

A close-up photograph of three birch tree trunks. The bark is white with characteristic horizontal lenticels. There are several dark, irregular holes and scars on the bark, indicating damage from insects or other organisms. The background is a soft-focus green, suggesting a forest setting.

**COURS: REPONSES MOLECULAIRES DES PLANTES AUX  
STRESS ABIOTIQUES (M01 BIOTECHNOLOGIE VEGETALE)**

**TP SIMULATION**

**LES REPONSES MORPHOPHYSIOLOGIQUES  
DES PLANTES AUX STRESS ABIOTIQUES**

A close-up photograph of three birch tree trunks, similar to the top image. The bark is white with horizontal lenticels. There are several dark, irregular holes and scars on the bark, indicating damage from insects or other organisms. The background is a soft-focus green, suggesting a forest setting.

**COURS : DR. NOURI L.  
TP : Melle. ZEGRAR.F. Z.**



# Définition

Un stress est causé par la variation d'un paramètre  
environnemental qui entraîne la mise en place  
des mécanismes de régulation de l'homéostasie.

**Stress  
Salin**

**Stress  
Hydrique**

**Stress  
Thermique**

# Stress hydrique

Le stress hydrique a été défini comme une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau dans le milieu d'installation de telle culture, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype.

## a. Influence sur la morphologie de la plante



**Figure1** : Une diminution importante de la longueur et du nombre de racines, est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine.

- Le développement du système racinaire joue un rôle essentiel dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante, ces racines sont affectée par un déficit hydrique le volume racinaire global est fortement affecté par le déficit hydrique.



# Stress hydrique

- L'une des plus importantes conséquences de la sensibilité à l'élongation des cellules d'un stress hydrique est la réduction marquée de la surface foliaire qui diminuera la croissance de la plante surtout durant les premiers stades de développement.
- L'influence de déficit hydrique est souvent rapportée en termes de hauteur des plantes, des nombres de talles, d'indice de surface foliaire de matières sèche des parties aériennes et racinaires et rendement en grains.
- Plusieurs caractéristiques morphologiques de la plante sont affectées par la contrainte hydrique. Au niveau foliaire, le stress hydrique provoque la réduction de la surface transpirante due à une réduction de la division et de l'expansion cellulaire.

## b. Stratégies d'adaptation des plantes au stress

### Esquive

Cette stratégie consiste à éviter de subir le déficit hydrique en effectuant le cycle de développement pendant des périodes pluvieuses.

### Évitement

Cette stratégie consiste à empêcher que la plante soumise à des conditions hydriques défavorables ne subisse un stress hydrique trop important. Ces adaptations réduisent le risque de perte de rendement, mais ont le plus souvent un coût en termes de rendement maximum. Les mécanismes d'évitement sont de type morphologique et physiologique.

### Tolérance

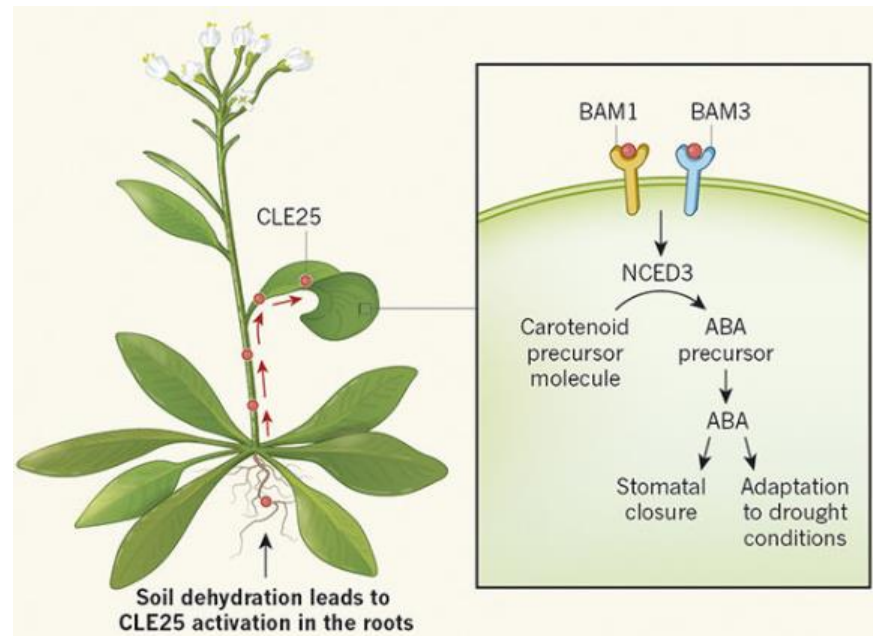
La tolérance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître, et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles.

# Stress hydrique

## c. Mécanismes d'adaptation morphologiques

### 1. Réduction de la conduction stomatique

- La réduction de la perte en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress hydrique. Si la fermeture des stomates permet à la plante de réduire la sortie d'eau, elle limite aussi l'entrée de CO<sub>2</sub>. Cette diminution de la transpiration peut engendrer une réduction de la photosynthèse. La régulation de la conductance stomatique reste le mécanisme majeur intervenant à court terme pour limiter les pertes d'eau: le potentiel hydrique foliaire sera maintenu d'autant plus longtemps que la fermeture des stomates est précoce.



**Figure2:** l'action de CLE25 dans la lutte contre le stress hydrique .

# Stress hydrique

## 2. Réduction de la croissance foliaire

Une réduction de la croissance foliaire est bénéfique aux plantes soumises à un stress hydrique, la surface des feuilles est diminuée et la transpiration réduite par l'enroulement des feuilles. Habituellement, l'effet exercé par un potentiel hydrique faible est attribué à une perte de turgescence des cellules des zones en croissance. Du fait que le grandissement cellulaire intervenait suite à une entrée d'eau qui, après la relaxation du stress de la paroi cellulaire, provoquait la pleine turgescence des cellules, donc un apport réduit de l'eau se traduit par la réduction de la croissance. Chez le blé, l'enroulement des feuilles chez certaines variétés peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation, il entraîne une diminution de 40 à 60 % de la transpiration



*Figure 3: Stachys byzantina K.*



**Figure 4 : Deuterocohnia brevifolia  
(Griseb.) M.A.Spencer & L.B.Sm.**

# Stress hydrique

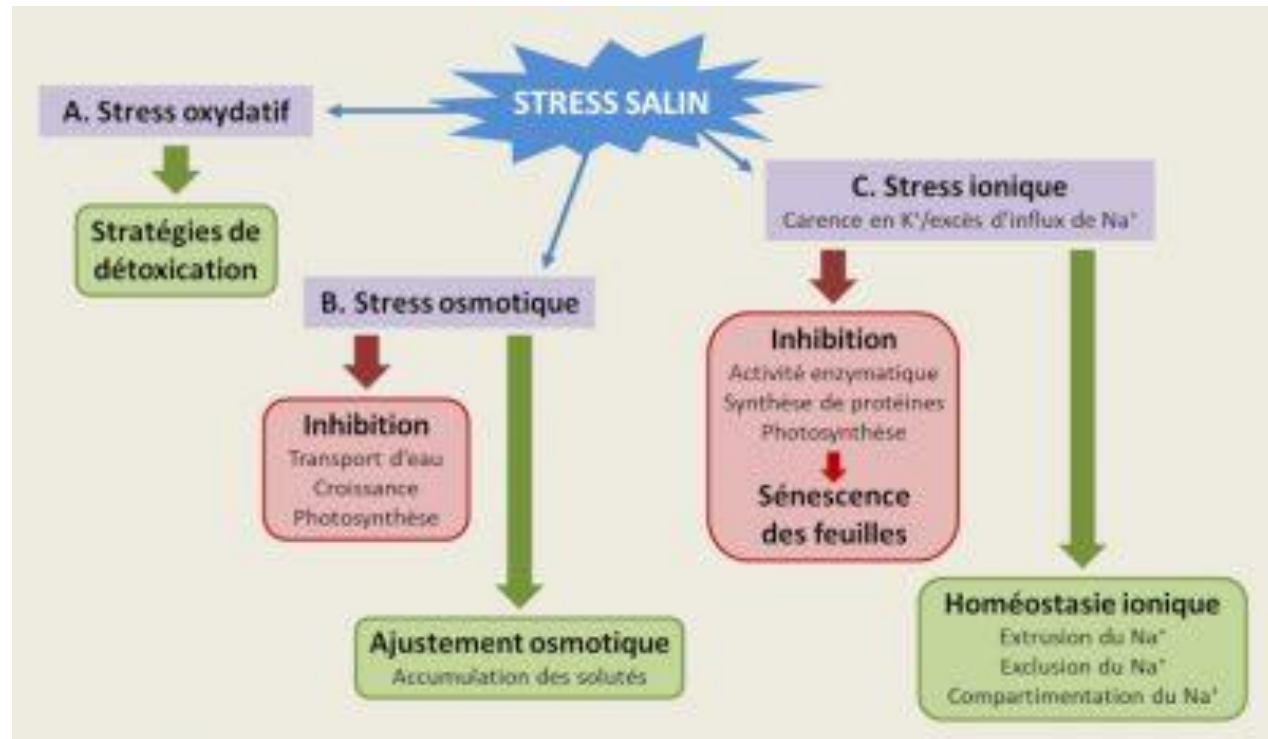
## 3. Développement racinaire accru

L'efficacité de l'extraction de l'eau du sol par les racines figure parmi les types d'adaptation permettant à la plante d'éviter ou, plus exactement, de retarder la déshydratation de ses tissus. L'augmentation de l'absorption peut être due à l'extension de l'absorption en profondeur et en surface, à la vitesse de croissance et de ramification des racines. L'absorption d'eau est maximisée par un ajustement autrement dit, un investissement élevé au niveau des racines.



# Stress salin

Stress salin intervient quand la concentration des sels dans le milieu est très élevée .





# Stress salin

## 1. Stress osmotique

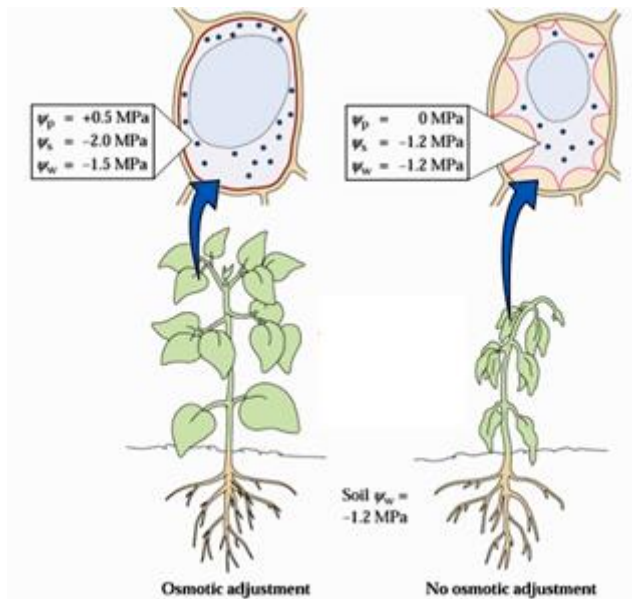
Plus la solution du sol est salée, plus la pression osmotique est élevée et plus il est difficile pour les racines d'extraire l'eau de la réserve du sol. Il en résulte un ralentissement de la croissance.

La concentration en sels dépend de la teneur en eau du sol et augmente avec le dessèchement. C'est pourquoi l'excès de sels qui affecte les plantes est atteint beaucoup plus rapidement dans un sol sableux que dans un sol argileux qui piège les ions  $\text{Na}^+$  via les charges négatives de l'argile.

Les plantes absorbant l'eau par osmose, cette absorption est conditionnée par la différence de potentiel hydrique entre la racine et le sol.

### Ajustement osmotique

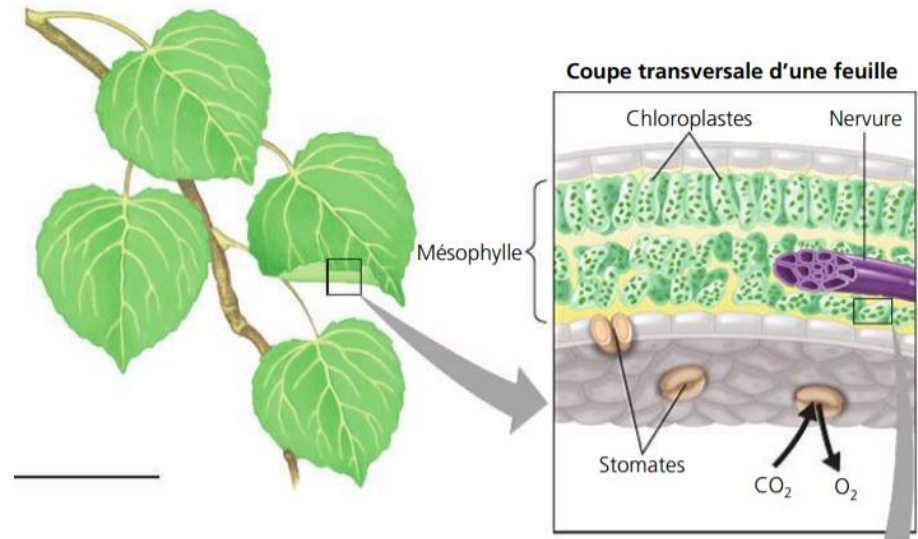
L'**ajustement osmotique** joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance des plantes à la contrainte saline. Les végétaux sont capables de supporter le déficit hydrique engendré par le stress salin, en ajustant plus ou moins rapidement leur potentiel osmotique avec celui du milieu extérieur, de manière à maintenir un gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu salin. En effet, la tolérance à la salinité, dans le cas d'un abaissement du potentiel hydrique, s'exprime par un maintien de la turgescence grâce au phénomène d'ajustement osmotique qui apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation aux stress ionique et osmotique.



# Stress salin

## 2. Stress ionique

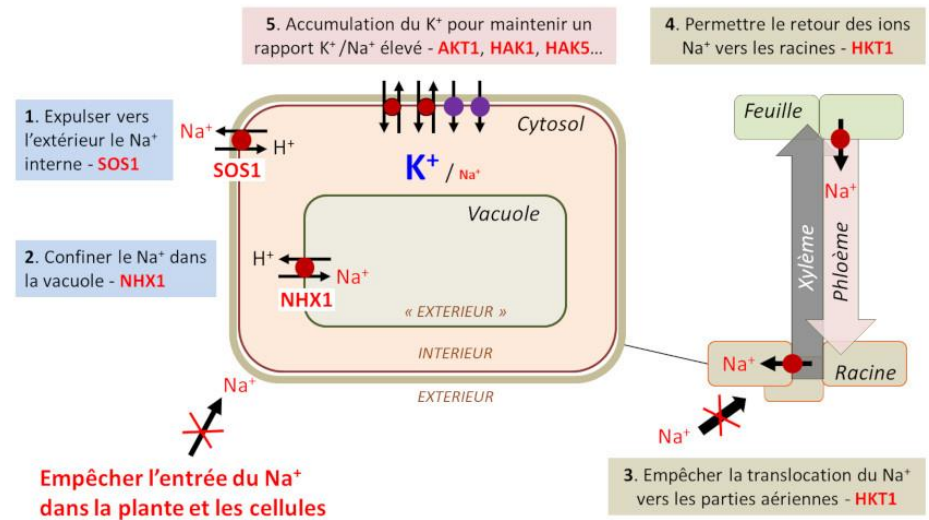
L'accumulation des ions toxiques  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  au niveau du mésophylle des feuilles, affecte la croissance et le métabolisme de la plante, et aussi le sel endommage les structures lipidiques et protéiques des membranes plasmiques. La présence de ces ions perturbe l'activité enzymatique cellulaire. Principalement dans les tissus photosynthétiques. La toxicité ionique peut être le résultat du remplacement de  $\text{K}^+$  par  $\text{Na}^+$  au niveau des sites actifs de protéines induisant aussi un changement de la structure protéique et enzymatique.



# Stress salin

## Homéostasie ionique

Les osmorégulateurs permettent une protection des membranes et des systèmes enzymatiques surtout dans les organes jeunes, et la proline semble jouer un rôle dans le maintien des pressions cytosol-vacuole et la régulation du pH selon. Si les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  sont accumulés dans les vacuoles de la cellule, les ions  $\text{K}^+$  et les solutés organiques devraient s'accumuler dans le cytoplasme et les organites pour équilibrer la pression osmotique. Les solutés organiques qui s'accumulent le plus souvent sous stress salin sont la proline et la glycine bêtaïne, bien que d'autres molécules puissent s'accumuler à des moindres degrés). De même des sucres solubles comme les sucres simples (glucose, fructose...), les sucres alcool (glycérol et inositol) et les sucres complexes (tréhalose, raffinose et fructane) ont été identifiés comme des composés impliqués dans l'ajustement osmotique.



**Figure 7:** Stratégies impliquées dans l'homéostasie ionique mises en place dans les cellules racinaires par les plantes afin de leur permettre de tolérer un stress salin.



# Stress salin

## 3. Stress oxydative

Les espèces réactives d'oxygènes (ROS) sont habituellement générées par l'activité cellulaire normale avec des faibles concentrations, comme la photo respiration et la B-oxxydation des acides gras, et dans ces conditions, la plante possède des enzymes et des métabolites antioxydants suffisants pour faire face à cette faible concentration. Une conséquence des stress environnementaux, comprenant le stress salin, est l'apparition du stress oxydatif.

C'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives d'oxygène (ROS) à des concentrations élevées. Qui endommagent les structures cellulaires. Ces derniers sont à l'origine du dysfonctionnement de l'appareil photosynthétique et les autres troubles métaboliques. La plupart d'entre eux sont des peroxydes d'hydrogène, des radicaux hydroxyles et des anions superoxyde.

## Synthèse des antioxydants

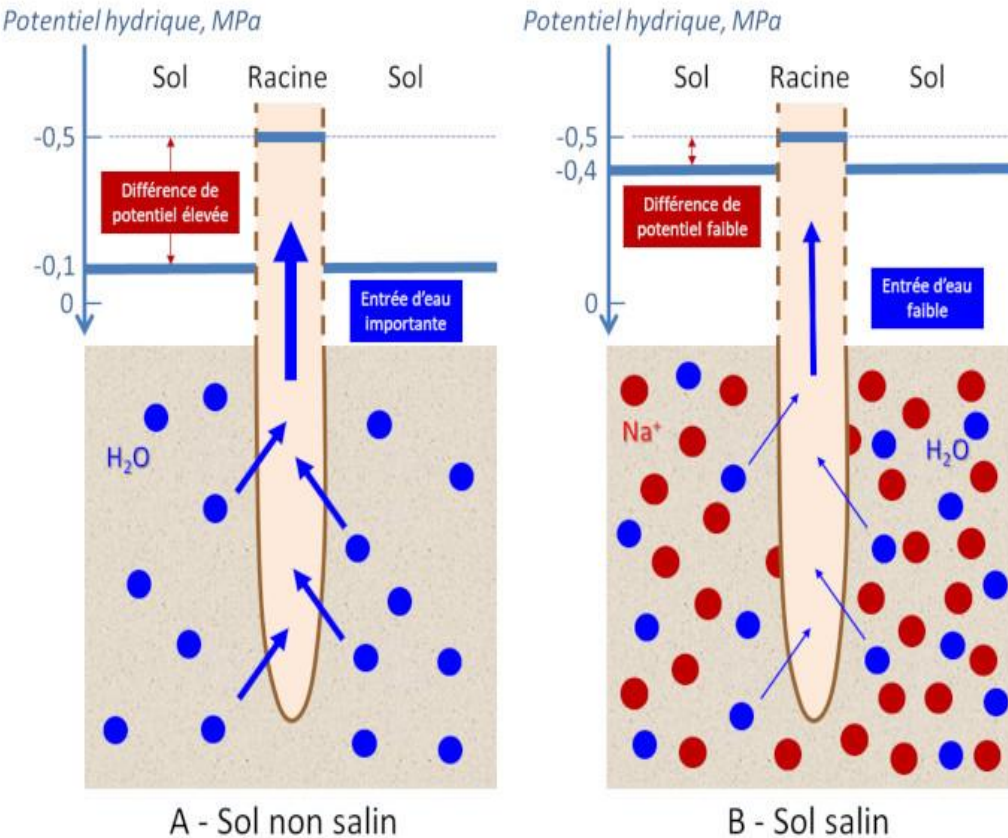
La tolérance des plantes à la contrainte saline est fortement corrélé à leur capacité de synthèse des antioxydants (les super oxyde-dismutases (SOD), les ascorbate peroxydases (APX), les catalases (CAT), des glutathion-S-transférases (GST) et les glutathion peroxydases (GPX)) nécessaire pour faire face au ROS et de maintient leur concentration à faible niveau dans les cellules lors du stress. Les plantes sont capables de développer des systèmes de défense antioxydants enzymatique et non enzymatique contre les radicaux libres en limitant leur génération.



# Stress salin

## d. Adaptation morphologique

### 1. Réduction de la surface foliaire



Une diminution du taux de croissance des feuilles, après une augmentation de la salinité est due principalement à l'effet osmotique du sel autour des racines (stress osmotique). Ces effets provoquent la perte d'eau des cellules foliaires, mais cette perte de volume et de turgescence ne dure pas longtemps grâce au mécanisme d'ajustement osmotique, cependant, le taux d'allongement et d'élongation de la cellule est réduit. Cette réduction conduit finalement à l'apparition des feuilles de faible surface foliaire mais plus épais.

**Figure:** l'effet de la pression osmotique sur le potentiel hydrique entre le sol et la racine dans le sol salin.

# Stress salin



*Figure : Euphorbia paralias L.*



*Figure : Salicornia europaea L.*

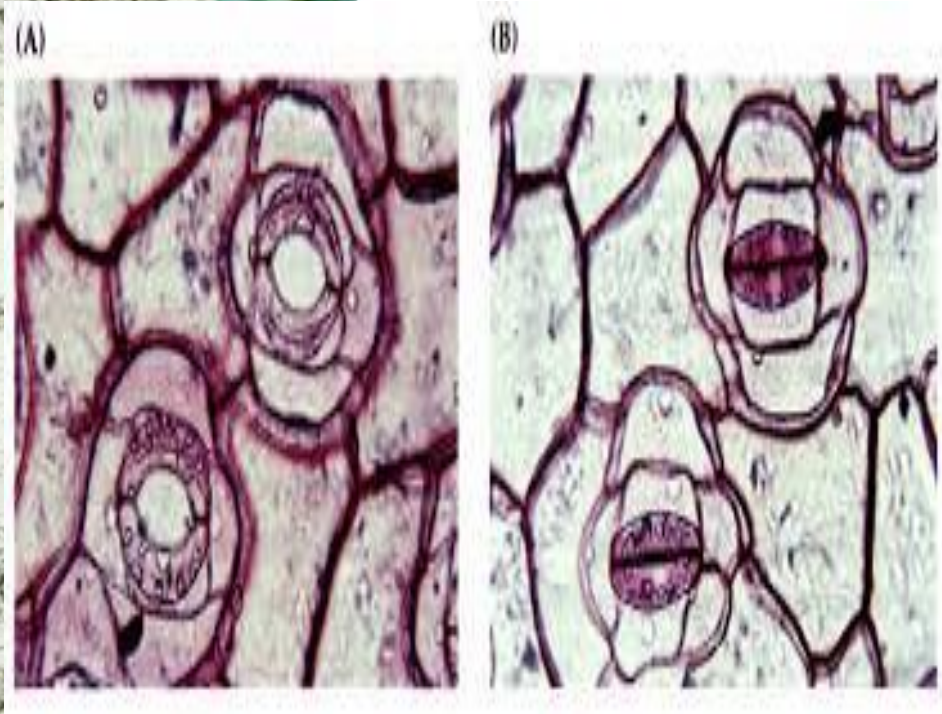


*Figure: Pancratium maritimum L.*

# Stress salin

## 2. Fermeture des stomates

La réduction de la transpiration est l'un des critères les plus importants de la tolérance à la salinité qui est corrélé avec la perception précoce du signal de stress. L'effet primaire de la salinité est lié à l'inhibition de la croissance induite par le déficit hydrique. Les signaux de stress hydrique peuvent être détectés par l'accumulation de l'acide abscissique. La perception du signal induit des mécanismes d'adaptation ou de tolérance au sel. Par exemple, certaines espèces vivent dans un environnement riche en sel peuvent survivre en limitant la transpiration par la fermeture des stomates. Dans des conditions salines, l'assimilation du carbone photosynthétique qui est le cœur de la croissance foliaire et la productivité, est strictement réglementée par l'ouverture réduite des stomates. Cette réduction au lieu d'être néfaste peut être avantageuse pour les variétés tolérantes



**Figure:** La réponse des plantes au stress salin a. stomate ouvert b. stomate fermé

# Stress thermique

C'est selon Boyer, 1982 qui a affirmé que la température est l'un de principaux facteurs qui conditionne la productivité des plantes, et que les plantes qui poussent dans régions désertiques et semi-arides sont soumises à des températures élevées en même temps qu'à des radiations élevées, à des faibles taux d'humidité du sol et effet de stress hydrique.





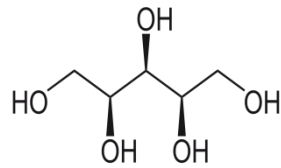
# Stress thermique

## a. Stratégie et mécanismes de tolérance au gel

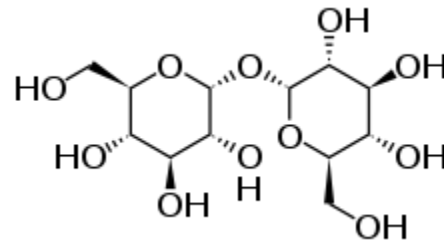
### 1. Accumulation de solutés



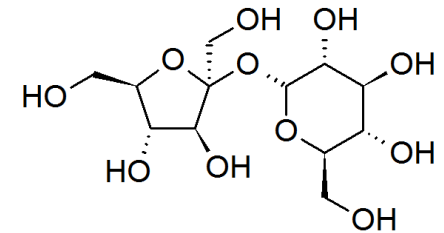
la tolérance au froid est reliée à l'accumulation de produits divers par les plantes afin de diminuer le point de congélation des liquides cellulaires. Ces substances abaissent, bien entendu, le point de congélation de l'eau dans la cellule, mais également, se lient aussi aux membranes, empêchant l'eau d'y parvenir et par conséquent d'y former des cristaux. Ex: La proline que l'on trouve en abondance dans les choux après l'hiver pourrait avoir ce rôle.



Polyol



Tréhalose



Saccharose



# Stress thermique

## 2. La synthèse de protéines spécifiques

Une augmentation de la concentration des protéines totales durant l'endurcissement au froid a été documentée chez plusieurs plantes.

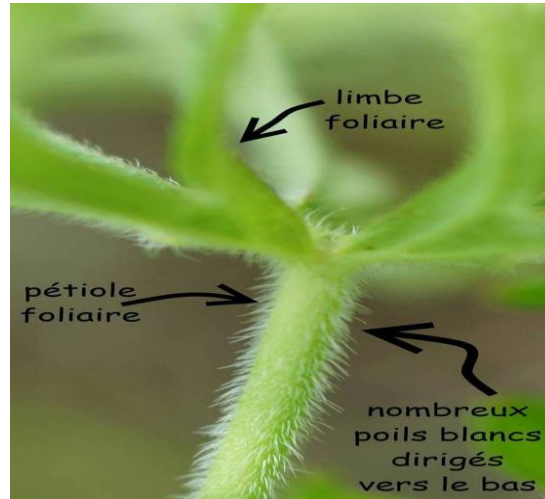
En plus de représenter une réserve azotée assurant la reprise printanière, les protéines pourraient jouer un rôle important dans la tolérance au gel des plantes pérennes.

Certaines ont des rôles enzymatiques connus requis pour les changements métaboliques observés lors de l'acclimatation au froid.

## b. Réponses des végétaux face au stress des hautes températures

1. De nombreuses plantes évitent la surchauffe en faisant adopter une position plus verticale aux feuilles, comme le cas des graminées, en provoquant l'enroulement des feuilles le long de leur grand axe. D'autres adaptations morphologiques comprennent la production de poils foliaires (pubescences) et de surfaces cireuses qui réfléchissent la lumière réduisant de ce fait l'absorption d'énergie, ou la production de feuilles plus petites et fortement découpées qui réduisent la couche d'air limite et permettent une perte maximum de chaleur.

# Stress thermique



*Geranium dissectum L.*

## 2. Les protéines du choc thermique'' Heat shock protéines''

Les protéines HSP 70 et HSP 90 joueraient un rôle dans la structure et l'assemblage des protéines au sein du cytoplasme et du réticulum endoplasmique; ces protéines peuvent, d'autre part, participer au réassemblage des structures cellulaires endommagées par le choc de température.