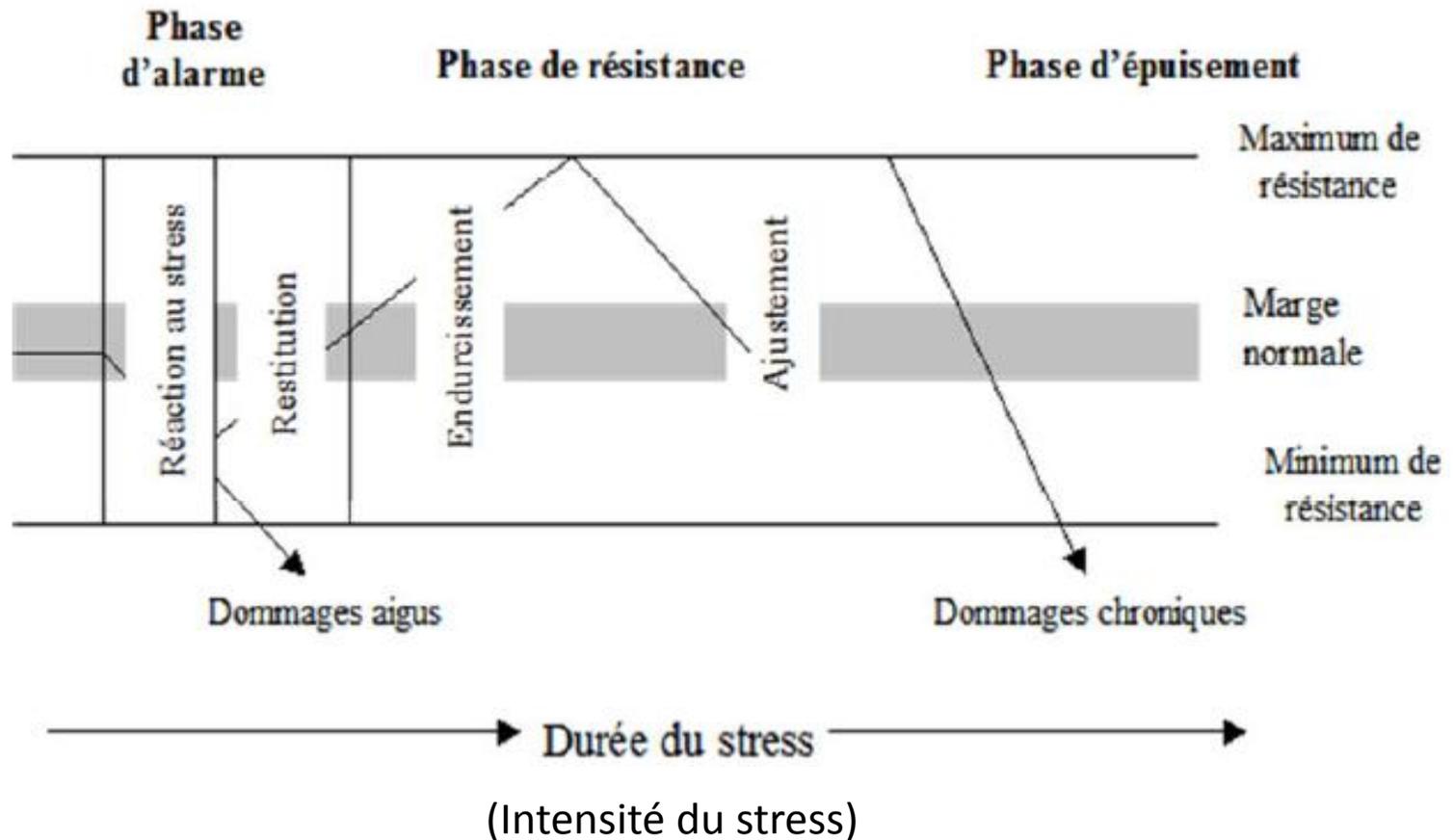


Chapitre II. Adaptations sur contraintes hydriques (le stress hydrique)

1. Définition du stress

Le mot **stress** désigne un facteur environnemental susceptible de déclencher, chez les plantes, des modifications chimiques ou physiques qui cause des dommages (Levitt, 1972).

2. Les différentes phases possibles traversées par une plante en fonction de l'intensification du stress



- **Phase d'alarme:** C'est une réaction fondamentale au stress, le catabolisme l'emporte sur l'anabolisme.
- **Phase de restitution :** La restauration de l'état initial et la synthèse de molécules de protection.
- **Phase de résistance :** L'exposition graduelle au stress induit des modifications physiologiques, qui fait que la plante augmente sa résistance (ou endurcissement), ce dernier est une acclimatation au stress qui correspond à une étape de résistance maximale.

- **Ajustement osmotique** : Dans le cas où l'intensité du stress reste stable, un haut degré de résistance est développé par la plante, retour à l'état d'activité normal par l'ajustement osmotique.

- **Phase d'épuisement** : Dans le cas où l'état de stress dure très longtemps, l'apparition de dommages est irréversible (due au stress ou encore aux prédateurs).

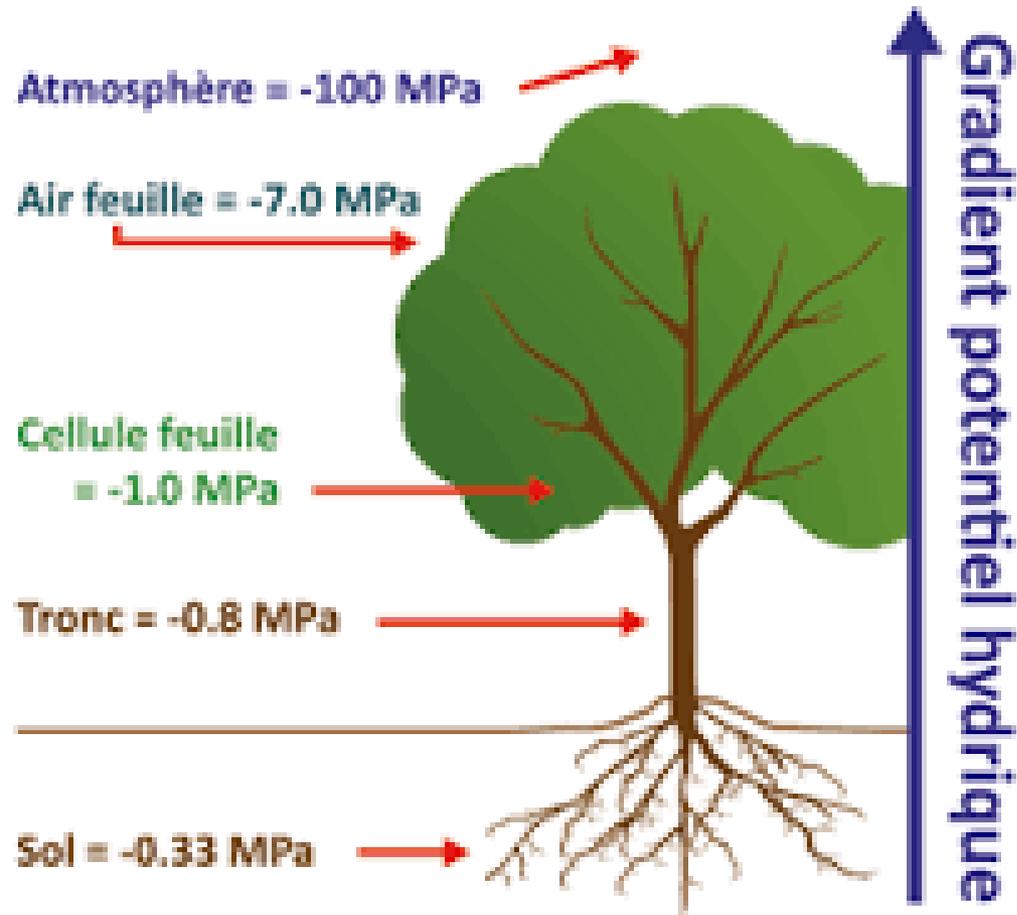
I. Le stress hydrique

La résistance au stress hydrique est un enjeu très important lorsque les plantes ont

colonisé le milieu terrestre : **adaptations morphologiques et métaboliques**

Près d'1/3 des surfaces émergées de la terre se trouvent en condition de stress hydrique : **zones arides et semi-arides**

SPAC (Continuum Sol-Plante-Atmosphère)



La plante et son environnement hydrique. L'eau absorbée dans le sol par les racines est conduite dans toutes les parties de la plante. Une partie est éliminée dans l'atmosphère par la transpiration.

Distribution de l'eau dans la plante

Organe végétale	Contenu en eau (%)
Fruits de tomate	94
Feuilles de blé	12
Bois	60
Graines de blé	12
Graines orge	20
Cacahuètes	5

L'eau est nécessaire dans :

- La photosynthèse (l'eau est un donneur d'électrons)
- La croissance
- Les transports de solutés
- Le port érigé (turgescence)
- Les mouvements
- Le refroidissement par évapotranspiration

- Le déficit hydrique

Le déficit hydrique : La quantité d'eau transpirée est supérieure à la quantité d'eau absorbée.

Les réactions des plantes vis-à-vis de la sécheresse dépendent de : la **vitesse** d'évaporation de l'eau, la **durée** du déficit hydrique, l'espèce (ou génotype).

Au niveau cellulaire, les réactions varient en fonction de : l'organe considéré, type de cellule, le stade de développement de la plante.

- Le potentiel hydrique

- **Le potentiel hydrique** est un paramètre utilisé pour apprécier l'état d'hydratation des cellules, organes ou la plante entière.

ψ_s : potentiel du aux solutés

lié au nombre de particules solubles dissoutes dans l'eau

[solutés] \uparrow : ψ_s diminue, donc ψ_w diminue

ψ_p : potentiel de pression

Forces physiques exercées par l'eau sur l'environnement

Tension : $\psi_p < 0$

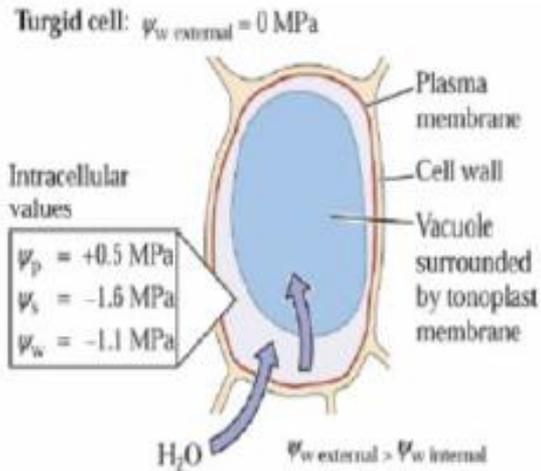
Turgescence $\psi_p > 0$

Le transport de l'eau s'effectue si :

$\psi_w \text{ racines} < \psi_w \text{ milieu extérieur}$

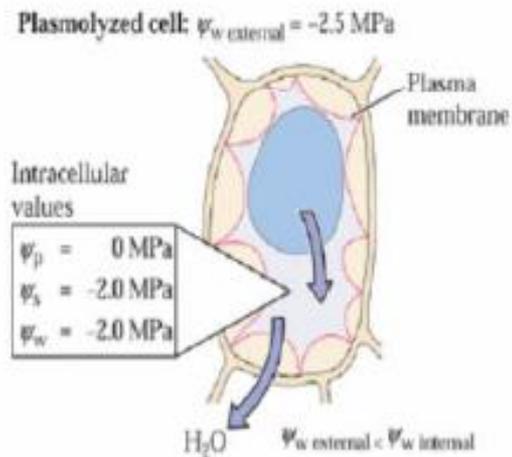
$\Psi_w \rightarrow$ Prédire les mouvements d'eau à l'intérieur et l'extérieur de la cell :

L'eau se déplace spontanément du Ψ_w élevé au Ψ_w faible



Cell dans de l'eau pure

Absorption d'eau



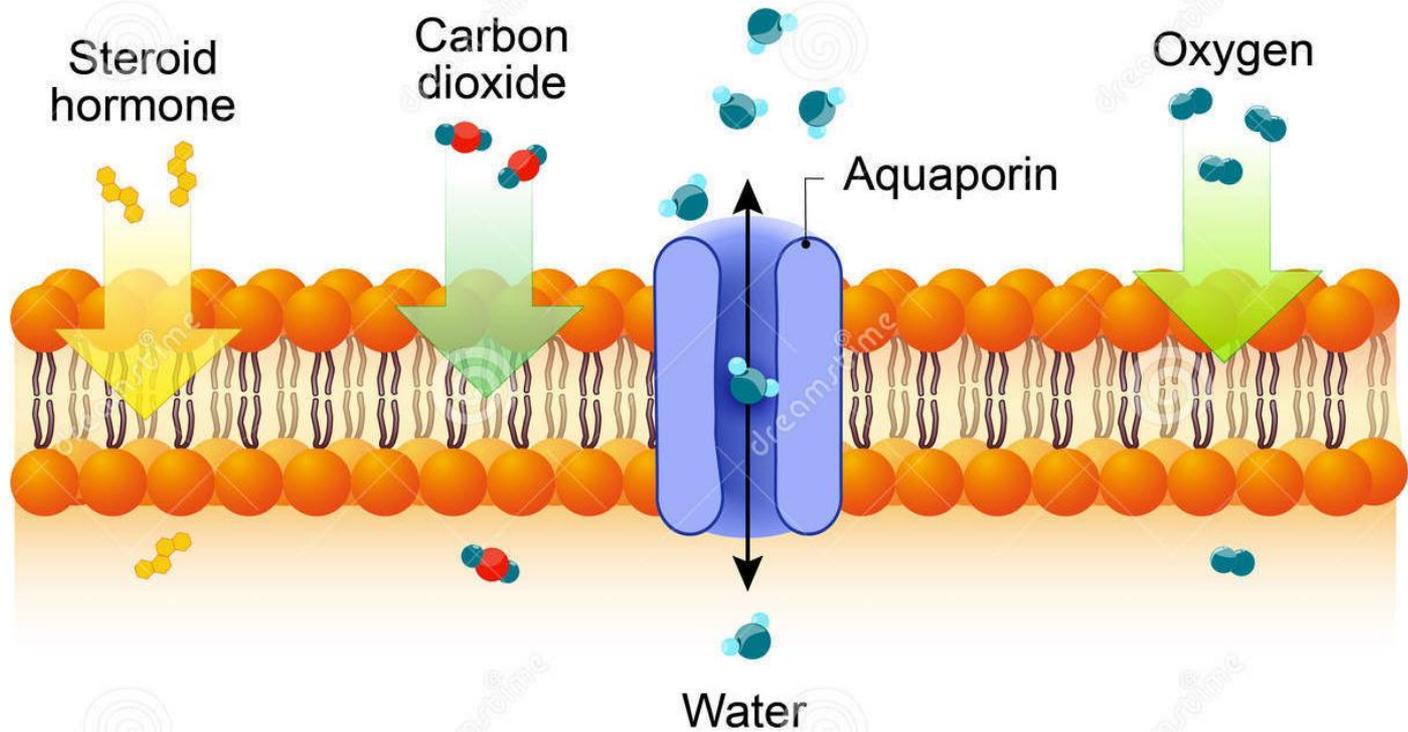
Cell dans une solution saline

Perte d'eau et de la turgescence

Les aquaporines permettent en continu un ajustement des propriétés hydrauliques des cellules vis-à-vis des contraintes liés à l'environnement.

Les aquaporines sont des protéines membranaires appelées MIPs. Elle forment des canaux qui facilitent le flux, la diffusion et les échanges de l'eau selon un gradient d'osmolarité existant dans les membranes biologiques. Ces canaux d'eau facilitent le flux de l'eau dans les tissus stressés et permettent la turgescence après réhydratation. Ceci suppose que la fermeture des canaux empêche toute perte d'eau lors d'un stress.

AQUAPORIN



- Réponses au stress hydrique : Plantes adaptées au stress hydrique comme les xérophytes

⇒ Adaptations anatomiques et morphologiques

✓ Système racinaire de surface

✓ Système racinaire profond

✓ Accumulation d'eau

✓ Réduction surface foliaire



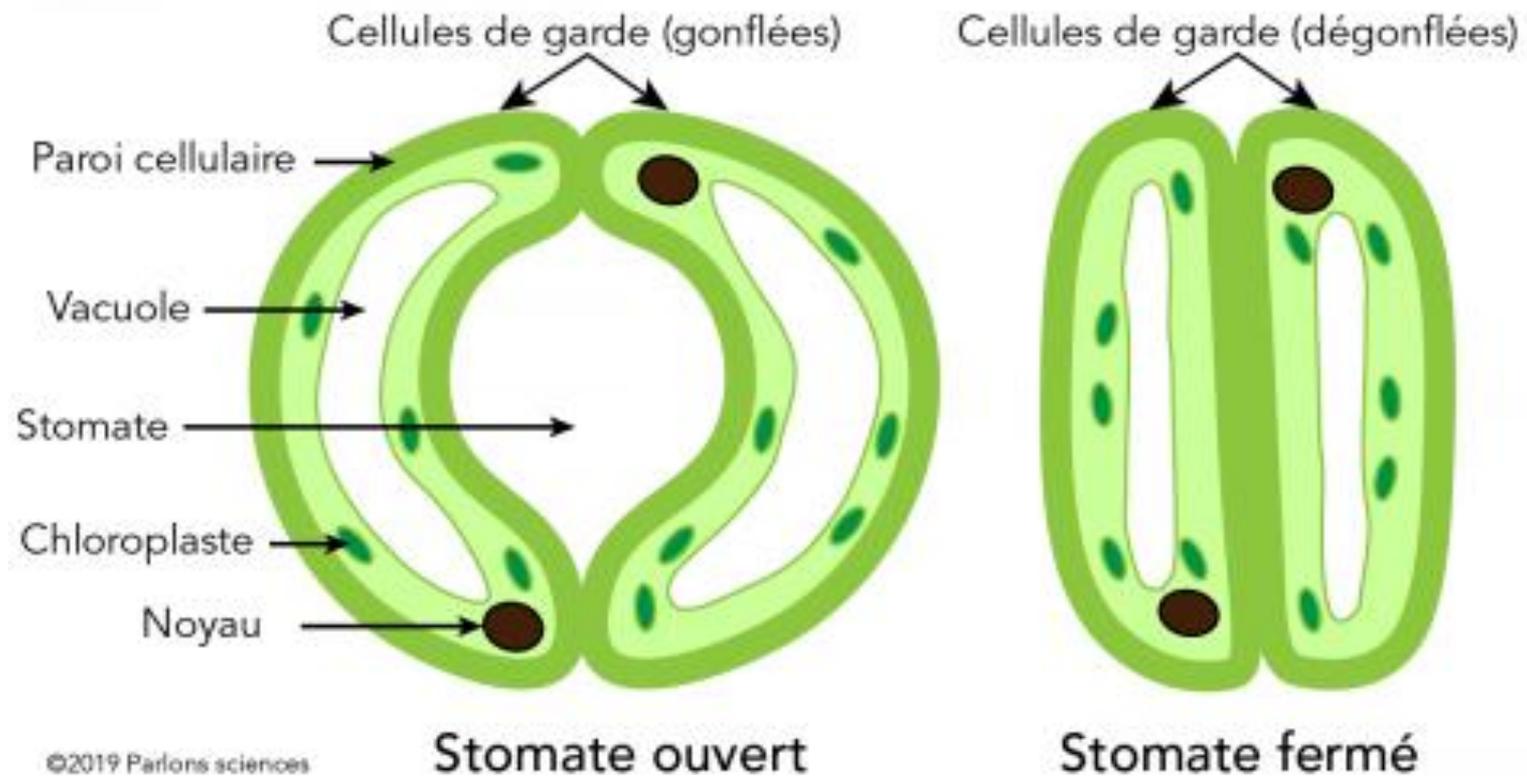
⇒ Adaptations métaboliques

- Photosynthèse (CAM)
- Biosynthèse de composés protecteurs (osmotiques, structuraux)
- Mise en place de systèmes de détoxification (des espèces réactives d'oxygène).
- Systèmes de réparation

- **Effet du stress sur les caractères biologiques**
 - Cycle écourté : floraison plus précoce
 - Chute importante de rendement en graines

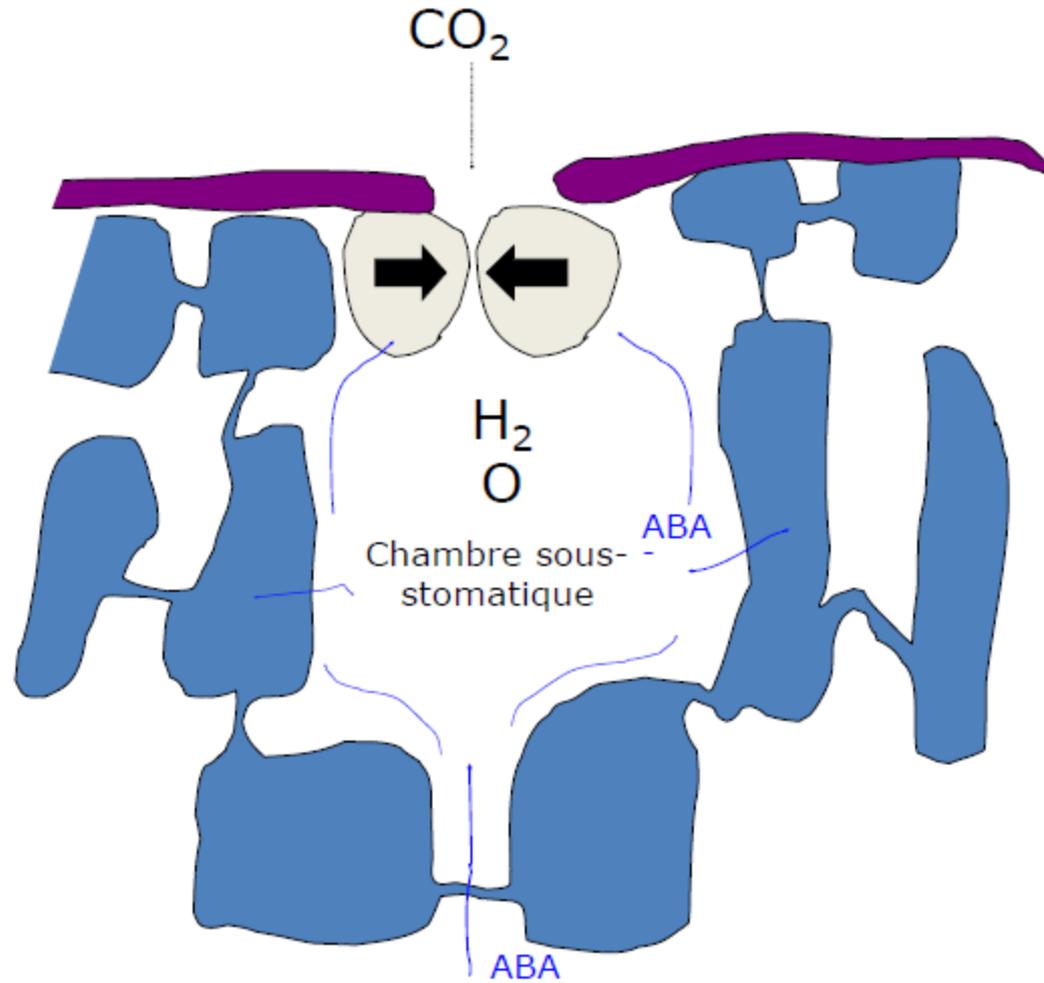
- Effet du stress sur la balance hormonale

- **L'acide abscissique (ABA)** a une action inhibitrice sur la croissance et le développement des plantes. Il a un rôle dans la fermeture des stomates lors d'un déficit hydrique. Le stress hydrique induit l'accumulation de l'ABA (l'ABA est produit dans les racines) dans les feuilles ce qui provoque leur abscission.
- En réponse au stress hydrique, l'**ABA** et l'**éthylène** amènent la transcription de divers molécules d'adaptation dont les protéines de choc thermiques (HSP), les osmorégulateurs (proline, betaine, glycine et polyols).
- Le stress hydrique induit une diminution des **cytokinines** (hormones qui induisent l'ouverture des stomates).



Effet du stress hydrique sur les stomates :

Fermeture des stomates



Effet du stress hydrique sur la croissance

Le stress affecte la surface foliaire, le nombre de cellules final, le taux de division cellulaire :

- **Au niveau de la division cellulaire** : Le stress accélère la dégradation du mRNA, interrompt la synthèse des protéines et provoque la réduction des divisions cellulaires et l'initiation de nouvelles feuilles. Ces phénomènes sont réversibles mais ce n'est pas le cas pour un déficit hydrique important et prolongé.
- **Le stress affecte l'élongation cellulaire** à des déficits hydriques très faibles. Il faut des pressions de turgescence minimales pour des cellules pour écarter les fibrilles de celluloses des parois et provoquer leur déformation. En dessous de ce seuil, la croissance est stoppée et il n'y a pas de récupération cellulaires, donc les cellules et les organes obtenus sont plus petits.

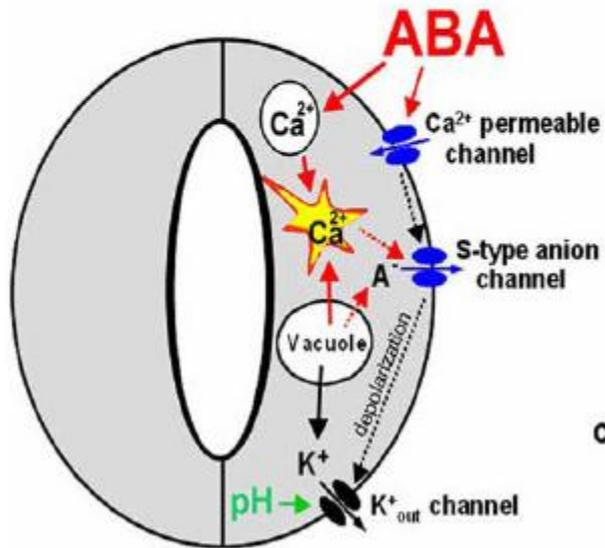
Action sur la fermeture des stomates

- Le premier effet du stress hydrique est la fermeture des stomates, cela induit à la réduction dans l'échange des gaz comme le CO_2 . Cette fermeture des stomates des feuilles vient après l'accumulation de l'acide abscissique (ABA).
- Le dessèchement du sol déclenche un signal impliquant la synthèse et l'accumulation de l'ABA dans les racines.
- L'ABA d'origine foliaire augmente la concentration de Ca^{2+} libre cytosolique (par l'entrée du Ca^{2+} à travers la membrane plasmique via les canaux à Ca^{2+}), ceci réduit encore plus l'entrée de K^+ , ainsi la turgescence des cellules stomatiques diminue entraînant la fermeture des stomates.

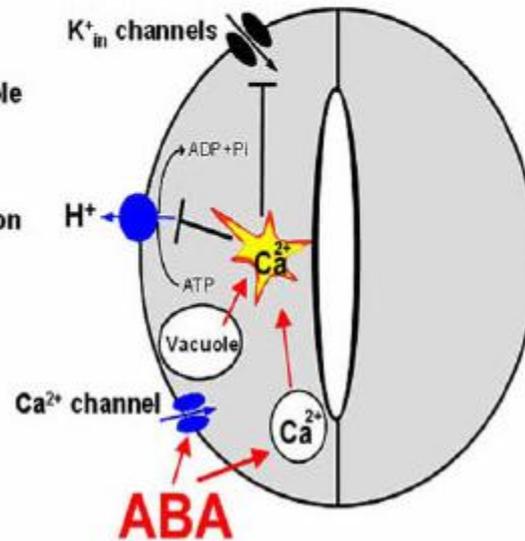
L'acide abscissique (ABA) est responsable de la fermeture des stomates. L'ABA active les canaux Ca^{2+} donc du Ca^{2+} entre dans la cellule et la dépolarise. Il y a alors ouverture des canaux anioniques et notamment les canaux K^+ sortants. L'augmentation de la concentration intracellulaire en Ca^{2+} inhibe les ATPase H^+ et les canaux K^+ entrants.

Il y a une sortie d'ion ce qui fait que le potentiel hydrique augmente et provoque une sortie d'eau. C'est alors la plasmolyse et la fermeture des stomates.

L'ABA déclenche la
fermeture des
stomates



L'ABA inhibe
l'ouverture des stomates



Effet du stress hydrique sur la photosynthèse

Le stress induit une diminution de la photosynthèse, et de la croissance due à l'altération du métabolisme carboné. Le seul effet qui limite la photosynthèse est la réduction dans la diffusion du CO₂ causée par la fermeture des stomates et la diminution de la concentration en CO₂ intercellulaire. Dans ce cas l'accumulation d'amidon et de saccharose peut avoir lieu pour maintenir un équilibre positif entre la synthèse et la consommation en dépit de la réduction de la photosynthèse.