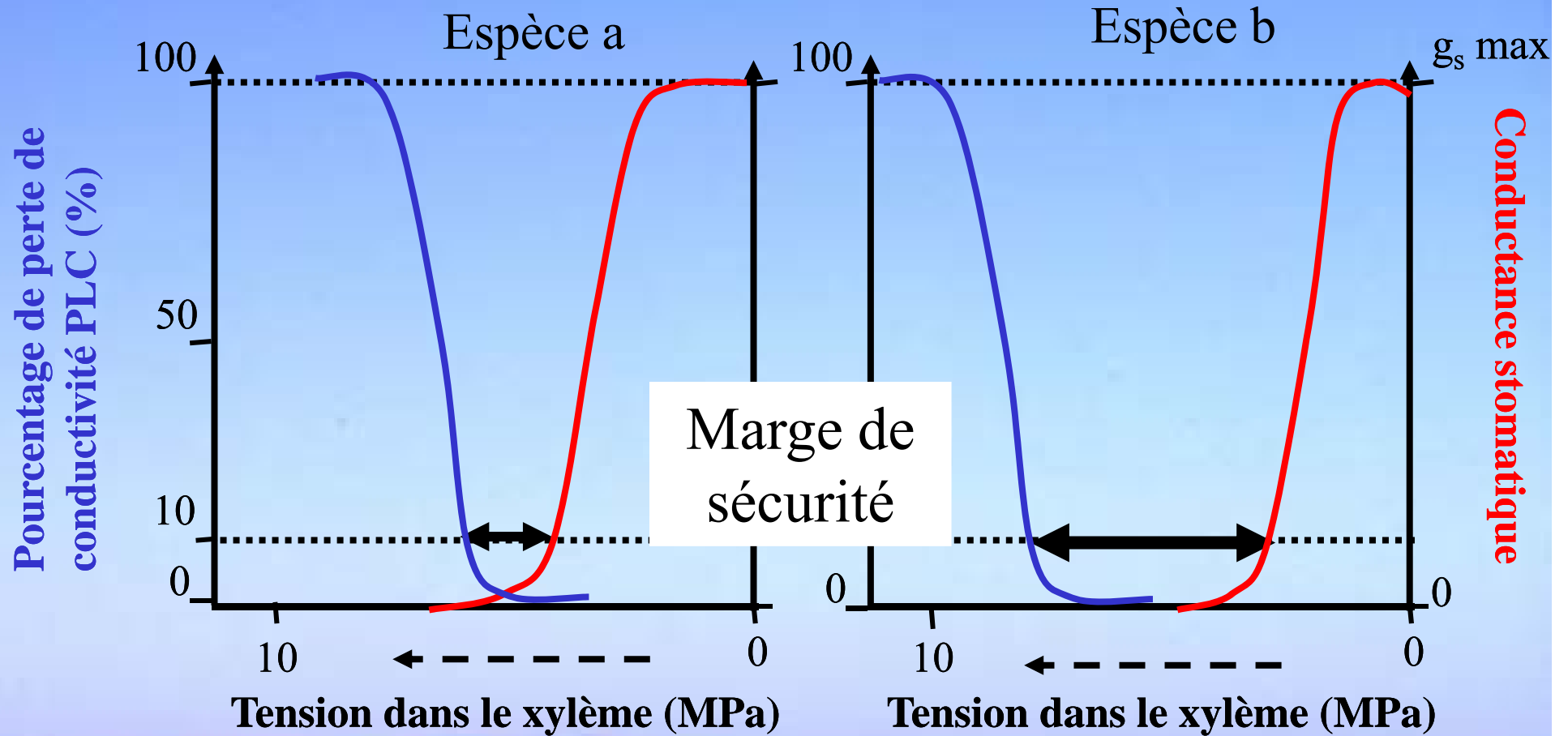


Figure 1 et 2. Courbes de pourcentage de perte de conductivité (PLC, % = taux d'embolie) en fonction du potentiel hydrique xylémien de rameau obtenues en laboratoire.

Dispositifs physiologiques limitant la transpiration chez les végétaux



II. La résistance des plantes à la sécheresse

3. La tolérance : les plantes poikilohydres

Habituellement, végétaux fanés = morts

Ici, via processus de « *réhydratation variable* »
(*poikilohydres*),

végétaux capables de *reviviscence* (aspect normal et fonctions vitales)
qd présence d'eau et ce, même après dessiccation prolongée...

(ex: mousses et lichens dans nos régions, dans désert, plantes à fleurs...)



Tolérance à la déshydratation : Plante de la résurrection
Craterostigma plantagineum



Hydratée



Déshydratée (7 J)



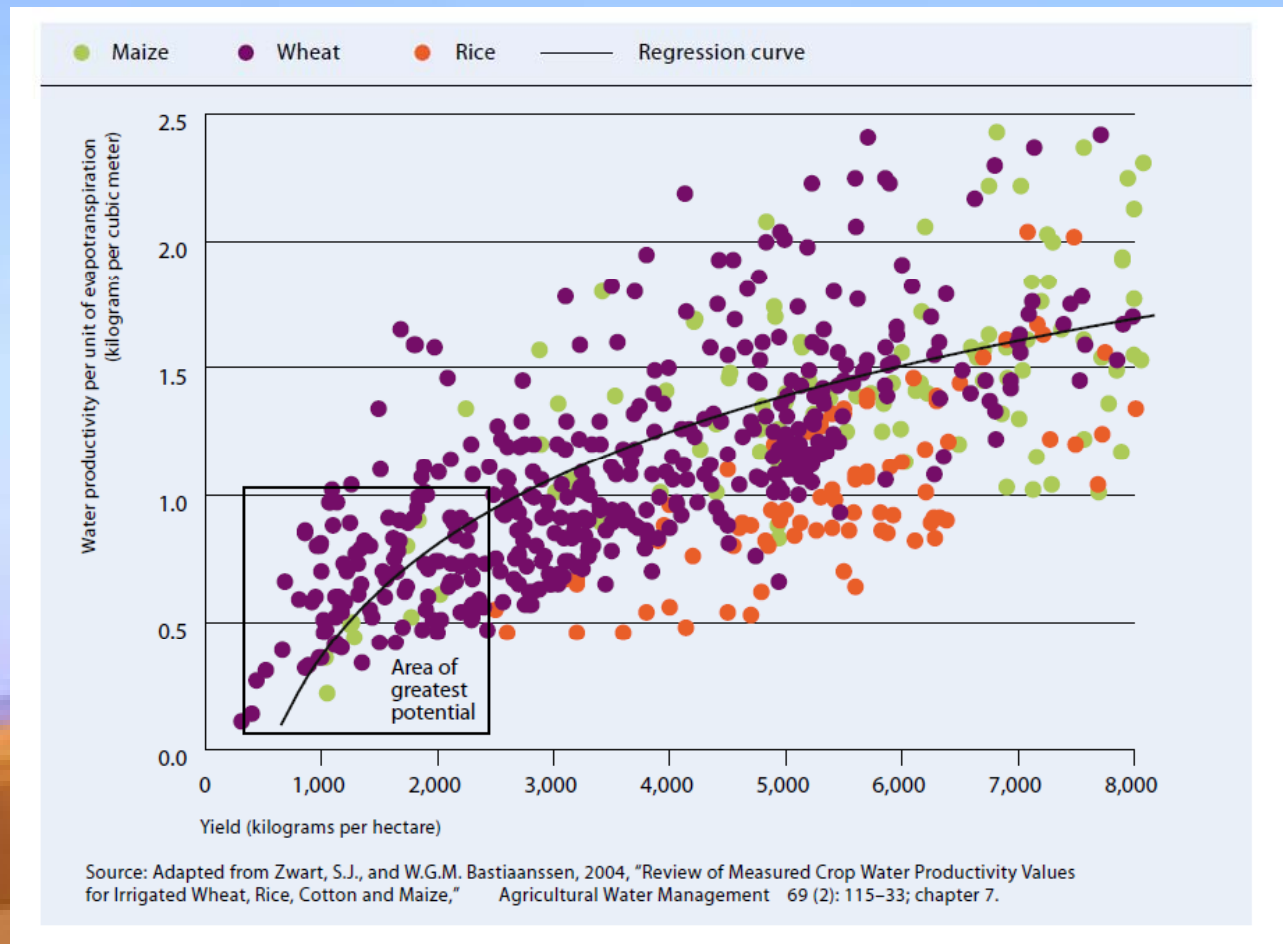
Réhydratée (24 h)

Les plantes reviviscentes. Biofutur, Fév. 2000, p39-41

III. Enjeux agronomiques et écologiques

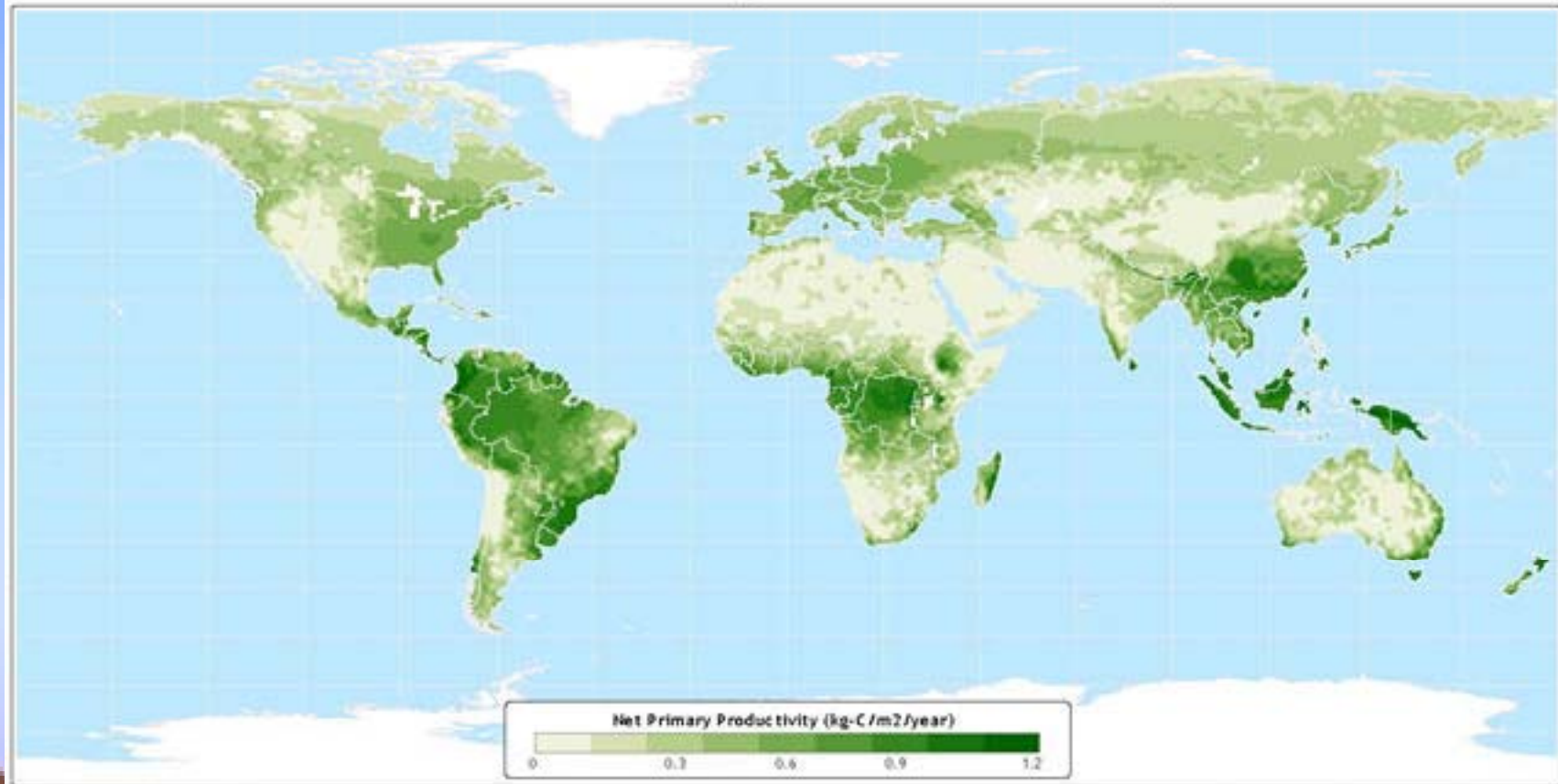
3. Amélioration de la résistance à la sécheresse en agronomie

Sélection d'une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau (WUE) : Elle se définit alors comme le rapport de biomasse produite et l'eau utilisée lors de la transpiration



III. La sécheresse influence t-elle la répartition des espèces?

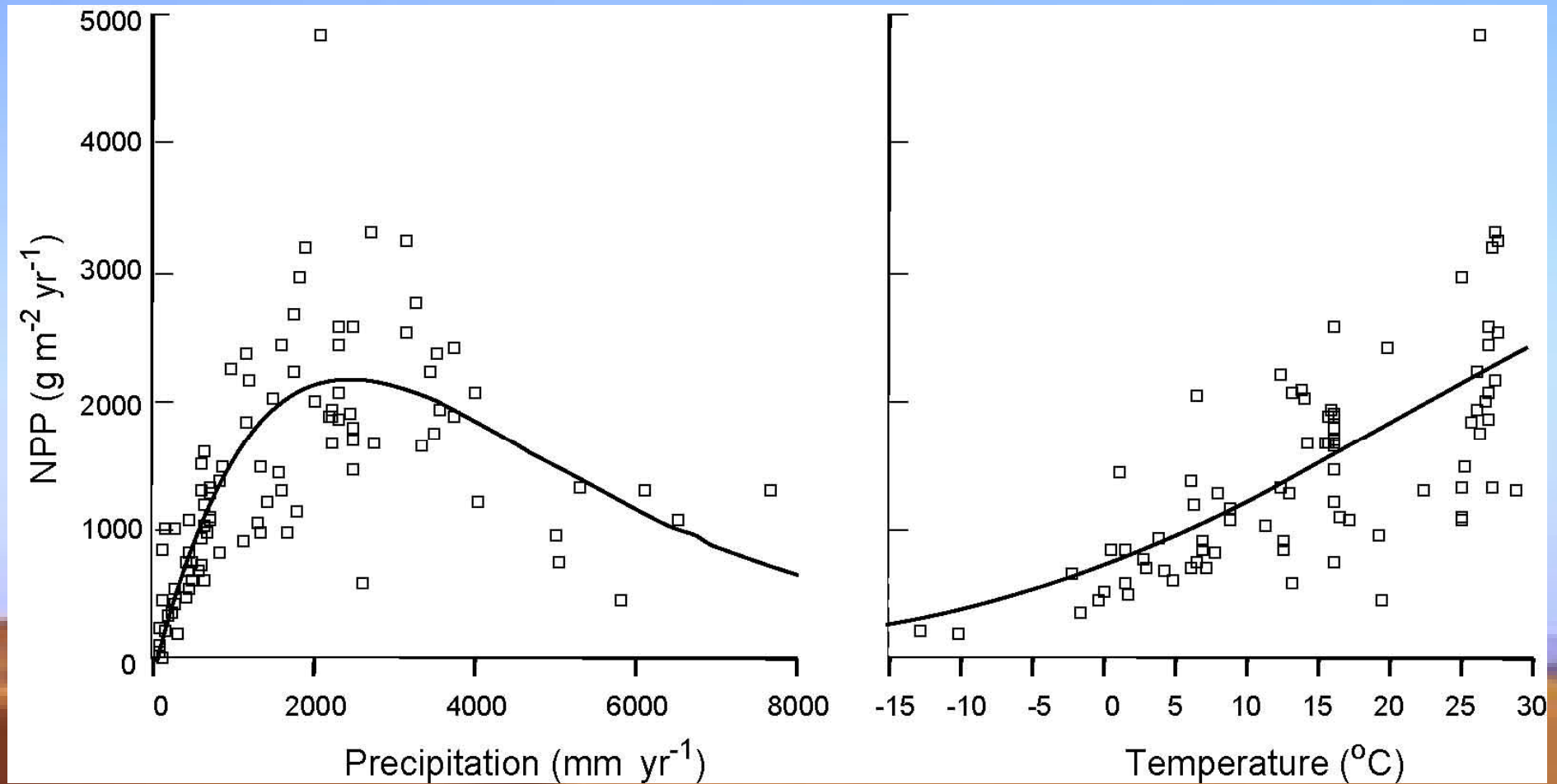
Net Primary Productivity



Data taken from: IBIS Simulation
(Kucharik, et al. 2000)
(Foley, et al. 1996)

Atlas of the Biosphere
Center for Sustainability and the Global Environment
University of Wisconsin - Madison

A l'échelle du globe, NPP varie avec le climat

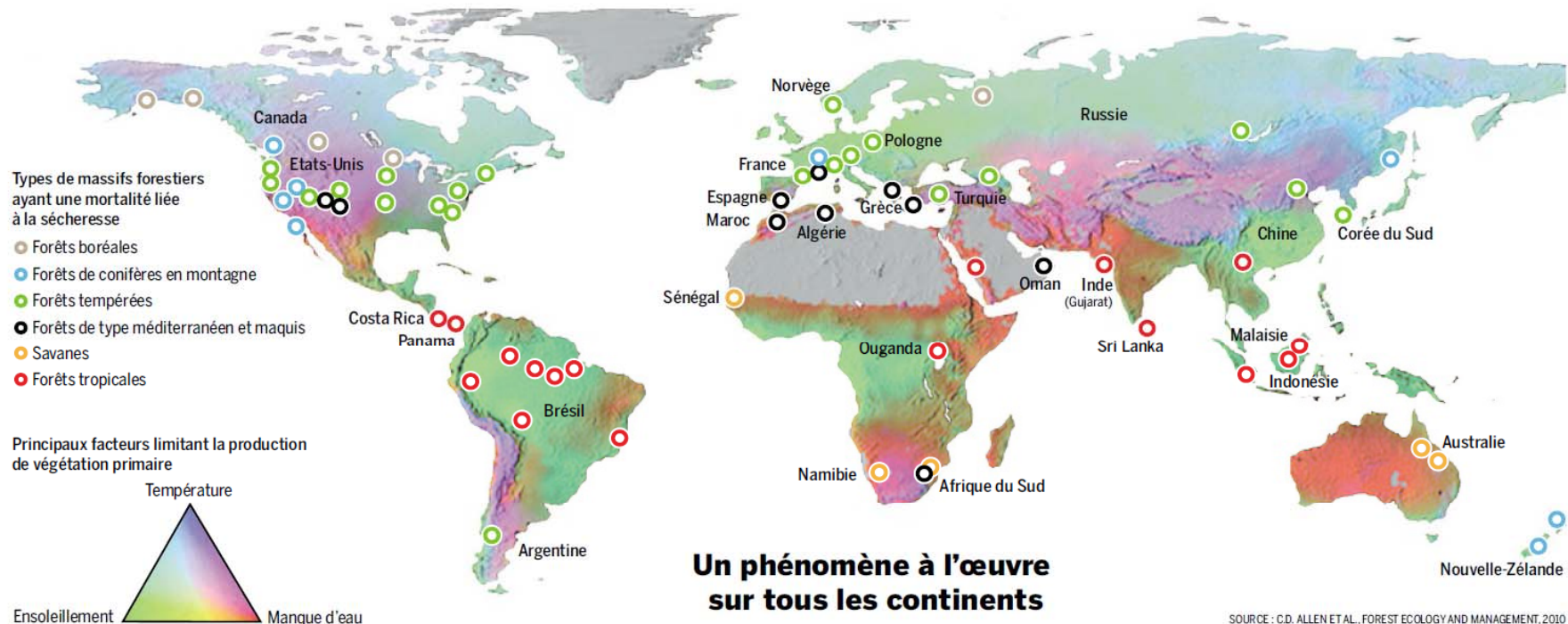


Les deux tiers des arbres dans le monde sont menacés de dépérissement

Les forêts sont beaucoup plus vulnérables à la sécheresse que les scientifiques ne le pensaient : 70% des espèces sont à la limite de l'embolie, selon une étude scientifique publiée par « Nature »

Le Monde **W**

Samedi 24 novembre 2012 - 68^e année - N°21103 - 3,50 € - France métropolitaine - www.lemonde.fr --



— Toutes les espèces sous tous les climats sont concernées

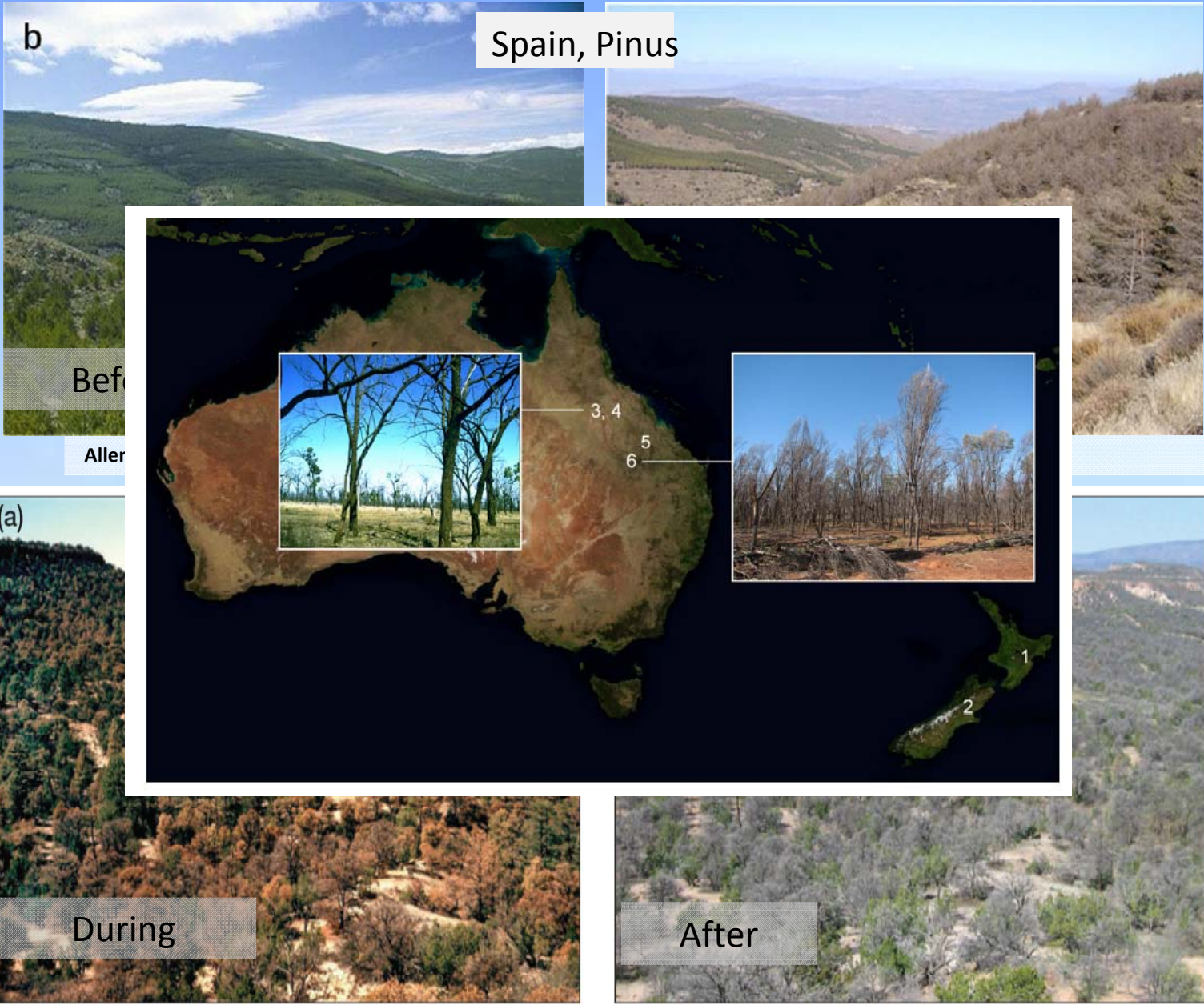
■ Le réchauffement s'en trouvera accéléré

LIRE PAGES 2-3

DOCTEUR HERVÉ COCHARD/INRA

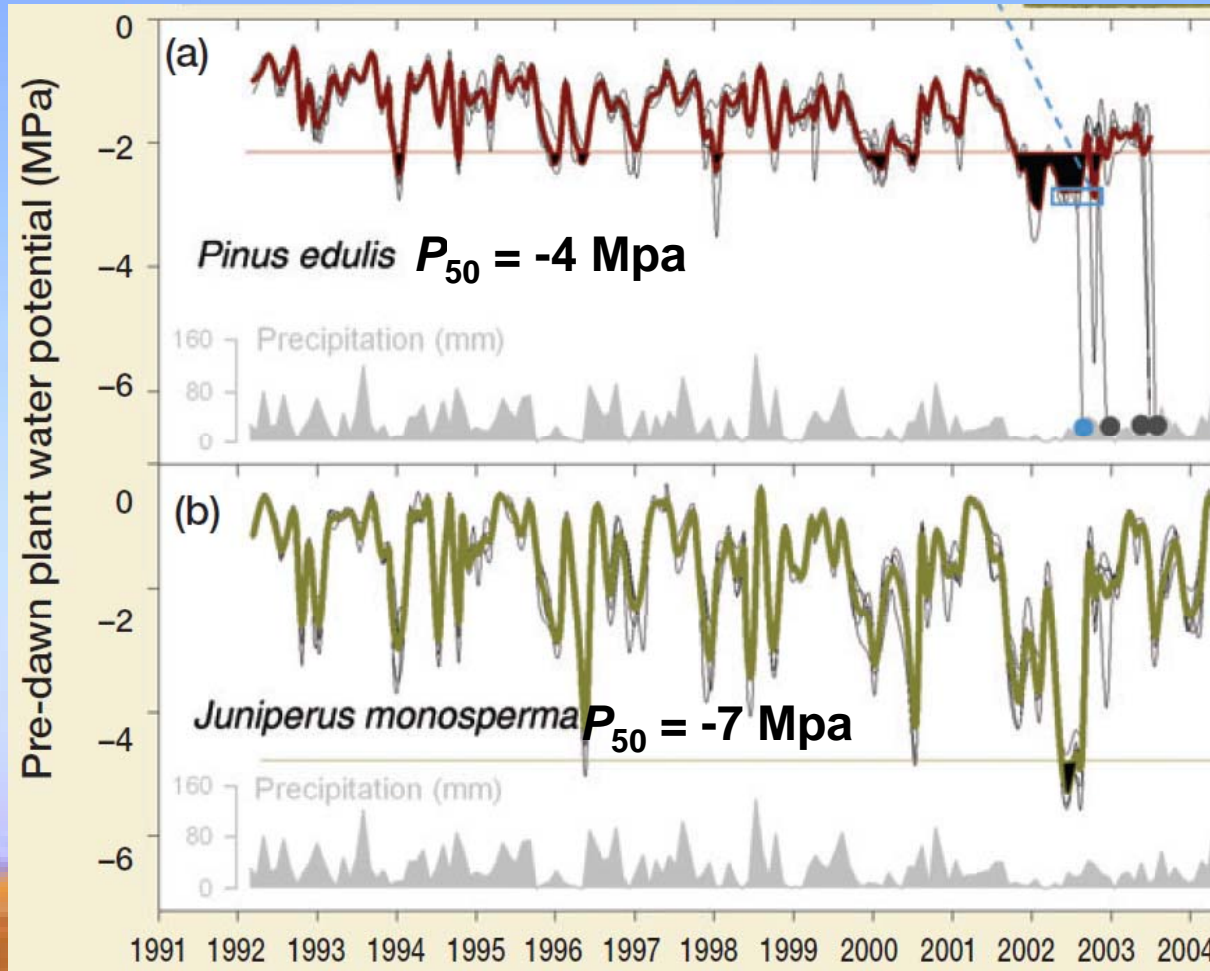


Drought-induced forest dieback



Drought-induced forest dieback

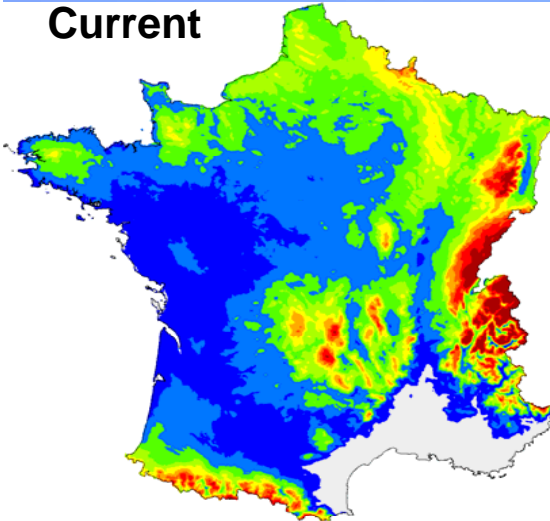
Breshears et al 2009 Linton et al 1998



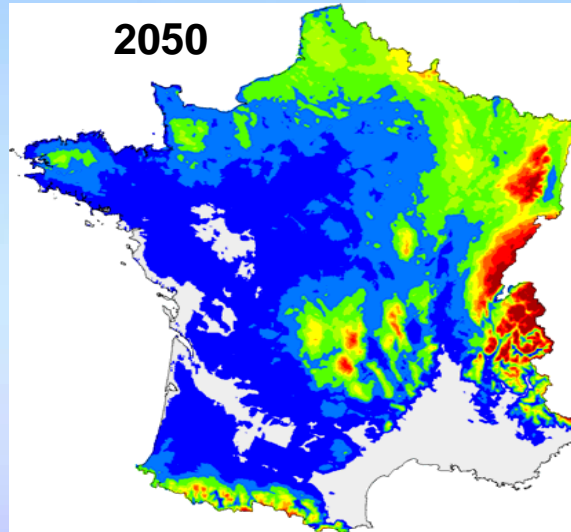
Mortality by hydraulic failure *per se*?

Bioclimatic envelope prediction for beech

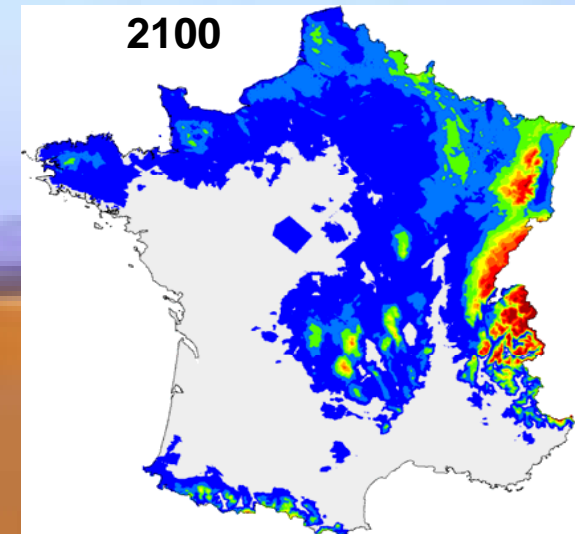
Current



2050



2100



probabilité



Hors de la gamme



Plan 2 : Adaptation des végétaux à la sécheresse

II. La résistance des plantes à la sécheresse

a. Adaptations morphologiques

- a. Modification du cycle de développement de la plante au cycle climatique (évitement)
- b. Réduction de la surface foliaire et systèmes racinaires profonds (évitement, adaptation morphologique)
- c. Vulnérabilité à la cavitation (tolérance)
- d. Réviviscence et tolérance des bourgeons à la déshydratation (tolérance)

• Adaptations physiologiques

- Contrôle stomatique (régulation physiologique)
- Accumulation de réserves glucidiques en début de sécheresse
- Les plantes CAM (adaptation physiologique)

III. La sécheresse influence t-elle la répartition des espèces?

a. Tolérance à la sécheresse et biogéographie

- b. Evolution la surface foliaire (LAI et SLA) le long de gradient de disponibilité en eau

III. La sécheresse influence t-elle la répartition des espèces?

Il existe 3 types principaux de Plantes désertiques :

1 - Les plantes annuelles,

ne vivent qu'une saison => doit produire assez de graines fécondes pour perpétuer l'espèce.

graines dormantes : ne germent que lorsque le taux d'humidité est assez élevé pour favoriser une croissance rapide (de la fin de l'hiver à la fin du printemps).

ex. : Lis du désert Coqueret Onagre Asclépiade Lupin

2 - Les Arbustes et Arbres.

La plupart des Plantes vivaces du désert = petits arbustes ligneux qui perdent leurs feuilles au cours de la saison sèche.

par ex, Chez l'*Ocotillo*, feuillaison 2 fois par an correspondant aux 2 périodes annuelles de pluie (printemps et automne).

Ex. : Mesquite Palo verde Sauge Acacia Hibiscus Créosotier Jojoba

III. La sécheresse influence t-elle la répartition des espèces?

3 - Les Cactées (plantes grasses)

Les Cactées : survivent aux longues périodes de sécheresse en emmagasinant de l'eau dans leurs tissus spongieux

épines protègent la réserve d'eau et de nourriture de la plante et abritent le Cactus contre les rayons directs du soleil. Elles réduisent aussi les courants d'air superficiels qui causent l'évaporation de l'eau.

Ex. : Peyote Oponce
Mamillaire Yucca



La distribution des écosystèmes est gouvernée par les patrons globaux de circulations océaniques et atmosphériques

