Les réponses de stress chez les végétaux

**Besma Dambri Mai 2021**

Laboratoire de conservation des zones humides, Université 8 mai 1945, Guelma, Algérie.

1. **Définition :**

Les scientifiques adoptèrent le terme de stress pour tout facteur environnemental potentiellement préjudiciable pour les organismes vivants. Au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d’un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l’homéostasie.

Donc un stress désigne à la fois l’action d’un agent agresseur et les réactions qu’il entraîne dans l’organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux ou encore une condition non optimale causée par un facteur qui tend à altérer l’équilibre des fonctions d’un organisme.

**Stress abiotiques/ Stress biotiques :**

**Le stress biotique** : déclenché par un facteur biotique « des champignons, des insectes, des bactéries, des adventices ». Alor que, Le stress abiotiques se déclenché par un facteur abiotique « comme la sécheresse, la salinité et les températures extrêmes positives et négatives » ; pratiquement n’importe facteur environnemental par sa valeur extrême soit positivement ou négativement peux considérait comme condition de stress qui affectent la croissance et le rendement de une plante.

1. **Objectif du Travail :**

Comprendre les mécanismes sous-jacents aux résistances et identifier des mécanismes biochimiques impliqués par les végétaux dans les tolérances aux stress abiotiques, ainsi que les autres impliqués dans les résistances aux stress biotiques.

1. **Principaux mécanismes biochimiques de tolérance aux stress abiotiques :**

Nous essaierons alors de décrire les principaux mécanismes biochimiques de tolérance connus dans le stress abiotique.

Les facteurs abiotiques reconnus comme étant les plus structurants d’un point de vue macroécologique sont, en premier lieu, la température et deuxième lieu à égalité la disponibilité de l’eau et la nature du sol (pH).

* ***Stress hydriques***

La notion de stress hydrique renvoie en réalité le plus souvent **stress de carence**

On peut distinguer plusieurs types de stress de carence hydrique :

* la carence associée à défaut d’alimentation au niveau racinaire, causée par une sécheresse ou par la composante osmotique d’une contrainte saline
* la carence liée à une forte perte d’eau au niveau foliaire, causée par la chaleur, le vent une faible humidité relative, un défaut de régulation de la fermeture des stomates causé par une infection par un pathogène…

Les désordres cellulaires (« strain ») liés directement à la perte d’eau sont :

* la déstabilisation de complexes macromoléculaires, en particulier au niveau des structures membranaires
* la perte de turgescence et ses conséquences négatives sur la capacité d’extension cellulaire

On peut distinguer des mécanismes d’acclimatation survenant sur :

* Quelques minutes : Fermeture des stomates
* Quelques heures : Accumulation de solutés compatibles
* Quelques jours :
  + modification de l’architecture foliaire et racinaire
  + Modulation de la plasticité pariétale
  + Mobilisation des ressources : feuilles 🡪 racines ou fructifications. Le stade phénologique de remplissage des graines est généralement un stade très sensible à la contrainte hydrique, puisque la croissance racinaire est souvent défavorisée au détriment de la maturation des graines. Ceci a pour conséquence d’empêcher l’accès racinaire à des zones du sol plus humides.

La fermeture des stomates va entrainer des contraintes secondaires

* Augmentation de T° foliaire
* Carences minérales liées à un défaut d’absorption et de translocation
* Baisse de la disponibilité en CO2 
  + Impact sur le cycle de Calvin
  + Accumulation d’intermédiaires réduits dans les CTE 🡪 Photoinhibition 🡪 stress oxydatif au niveau des photosystèmes

La perte d’eau cellulaire (diminution du contenu relatif en eau dans les tissus) si elle se produit va également entraîner des contraintes secondaires

* Accumulation incontrôlée d’espèces actives de l’oxygène 🡪 dégradation de macromolécules (protéines, membranes, ADN..) par oxydation

On peut citer certaines adaptations permettant la tolérance à ces contraintes secondaires

* Evitement de la baisse de disponibilité en CO2🡪 Métabolisme C4 et CAM
* Enzymes thermotolérantes

On peut citer également quelques mécanismes d’acclimatation permettant la tolérance à ces contraintes secondaires

* Dissipation de l’énergie lumineuse
  + Dissipation thermique

Dissipation de chaleur par le cycle des xanthophylles (mécanismes complexes et mal compris)

* + Dissipation chimique
    - Consommation d’e- par le cycle de Mehler = « cycle water/water »
    - Consommation de NADPH par la photorespiration
* Limitation des conséquences cellulaires du stress oxydatif
  + Synthèse d’antioxydants et d’enzymes antioxydantes
  + Protéolyse / néosynthèse de protéines et lipides dégradés
* Principaux acteurs signalétiques des réponses d’acclimatation
  + Réponses dépendant de l’acide abscissique + réponses indépendantes de l’ABA
  + Calcium, canaux ioniques et transporteurs membranaires, protéines phosphatases et protéines kinases
  + Facteurs de transcription : AREB et DREB
* Régulations transcriptionnelles
  + Biosynthèse de l’ABA
  + Synthèse et transport de solutés
  + Synthèse de protéines LEA
* ***Stress thermique (chaleur)***

Parmi les mécanismes biochimiques de tolérance à la chaleur, il faut citer :

* La **transpiration**, un mécanisme simple et efficace qui met à profit l’énergie d’évaporation de l’eau pour refroidir les feuilles. La fermeture des stomates provoque des augmentations de température de plusieurs degrés.
* Le **métabolisme C4** : Avec l’élévation de la température, la solubilité du CO2 diminue plus vite que celle de l’O2. Le « gaspillage » énergétique que représente l’activité oxygénase de la Rubisco est accentué. Les mécanismes de concentration du CO2 dans les plantes en C4 (maïs, canne à sucre…) permettent d’éviter cette contrainte.
* Chez les plantes adaptées aux milieux arides chauds (souvent des C4), on peut constater que de nombreuses **activités enzymatiques sont plus thermotolérantes** que chez des espèces proches mais adaptées à des milieux tempérés
* L’induction de **protéines de choc thermique** (Heat Shock Proteins), dont certaines jouent des rôles de chaperonnage d’enzymes clés du métabolisme en évitant leur dénaturation sous l’effet de la chaleur. D’autres HSP sont impliquées dans les processus de dégradation/réparation des macromolécules endommagées.
* La modulation des **proportions en acides gras membranaires saturés/insaturés**, en particulier dans les membranes chloroplastiques, passe parmi les mécanismes majeurs d’acclimatation et d’adaptation aux températures extrêmes. Une forte proportion d’acides gras saturés dans les lipides membranaires aura tendance à apporter de la stabilité sous une contrainte chaleur.
* ***Carences et toxicités métalliques***

Le pH des sols est un facteur fort de structuration des populations végétales. Les principaux effets concernent la nutrition et la toxicité minérale, par exemple :

* **pH élevés et carences en fer**

**A pH basique, la contrainte principale réside dans la faible biodisponiblité du Fe**. Beaucoup de plantes acidophiles ont des capacités limitées de remobilisation du Fe insoluble. Au contraire les plantes tolérantes aux sols à pH basiques présentent souvent des mécanismes biochimiques permettant la remobilisation du Fe. On distingue deux stratégies :

* La stratégie I correspond à l’induction d’enzymes membranaires capables de réduire le Fe(III) en Fe(II) et à l’induction en parallèle de transporteurs membranaires de Fe(II) de forte affinité.
* La stratégie II, présente uniquement chez les graminées, consiste à secréter des peptides de faible poids moléculaire d’origine non-traductionnelle (condensation enzymatique de quelques acides aminés), les **phytosidérophores**. Ces molécules qui ont une haute affinité pour le Fe(III) vont permettre sa remobilisation dans le sol, et au niveau racinaire des transporteurs membranaires vont permettre l’absorption des complexes Fe-Sidérophores.

A l’inverse du blé et du maïs, le riz n’exsude pas de grandes quantités de phytosidérophores, et il est très sensible aux carences en Fe. L’induction par transgenèse de la sécrétion de phytosidérophores chez le riz confère une tolérance

**Mécanismes de résistance aux agents pathogènes « Stress biotique » :**

Les plantes « reconnaissent » les micro-organismes grâce à des molécules « signal » inclues dans les parois de ces derniers. Certains micro-organismes sont bénéfiques et symbiotiques (mycorhizes, rhizobium,…). D’autres sont pathogènes et responsables de maladies (oïdium, mildiou, botrytis, fusarium, pythium, rhizoctonia ….). Lorsqu’un pathogène « attaque » une plante, cette dernière va déclencher une cascade de réactions de défense au sein de la cellule. Elles répondent par :

- par le « Suicide Cellulaire ». Sur le site de l’infection afin de bloquer le pathogène, la plante sacrifie des cellules.

- par renforcement de la barrière mécanique par épaississement de la paroi de la cellule.

- par la production de métabolites à activité anti-microbienne, en particulier les phytoalexines

- par la production d’enzymes qui dégradent la paroi des pathogènes comme la glucanase et la chitinase