

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université de Jijel
Faculté des Sciences
Département Ecologie & Environnement

جامعة جيجل
12
قسم علم البيئة و المهاد

Bv. 12/08



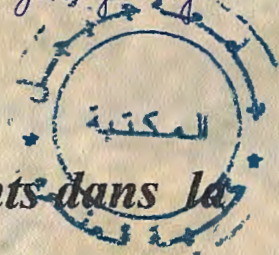
Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme d'étude supérieur (D.E.S.)

Option: *Biophysologie Végétale*

Biologie et physiologie végétale

Thème

*Le Rôle des Anti-oxydants dans la
Résistance
Aux stress Biotiques et Abiotiques
Chez les Grandes Cultures*



Jury :

Khaled khodja S. Président
Sebti M. Examineur
Lemzeri H. Encadreur

Présenté par :

Faycel Samiha
kara Nadjet

Session 2007 /2008



Numéro d'ordre :

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier
vivement, tous ceux qui, nous
apporte, une aide en vue
d'élaborer ce présent mémoire de
fin d'étude.

Nous citons :

- Notre Dieu
- Nos parents
- Nos Profs
- *lemezeri H
- *khaled khodja S
- *Sebti M

Nous espérons que le résultat
de ce travail leur sera utile,
et avantageux.

التلخيص:

على الرغم من الأهمية التي تحضي بها الزراعات الكبرى في العالم ، إلا أنها لا تزال تعاني من العديد من المشاكل ، من بين هذه المشاكل الإجهادات الحيوية والتي تضم الفيروسات البكتيريا الفطريات ... الخ وكذا الإجهادات اللحيوية مثل الحرارة المرتفعة و الملوحة ، الجفاف الخ كل هذه الإجهادات تسبب أضرار كبيرة تؤثر على المردود والنوعية بالنسبة لهذه النباتات .

في دراستنا النظرية هذه حاولنا إبراز إحدى أهم وسائل الدفاع التي تستعملها النباتات وهي مضادات الأكسدة التي تلعب دور كبير في التخلص من الجذور الحرة للأوكسجين الناتجة عن مختلف الإجهادات
الكلمات المفتاحية : إجهاد ، إجهاد حيوي ، إجهاد لا حيوي ، مضادات أكسدة ، إنزيمات .

Résumé

Comprendre les mécanismes physiologiques par lesquels les végétaux peuvent tolérer les stress biotiques et abiotiques est aussi bien important du point de vue biochimique qu'économique. Nous avons choisi d'étudier le mécanisme de tolérance au stress chez les grandes cultures (blé, maïs et tournesol). Par une analyse théorique, nous avons étudié le rôle des différentes molécules antioxydantes exprimées lors du stress comme les peroxydases, le glutathion et la catalase. Le stress provoque un stress oxydatif et les antioxydants maintiennent l'homéostasie redox. Le maintien de l'homéostasie redox et ionique est essentiel dans la tolérance aux stress biotiques et abiotiques. La tolérance aux stress des plantes pourrait être améliorée par ingénierie génétique et les antioxydants devraient jouer un rôle central pour améliorer la défense des plantes.

Les mots clés : stress, stress biotique, stress abiotique, antioxydants, peroxydase, catalase glutathion

Abstract :

To understand the physiological mechanisms by which plants can tolerate biotic and abiotic stress is also very important from the standpoint biochemical and economically. We chose to study the mechanism of stress tolerance among major crops (wheat, corn and sunflower). In a theoretical analysis, we studied the role of different molecules antioxidants expressed during stress as peroxydases, glutathione and catalase. Stress causes oxidative stress and antioxidants maintain homeostasis redox. Maintaining redox homeostasis and ionic is essential in tolerance to biotic and abiotic stresses. The stress tolerance to plants could be improved by genetic engineering and antioxidants should play a central role to improve the defense plants.

Keywords: stress, biotic stress, abiotic stress, antioxidant, catalase, peroxidase, glutathione

LA LISTE DES FIGURES

LA FIGURE 1 . Champ du blé.....	02
LA FIGURE 2. Champ du maïs	03
LA FIGURE 3 .Champ du tournesol.....	04
LA FIGURE 4. La production mondiale de blé dur	07
LA FIGURE 5. La production mondiale de soja, colza, tournesol 2001.....	09
LA FIGURE 6. Les différents symptômes de carences en ions chez les végétaux...	23
LA FIGURE 7. L'élimination des peroxydes d'hydrogènes par les peroxydases.....	33
LA FIGURE 8. L'élimination des peroxydes d'hydrogènes par la catalase.....	36
LA FIGURE 9. Réduction des espèces réactives de l'oxygène par les enzymes	
Antioxydants	37
LA FIGURE 10. Le cycle Ascorbate – glutathion.....	39
LA FIGURE 11. Répartition subcellulaire du glutathion et des enzymes	
Antioxydants avec leurs inhibiteurs.....	42
LA FIGURE 12.Représentation de la production des voies de destruction	
des espèces réactives de l'oxygène dans les tissus végétaux.....	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. La production du maïs dans la trière monde en 2002.....	06
Tableau II. L'exportation de l'Algérie en huile de maïs	07
Tableau III. La production en tonnes du blé 2003/2004	08
Tableau IV. La production en tonnes du grain de tournesol en 2004/2005.....	10
Tableau V. La quantité de consommation des huiles végétales fluides alimentaires en Algérie (2003-2004)	10
Tableau VI. L'effet de l'excès et la carence de quelques ions sur les plantes	22
Tableau VII. Différents mécanismes des systèmes antioxydants.....	31
Tableau VIII. Exemples d'induction de la capacité des peroxydases dans les organes des végétaux.....	34

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	01
-------------------	----

CHAPITRE I : LES GRANDES CULTURES

I.-1 La notion des grandes cultures.....	02
I-1-1 Blé.....	02
I-1-2 Maïs.....	03
I-1-3 Tournesol	04
I-2 L'importance des grandes cultures	04
I.-2-1 L'importance alimentaire	04
I.-2-2 L'importance économique.....	05
I.-3 La production des grandes cultures	06
I.-4 Les problèmes des grandes cultures	11

CHAPITRE II : LES TYPES DE STRESS

II-1 Définition.....	12
II-2 les types des stress	12
II-2-1 Les stress biotique.....	13
II-2-1-1 Les maladies provoquées par les viroses	13
II-2-1-2 Les bactérioses.....	13
II-2-1-3 Les maladies cryptogamiques	14
II-2-1-4 Les maladies provoquées par les Angiospermes parasites.....	15
II-2-1-5 Les Animaux parasites ou prédateurs	16
II-2-2 Les stress abiotiques	17
II-2-2-1 Le Stress hydrique	17
II-2-2-2 Le Stress salin	18
II-2-2-3 Le Stress Thermique	09
II-2-2-4 Le Stress Oxydatif.....	21
II-2-2-5 Le Stress Ionique.....	21
II-2-2-6 La pollution et les différents produits toxiques	24

CHAPITRE III : LES ANTIOXYDANTS

III-1 Les espèces Réactives de l'oxygène [ERO].....	25
III-1-1 Définition.....	25
III-1-2 Les principaux radicaux libres	26
III-1-3 Les effets biologiques des radicaux libres	27
III-2 Les antioxydants	28
III-2-1 Définition	28
III-2-2 Classification des anti-oxydants	28
III-2-2-1 Les anti-oxydants enzymatiques.....	29
III-2-2-2 Les anti-oxydants non enzymatiques	30
III-3 Les mécanismes des antioxydants	32

III-3-1 Les peroxydase	32
III-3-1-1 Le peroxydase chez le blé en condition de stress.....	34
III-3-1-2 le peroxydase dans le maïs et le tournesol en condition de stress.....	35
III-3-2 le Catalase.....	35
III-3-2-1 Le catalase chez le blé en condition de stress	37
III-3-2-2 Le catalase chez le maïs le tournesol en condition de stress.....	37
III-3-3 Le glutathion	38
III-3-3-1 Le cycle ascorbate glutathion chez le blé en condition de stress.....	40
III-3-3-2 Le cycle ascorbate – glutathion à maïs et tournesol en condition de stress.....	41
CONCLUSION	43
PERSPECTIVES	43

Introduction

Introduction

Les plantes vivrières les plus importantes sont rassemblées sous le terme des grandes cultures et sont à la base de l'alimentation humaine.

Ces cultures agricoles peuvent manifester des perturbations physiologiques et morphologiques par l'exposition à des stress de l'environnement biotiques (virus, parasites, herbivores...etc) et abiotiques (salinité, sécheresse, pollution...etc).

Les dommages peuvent aller de marques visibles sur le feuillage à la mort prématurée du plant en passant par un ralentissement de croissance et une baisse de rendement. L'apparition et la gravité des dommages dépendent non seulement de l'intensité de l'agent stressant, mais aussi d'un certain nombre de facteurs dont la durée de l'exposition, l'espèce végétale affectée et son stade de croissance. Différents facteurs environnementaux influent sur la prédisposition des végétaux et la plus ou moins grande sensibilité ou résistance qu'ils affichent.

Suite à une exposition à des stress environnementaux. Des teneurs élevées en espèces d'oxygène actif ou en radicaux libres peuvent créer un stress oxydatif.

La concentration de radicaux libres dans les cellules vivantes augmente et conduit à la fuite membranaire, la sénescence, la destruction de la chlorophylle et à la diminution de la photosynthèse chez les végétaux. Les radicaux libres causent aussi des dommages aux cellules par un mécanisme de peroxydation des lipides et des protéines ainsi que la destruction des molécules d'ADN.

Face à cette situation les plantes développent des systèmes de défense, parmi lesquels les substances anti-oxydantes se trouvent les plus remarquables. Plusieurs études expérimentales ont été réalisées par les chercheurs pour mettre en évidence ce mécanisme et son implication dans la résistance contre les stress biotiques et abiotiques des grandes cultures.

Le système antioxydant des plantes supérieures est constitué d'enzymes, de composés à faibles poids moléculaires (parmi eux des peptides, des vitamines, des flavonoïdes, des acides phénoliques, des alcaloïdes, etc.), ainsi que des chaînes intégrées de détoxification. La défense enzymatique chez les plantes inclut des enzymes capables d'enlever, de neutraliser et d'éliminer les oxydants intermédiaires.

Dans cet axe, notre étude bibliographique est basée sur l'explication du rôle de ces anti-oxydants dans la résistance aux stress biotiques et abiotiques chez les plantes de grandes cultures, le blé, le maïs et le tournesol en se basant sur les trois principaux enzymes antioxydants, les peroxydases, la catalase et le glutathion.

Chapter 1

Chapitre I Les Grandes Cultures

I-1- La notion des grandes cultures

Les grandes cultures constituent le secteur le plus important dans le monde, suite au rôle fondamental qu'elles jouent dans l'alimentation humaine et animale. Il occupe des surfaces considérables dans la plus part des pays à l'OCDE (organisation de coopération et de développement économique), il occupe le tiers des superficies agricole.

Les systèmes de production sont très divers, dans certains cas les terres sont cultivé de manière extensive tandis que dans d'autre les terres sont utilisées de façon beaucoup plus intensive et la consommation d'intrants, la mécanisation et la monoculture connaissent des niveaux variable (OCDE, 2005). les plantes de grandes cultures sont : les céréales (blé, maïs, seigle, orge), plantes fourragères (luzerne, graminées), plantes à glucides (betteraves, pommes de terre), plantes oléagineuse (colza, tournesol), plantes protéagineuses (pois, haricot, lupin, ... etc.) (Tourte et al. 2005).

Parmi ces cultures du monde on a choisie 3 types qui sont les plus importants : le blé, le maïs et tournesol.

I-1-1- Blé

✚ Classification du blé

Règne : *Plantae*
Sous-règne : *Tracheobionta*
Division : *Magnoliophyta*
Classe : *Liliopsida*
Sous-classe : *Commelinidae*
Ordre : *Cyperales*
Famille : *Poaceae*
Sous-famille : *Pooideae*
Genre : *Triticum l.*

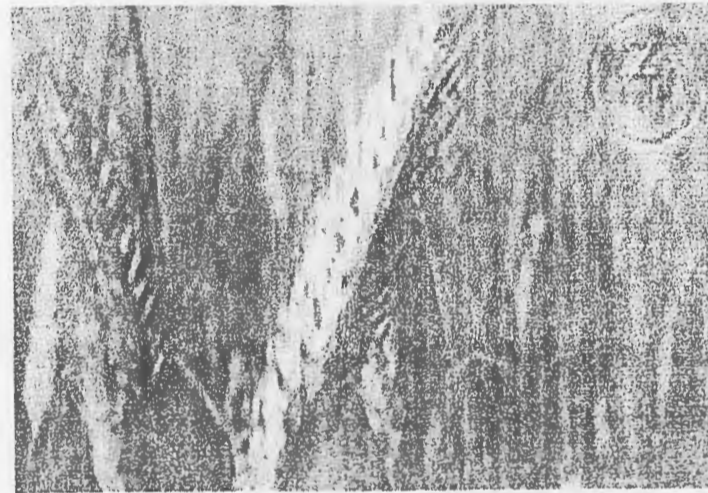


Figure 01. Champ du blé.

✚ Biologie du blé :

Les blés sont des plantes herbacées annuelles, monocotylédones, à feuille alternes, formées d'un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis. Les fleurs sont nombreuses, petites et peu visibles, elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des

chaumes.

Les tiges sont des chaumes, cylindriques, souvent creux par résorption de la moelle centrale (Wikipedia, 2008). Les grains des fruits sec et indéhiscents, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments.

Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*triticum aestivum*) et le blé dur (*triticum durum*). Mais il existe de nombreuses autres espèces de *triticum* qui se différencient par leur degré de ploïdie (Feillet, 2000).

I-1-2- Maïs

✦ Classification de maïs

Règne : *Plantae*
 Sous-règne : *Tracheobionta*
 Division : *Magnoliophyta*
 Classe : *Liliopsida*
 Sous-classe : *Commelinidae*
 Ordre : *Cyperales*
 Famille : *Poaceae*
 Sous-famille : *Pooideae*
 Genre : *Zea*
 Espèce : *Zea mays*

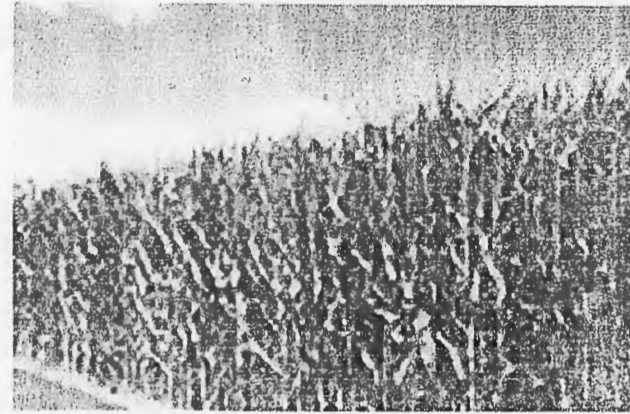


Figure 02 .Champ du maïs

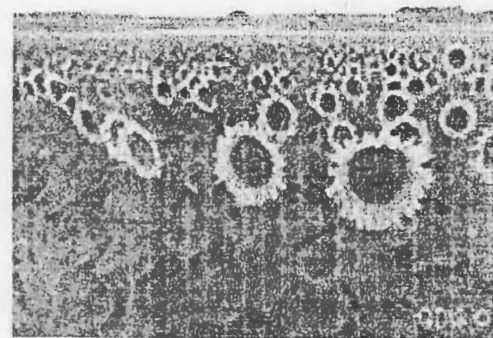
✦ Biologie du maïs

Le maïs est une plante herbacée annuelle, de taille variable (40 cm jusqu'à 10 m) généralement entre 1 à 3 mètres pour les variétés couramment cultivées. La tige unique et de gros diamètre est pleine, lignifiée et formée de plusieurs entrenœuds. Les feuilles sont alternes de grand taille ont une gaine enserrant la tige. Le système racinaire comprend un très grand nombre de racines adventives qui naissent sur les nœuds situés à la base de la tige. Les fleurs sont unisexuées et regroupées en inflorescences mâles et femelles. Le grain de maïs est en fait un caryopse (Wikipedia, 2008).

La dimension des grains, leur couleur, leur résistance sont autant de facteurs qui contribuent à la différenciation de très nombreuses variétés cultivées du maïs (Randenput, 1981).

I-1-3- Tournesol :**✦ Classification de tournesol**

Règne : *Plantae*
 Division : *Magnoliophyta*
 Classe : *Magnoliopsida*
 Ordre : *Asterales*
 Famille : *Asteraceae*
 Genre: *Helianthus*
 nom.binominal: *Helianthus annuus L.*

**Figure 03. Champ du tournesol****✦ Biologie du tournesol**

Le tournesol est cultivé comme plante annuelle, sa tige est érigée, rarement ramifiée, elle atteint une hauteur de 3 à 4m et un diamètre de 2 à 8cm, elle porte de grandes feuilles alternes, cordiformes et simple (Randenput, 1981 ; Bruneton, 1993).

Il y a deux types de fleurs les fleurs extérieures, ligulées disposées sur un seul rang, sont généralement jaunes. Les fleurs centrales en tube sont jaunes pâle ou rouge foncé. Les fruits sont des akènes surmontés par deux écailles en arête. La racine principale est pivotante et profond. Le tournesol est sujet à l'héliotropisme avant la floraison. Ce phénomène agit sur la croissance de la tige en fonction de l'éclairement (Wikipédia, 2008).

I-2- Importance des grandes cultures**I-2-1 - Importance alimentaire**

Une céréale est une plante cultivée principalement pour ses graines, utilisées dans l'alimentation de l'homme et des animaux domestiques.

Le blé, le maïs et le riz représentent la principale ressource alimentaire des hommes (elles fournissent plus 50% de l'apport énergétique) et de bétail (60% des matières premières utilisées dans la fabrication des aliments composés).

Les principales formes de consommation des céréales :

- En grains : riz, maïs, blé (souvent précuit).
- Farine : blé tendre, seigle.
- Semoule : blé dur, maïs.
- Bouillie : avoine.

- Flocons : avoine.
- Pâtes alimentaires : blé dur, seigle,.....etc.

Les plantes oléagineuses sont des sources très importantes d'alimentation. Le tournesol avec le colza et l'olivier, forment les trois sources principales d'huile-alimentaire.

(L'huile extraite des graines de tournesol constitue une bonne source de vitamine E. elle entre dans la composition des margarines, elle sert aussi à la fabrication de savon et de cierge), on consomme aussi les graines torréfiées (Wikipedia, 2008).

Pratiquement toutes les céréales sont utilisées pour l'alimentation du bétail. même le blé traditionnellement réservé à l'homme, sous diverses formes :

- Graines entières.
- Graines broyées et incorporées dans les provendes.
- Plantes entières récoltées avant maturité, sous forme d'ensilage : maïs et sorgho.

En plus de leurs graines, certaines céréales fournissent aussi du fourrage et de la paille (Wikipedia, 2008).

La plante entière récoltée avant maturité peut être utilisée comme fourrage. De plus. les résidus de trituration, appelés tourteaux, sont riches en protéines, dont un acide aminé très recherché dans l'alimentation du bétail, la méthionine, les graines entières sont appréciées pour nourrir les perroquets et autre oiseaux. (Wikipedia, 2008).

1-2-2- Importance économique

Les céréales sont utilisées dans l'industrie comme:

- Produits d'alcool éthylique et de boissons alcoolisées par fermentation et distillation aquavit, bière, gin, saké, vodka, whisky (Wikipedia, 2008).
- Dérivés de l'amidon, sirops de glucose, de fructose, de polyols, issus principalement du maïs et utilisés dans l'agro-alimentaire, la papeterie, la pharmacie, et divers autres secteurs industriels (Wikipedia, 2008).
- La paille, le plus souvent enfouie après la moisson ou utilisée comme litière. et rafles de maïs (épis égrenés), peuvent être traitées pour produire de l'éthanol utilisable

comme biocarburant (Wikipedia, 2008).

L'huile de tournesol, comme l'huile de colza, peut être utilisée directement comme biocarburant dans les moteurs diesel, ou après estérification en ester méthylique, au delà de 30% d'HVP (huile végétale pur), il convient toutefois de faire certains réglages (pression d'injection) et éventuelles modification (préchauffage) (Wikipedia, 2008).

I-3- La production :

La production mondiale des céréales a augmentée ces dernières années. Elle atteint 1575 millions de tonnes en (2006/2007), et 1662 millions de tonnes en 2007 /2008 (Anonyme2, 2008). Parmi les céréales du monde, le maïs est la céréale la plus cultivée au monde, la production de grains devant légèrement celles du riz et du blé. En 2005 la production mondiale du maïs atteint 709,4 million de tonnes, les deux premiers producteurs ETAT -UNIS et CHINE, représentent près de 60% du totale mondiale : 40% pour les premiers et 20% pour la seconde (Wikipedia, 2008).

La production du maïs dans le tier monde est plus faible que celle des pays développée.

Le tableau suivant représente quelques chiffres de production dans certain pays, en million de tonnes et % par apport à la production mondiale.

Tableau I. la production du maïs dans le tier mondes en 2002.

Pays	La production du maïs
Brésil	41.4 : 6.8 %
Chine	115.8 : 19 %
Inde	11.8 : 1.9 %
total	169 : 27.7 %
Production mondiale	609.2

Source : D'après (Djimmet-Baboum .2006).

L'Algérie exporte les dérivés du maïs sous forme d'huile du maïs.

Le tableau suivant représente des chiffres de l'exportation dans les années 2002, 2003 à 2004 (FAO, 2006).

Tableau II.L'exportation de l'Algérie en huile de maïs (2006).

Année	Huile de maïs en 1000 tonne
2002	6.7
2003	1.7
2004	4.6

Élaborée par ESSGA novembre 2006.

La production mondiale du blé dur s'est établie à 29,3 millions de tonnes en moyenne annuelle sur la période 1988-1987, elle a évolué sur une tendance de croissance de 2.3 % , passant de 26,4 millions de tonnes en moyenne sur les années 1988 -1990 à 30,3 millions de tonnes sur la période 1995-1997. On notera toute fois la très grande amplitude des variations inter-annuelles, de 22,5 millions de tonnes en 1988/1989 à 35,0 millions de tonnes en 1991/1992 et 1996/1997.

Avec une production moyenne annuelle de 7,9 millions de tonnes sur la période 1988-1997.

L'union européenne est le premier producteur mondial de blé dur. Cette production est essentiellement le fait de quatre pays membres : l'Italie (4,1 millions de tonnes en moyenne annuelle sur la période 1988-1997), la Grèce (1,5 millions de tonnes, la France (1.4 millions de tonnes) et l'Espagne (0,9 millions de tonnes).

Le schéma suivant représente la production mondiale de blé de 1988 à 1998 (Anonyme 1, 2001).

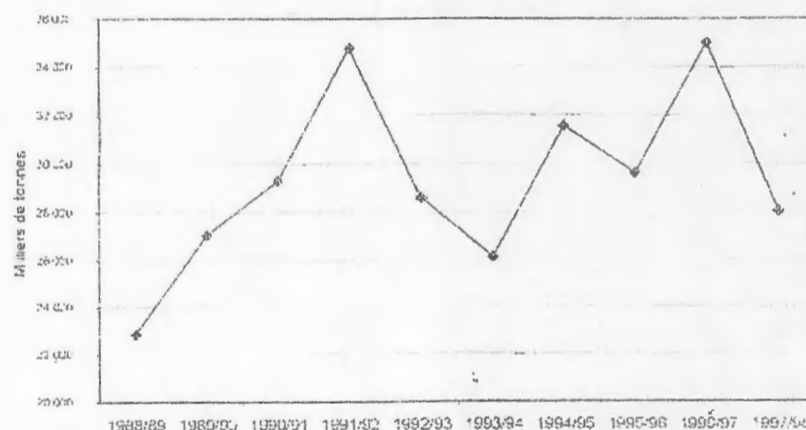


Figure 04. La production mondiale de blé dur
Source : conseil international des céréales

Tableau III. La production en tonnes de blé en 2003/2004

Pays	Production 2003	% 2003	Production 2004	% 2004
Chine	86 100 250	16 %	91 330 265	15 %
Inde	65 129 300	12 %	72 060 000	12 %
Etats-Unis	63 589 820	12 %	58 881 368	10 %
Fédération de Russie	34 062 260	6 %	86 658 539	14 %
France	30 582 000	6 %	39 641 000	6 %
Australie	24 900 000	5 %	22 500 000	4 %
Canada	23 552 000	4 %	24 462 300	4 %
Allemagne	19 296 100	4 %	25 346 000	4 %
Pakistan	19 210 200	3 %	19 767 000	3 %
Turquie	19 000 000	3 %	21 000 000	3 %
Argentine	14 530 000	3 %	14 800 000	2 %
Royaume-Uni	14 288 000	3 %	15 706 000	3 %
Iran	12 900 000	2 %	14 000 000	2 %
Kazakhstan	11 518 500	2 %	n.c.	n.c.
Pologne	7 858 160	1 %	9 450 486	2 %
Espagne	6 290 100	1 %	7 175 000	1 %
Italie	6 243 390	1 %	8 000 000	1 %
Egypte	6 150 000	1 %	7 177 855	1 %
Brésil	5 899 800	1 %	6 035 500	1 %
Ouzbékistan	5 331 000	1 %	n.c.	n.c.
Autre Pays	73 002 847	13 %	75 284 093	12 %
Total	245 742,52		29,0028	622 561 430

Source : FAO

A la période (2004-2007) la production du blé vue des valeurs repliées, en 2004/2005 la production estimée a 628 million de tonnes et en 2005/2006 est de 620 million de tonnes et en 2006/2007 estimée à 593 (Anonyme 2, 2008).

En Algérie, le blé dure occupe une place importante dans l'économie du pays, sa culture couvre 43,3% des terres consacrées aux céréales avec un rendement moyen de 921 Kg/ha selon les statistiques effectuées sur une période de 10 ans (1986-1996) (Anonyme 3. 1996) suivi du blé tendre qui occupe 19 % de la surface.

Pour les oléagineux ; la récolte mondiale des principale grains oléagineux a représenté environ 288 million de tonnes. en 1996/2000, dont 166 millions pour le soja (56%), 42millions pour le colza (14%), 34 millions pour les grains de coton (11%) et 27 millions pour celle de tournesol (9%).

Au cours de 20 dernières années, cette production a connue un développement extrêmement rapide dans le monde avec une progression de 137 millions de tonnes. En 1999 /2000 la production mondiale de grains oléagineux est l' largement dominée par cinq pays :

- Les Etats unis avec près de 82 millions de tonnes.
- La Chine avec près de 43 millions.
- Le Brésil avec près 33 millions de tonnes.
- L'Argentine avec près de 28 millions de tonnes.
- L'Inde avec près de 23 millions de tonnes.

Globalement ces cinq pays représentent plus de 70 % de la production mondiale (Anonyme 1, 2001).

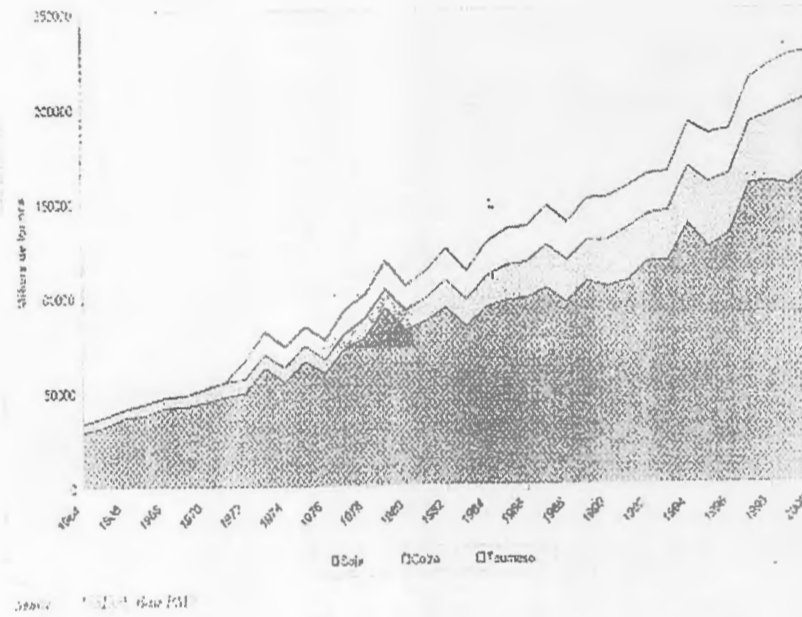


Figure 05 .Production mondiale de Soja, Colza , Tournesol
 Source : USDA, Base PSD

Tableau IV• Production en tonnes de graines de tournesol. Chiffre 2004-2005

Données de FAOSTAT Base de données de FAO, accès du 14 novembre 2006

Paye	Production 2004	% 2004	Production 2005	% 2005
Russie	4 800 710,00	18 %	6 394 510,00	21 %
Ukraine	3 050 100,00	12 %	4 705 320,00	16 %
Argentine	3 100 000,00	12 %	3 652 000,00	12 %
Chine	1 750 000,00	7 %	1 850 000,00	6 %
Etat-Unie	929 690,00	4 %	1 822 700,00	6 %
France	1 457 158,00	6 %	1 502 106,00	5 %
Inde	1 450 000,00	6 %	1 500 000,00	5 %
Roumanie	1 557 813,00	6 %	1 257 000,00	4 %
Hongrie	1 186 180,00	5 %	1 102 000,00	4 %
Turquie	900 000,00	3 %	950 000,00	3 %
Bulgarie	1 078 832,00	4 %	934 855,00	3 %
Afrique du sud	677 367,00	3 %	690 998,00	2 %
Serbie et Monténégro	437 602,00	2 %	455 000,00	2 %
Moldavie ..	335 200,00	1 %	400 000,00	1 %
Espagne	785 300,00	3 %	398 900,00	1 %
Birmanie	350 000,00	1 %	350 000,00	1 %
Italie	274 019,00	1 %	289 365,00	1 %
Kazakhstan	265 547,00	1 %	240 000,00	1 %
Slovaquie	196 350,00	1 %	205 000,00	1 %
Bolivie	168 000,00	1 %	170 000,00	1 %
Autre pays	142 8536,00	5 %	140 3365,00	5 %
Total	26178404,00	100 %	30273119,00	100 %

En Algérie la consommation alimentaire en 2001 /2003 de l'huile de tournesol atteint 6% de la part de disponibilités énergétique, le tableau suivant représente la quantité de consommation des autre huiles végétales fluides alimentaires (h.v.f.a) en Algérie (FAO, 2006).

Tableau V• Quantité de consommation des huiles végétales fluides alimentaires (h.v.f.a) en Algérie

Huiles	Année 2003	Année 2004
Huile de Soja	52000	65500
Huile de coton	--	--
Huile de tournesol	212300	202100
Huile de colza	72100	55000
Totale de H.V.F.A	336400	322600

Source :FAO

Malgré l'importance alimentaire et économique du secteur des grandes cultures dans le monde, ce dernier connaît de nombreux problèmes qui limitent la production des différentes cultures parmi lesquelles on cite les suivants :

- La saturation en eau et la salinisation des sols sont devenues des préoccupations environnementales importantes dans certaines régions, la plupart des cultures arables ne supportent pas les sels et sont gravement affectés lorsque les sels se concentrent autour des racines, l'augmentation de la salinité du sol a pour principale conséquence une perte de production, de rendement et de revenu (OCDE, 2005 ; Ben naceur et al, 2001). En Chine par exemple plus de sept millions d'hectares sont classés dans la catégorie des sols salins du fait de leur irrigation spectaculaire (Hopkins, 1995).

- Le maïs est une plante originaire des zones tropicales. Dans les régions tempérées comme la France, le recours à l'irrigation peut s'avérer nécessaire pour 25% des surfaces cultivées maîtrisées et bien pensées, l'irrigation du maïs comme celle d'autres cultures (blé, culture maraichères...), permet d'atteindre les objectifs de production fixés par la forte demande de consommateurs (Wikipédia, 2008).

- Le déficit hydrique est l'un des facteurs limitants de la production par exemple en Algérie une grande partie de terres situées dans les régions semi-arides est occupée par des céréales dont les rendements restent faibles et irréguliers (Hazmoune, 1997).

- Outre que les difficultés dues à une gestion aléatoire au changement continu du statut des terres agricoles et au non-maîtrise de technique de production, il y a aussi le problème des variétés introduites, qui ne mettent pas longtemps à disparaître du fait de leur rendement instable d'une année à une autre (Hazmoune, 1997).

- La pollution environnementale a atteint depuis plusieurs décennies, un stade de crise qui exerce actuellement un impact important sur la production agricole (Hopkins, 1995). Les problèmes cités ci-dessus se résument sous un terme bien défini qui est le stress, ce dernier se manifeste de plusieurs façons que nous allons expliquer ci-dessous.

Chapter 2

CHAPITRE II

LES TYPES DE STRESS

II-1- La définition de stress :

Un stress biologique n'est pas facile à définir mais, il implique des effets hostiles s'exerçant sur un organisme (Hopkins, 1995).

Le stress est fondamentalement un concept de mécanique, défini par les ingénieurs et les physiciens comme étant une force exercée par unité de surface d'un objet. En réponse au stress, l'objet oppose une déformation, ou un changement de dimensions (Hopkins, 1995).

La définition, qui peut être la plus pertinente d'un stress biologique, serait « une force ou une influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner » (Hopkins, 1995).

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre de l'environnement perturbant le fonctionnement habituel de la plante (Laval-Martin et Mazliak , 1995).

Les stress (du latin stringer, porter atteinte à l'équilibre) est une déviation significative des conditions optimales pour la vie. Il implique des réponses à tous les niveaux de l'organisme (Clos et Coupé, 2001; Meyer et al, 2004)).

II-2- Les types de stress

Les plantes cultivées comme celles que nous voyons se développent dans les champs cultivés sont, dans leur grande majorité, en bonne santé. Elles sont cependant constamment confrontées à des agressions d'origine abiotique comme le froid, le gel, les tempêtes, la sécheresse, les grandes chaleurs auxquelles s'ajoutent un grand nombre d'agressions d'origine biotique, agents pathogènes multiples, parasites, prédateurs, consommateurs et ravageurs (Tourte et al , 2005).

II-2-1 Les Stress biotiques

II-2-1-1 Les maladies provoquées par les virus

Chez les plantes, les viroses sont des maladies relativement fréquentes mais dont la gravité peut être très variable selon la nature du virus et l'espèce végétale considérée. Les symptômes correspondent très souvent à des modifications localisées de la pigmentation qui dans bon nombre de cas s'expriment par une décoloration tachetée d'où le terme de « mosaïque » donné à ces viroses (Tourte et al, 2005). La mosaïque due au virus de la mosaïque dorée du haricot (Lepoivre, 2003).

Elle se traduit aussi parfois par des modifications d'aspects des organes feuilles gaufrée (Tourte et al, 2005). Le virus de la jaunisse nanisante de l'orge (Hopkins, 1995), tiges tortueuses ou fasciées et fleurs anormales ainsi que par des retards importants de croissance (Tourte et al, 2005).

Les virus qui affectent les végétaux appartiennent à de nombreux types. Le plus souvent, il s'agit de virus à ARN et à capsid en bâtonnet dont les protéines, les capsomères, sont disposées de façon hélicoïdale. Le plus connu, peut être parce que le premier découvert, est le virus de la mosaïque du tabac ou TVM. D'autres mosaïques sont provoquées par des virus à ADN comme le virus de la mosaïque du chou fleur ou CA MV.

D'autres maladies à viroïdes sont décrites, dont les agents pathogènes ne seraient que des fragments d'ARN de taille restreinte mais dépourvus de capsid. Ces viroïdes perturbent le fonctionnement des cellules de l'hôte et provoquent de profondes altérations du développement (Tourte et al.1995).

II-2-1-2 Les bactérioses

Si les plantes réalisent de fructueuses symbioses avec des cyanobactéries notamment dans le cas de leur alimentation azotée, elles peuvent être les victimes d'autre procaryotes pathogènes qui provoquent d'importants dégâts dans les cultures.

Les bactéries phytopathogènes sont généralement des bactéries Gram⁻ en bâtonnet dont les plus fréquentes appartiennent aux genres *Xantomonas* et *pseudomonas*. Leur présence sur l'hôte peut se traduire par l'apparition de taches circulaire à l'aspect parfois grisseux



comme dans le cas de la « graisse du haricot » provoqué par un *pseudomonas syringae pathovar (PV) phase olicola*.

Un autre *pathovar* de la même espèce s'attaque au pois (*pv.pipsi*) (Tourte et al.1995). Aussi *p.syringae p v. atrofociens* provoque l'apparition des taches nécrotiques brunes sur les glumes du blé et de l'orge.

C'est une maladie répondeuse mais peu dommageable, dont les symptômes sur blé peuvent être confondus avec ceux de la septoriose, une maladie fongique et *p. syringae* et *p. V coronafaciens* se développe sur un grand nombre de graminées et de céréales cultivées, mais surtout important sur le maïs. C'est une maladie du feuillage et de l'épi provoquant des lésions coalescentes caractéristiques (Laval-Martin et Mazliak, 1995).

II-2-1-3 Les maladies cryptogamiques

On rassemble sous ce terme toutes les maladies des plantes provoquée par des *mycophytes* et individu apparentes parasites que soit l'étendue de l'invasion l'importance des dégâts et sévérité du pronostic. Ces agents pathogènes sont omniprésents dans le sol et sur pratiquement toutes les plantes, ils appartiennent à toute les groupes, considérées comme des plus primitifs (groupe de *myxomycètes* comme l'agent de la hernie de la chaux) au plus évolués (*Axomyces* et surtout *basidiomycètes*). Il peuvent être parasites stricts d'une espèce de plante ou, au contraire, très polyvalents, ils présentent des cycle biologiques mono scènes (a un seul hôte) ou polycènes (à plusieurs hôte). Ils sont très nombreux et l'étude détaillée de leur biologie, de leur virulence ainsi que des traitements appropriés, font l'objet de nombreux traités spécialisés.

Parmi les maladies cryptogamiques les plus fréquemment rencontrées, on cite régulièrement les mildious, les chancre, les charbons et les rouilles. Par exemple le "charbon" du maïs (*Ustilago maydis*) se manifeste par l'apparition de grosses masse noirâtres prenant la place de certain grain dans les épis de maïs mûr. Cette masse libère une "poudre noire" qui représente, en fait d'énormes quantités de spores (Tourte et al., 2005). Chez l'orge le champignon (*Ustilaga segetum var3 muda*) cause le charbon nu à leur plantés infectées, l'épi entier est transformé à une masse noire (Laval-Martin et Mazliak, 1995). On rencontre aussi chez le blé la maladie de rouille provoquée par *puccinia graminis* (tourte et al, 2005).

II-2-1-4 Les maladies provoquées par les Angiospermes parasites

Les plantes supérieures parasites ne sont pas très nombreuses mais représentent cependant près de 2 % de la flore angiospermiennne connue, principalement des dicotylédones évoluées comme le cas de l'orobanche chez le tournesol. Il existe plusieurs formes de parasitisme chez ces *Embryophytes* par d'autres plantes supérieures.

On connaît tous l'exemple du gui (*viscum album*) qui vit en parasite sur un certain nombre d'arbre cultivés (Fruitiers, peupliers) mais qui conserve cependant une certaine capacité d'activité photosynthétique tout en devant prélever l'eau, les minéraux et certains métabolites à son hôte, bien malgré lui. Aussi traitons le gui d'hémi parasite. Ce type de parasitisme est le plus répandu (88% des plantes parasites). D'autres, moins connus est souvent plus discrets, sont considérés comme des parasites totaux ou holoparasites car ayant abandonnés toute autonomie photosynthétique et prélevant la totalité de leurs nutriments au détriment de leur hôte c'est le cas des néotties (*Neottia nidus avis*) et de l'orobanche (*orobanche sp.*).

Il existe des holoparasites qui on réduit leur partie végétative à l'extrême ne laissant apparaître, et de façon très transitoire, que leurs fleurs, comme la lathrée (*lathrea clandestina*). On parle alors d'endoparasite. Il existe souvent une spécificité de l'organe parasité : les racines de l'hôte mais aussi ses axes aériens (Tourte et al, 2005).

Parmi les angiospermes parasites, on a la famille des *scrofulariaceae*. Parmi les genres de cette famille le genre *Striga*, et parmi la quarantaine d'espèces de ce genre quatre sont très nuisibles :

S. hermonthica, *S. Asiatica* (la présence de *S. Asiatica* dans les champs de maïs résulte vraisemblablement d'une importation de semences de cette céréale contaminées par des grains du parasite), *S. Aspera* qui parasitent principalement les cultures céréalières (Sorgho, mil, maïs, riz) et *S. Gesnerioides*.

La première conséquence du parasitisme par les angiospermes consiste en un détournement trophique de substances initialement destinées à la plante hôte. Il se traduit par une réduction de la floraison, de la fructification et finalement de la production (Lepoivre, 2003).

II-2-1-5 Les Animaux parasites ou prédateurs

Les animaux susceptibles de provoquer des dégâts aux plantes sont extrêmement nombreux et variés. Ils appartiennent pratiquement à tous les groupes et sont bien connus des jardiniers et des agricultures, des plus petits comme les pucerons aux gros herbivores. Parmi les animaux, la palme revient aux insectes phytophages suivis de peu par les vers nématodes phytoparasites (Tourte et al, 2005).

- **Les insectes phytophages et ravageurs**

Les relations entre le monde des insectes et celui des plantes sont nombreuses et connues depuis toujours.

Elle sont parfois réciproquement bénéfiques pour la plante et pour l'insecte. Toutefois, ces relations peuvent être également très mauvaises et les insectes phytophages et ravageurs constituent le groupe le plus représenté en nombre d'espèces et parfois en nombre d'individus.

Les insectes phytopathogènes appartiennent à de nombreuses classes ; les coléoptères comme le doryphore consommateur de feuilles de pomme de terre (Tourte et al, 2005).

- **Les nématodes :**

Ils sont présents et en grand nombre dans tous les sols où ils représentent la majeure partie de la biomasse.

Les nématodes phytoparasites attaquent à toutes les grandes cultures comme aux cultures maraichères et fruitières (Tourte et al, 2005).

Par exemple : les vers ravageurs comme : vers vert, vers des cotons, vers de la lamondier, qui provoque des dégâts sur les récoltes de ces cultures (Abd Aldjawad et al, 1989).

- **Les herbivores**

L'origine de la disparition de grands nombres de végétaux vient sans nul doute de leur consommation par les animaux tous situés en aval des végétaux dans la chaîne alimentaire.

Une vache consomme par exemple chaque jour de 30 à 50 k.g de fourrage, ce qui correspond à la production potentielle d'un hectare de prairie (Tourte et al, 2005).

II-2-2 Les stress abiotiques

II-2-2-1 Stress hydrique

Le stress provoqué par un déficit en eau constitue une menace permanente pour la survie des plantes. Un stress hydrique d'après (Hopkins, 1995 et Lepoivre, 2003) peut se produire aussi bien sous l'effet d'un excès que d'un manque d'eau.

Le stress provoqué par un déficit hydrique est bien plus fréquent, de sorte que l'expression de stress de déficit hydrique est abrégée en stress hydrique. Comme ces derniers dans des environnements naturels sont dus à l'absence de pluies ou à leur raréfaction. Ce stress est appelé stress de sécheresse (Hopkins et al, 1995).

De manière globale, la sécheresse limite la croissance des plantes et la productivité végétale plus que toute autre contrainte exercée par l'environnement (Laval-Martin et Mazliak, 1995), il peut être marqué par un retard de croissance des organes épigés exposés à un air très sec, si les racines sont maintenues dans un sol relativement humide il y aura déséquilibre entre le flux d'eau transporté et les quantités évaporées. La baisse d'hydratation du sol limite la croissance des racines et restreint la disponibilité en eau. Les effets de la sécheresse se manifestent aussi par l'augmentation de la respiration, la désorganisation des structures protéiques, l'altération des enzymes, une chute de la teneur en phosphore (Lepoivre, 2003).

Des plantes de maïs stressées par manque d'eau présentent une forte réduction de la croissance foliaire à un potentiel hydrique de -0.45 MPa et totalement inhibées à -1.00 MPa en parallèle.

La croissance des racines reste normale jusqu'à ce que le potentiel hydrique de leurs tissus atteigne -0.85 MPa (Hopkins et al, 1995).

Les excès d'eau provoquent un remplacement partiel ou total de la phase gazeuse du sol par une phase liquide qui perturbe l'activité respiratoire et l'absorption hydrique et minérale.

Les excès d'eau provoquent un remplacement partiel ou total de la phase gazeuse du sol par une phase liquide qui perturbe l'activité respiratoire et l'absorption hydrique et minérale, l'apparition de processus de fermentation anaérobie provoque l'accumulation de pyruvate, d'éthanol, de lactate et conduit à la nécrose partielle ou totale des racines (Lepoivre, 2003).

En Algérie (Larbi et al, 1997) étudie l'effet du déficit hydrique sur la production de deux variétés de blé dur (*triticum turgidum L. Var. durum*) en région semi-aride ; quatre régimes hydriques ont été utilisés, les résultats montrent que le déficit hydrique a causé une réduction du rendement et de ses composantes. Le nombre d'épis /m² et le poids de 1000 graines sont positivement corrélés au rendement chez la variété vitro ($r=0.998$ et $r=0.653$) respectivement, par contre, chez waha le rendement est seulement corrélé au nombre des épis / m² ($r=0.962$).

II-2-2-2 Le Stress salin

Des concentrations élevées en sel dans la rhizosphère provoquent un stress.

Le terme de stress salin s'applique surtout à un excès d'ions, en particulier une forte salinité est également caractéristique des déserts continentaux. L'évaporation y est supérieure aux précipitations, le drainage est faible ou nul et les sels s'accumulent dans le sol. Les sols des déserts, contiennent typiquement de fortes concentrations de Na⁺, Cl⁻, Ca⁺², SO₄⁻², ainsi que de carbonate.

Le stress salin peut endommager les plantes à des niveaux différents. D'abord, de fortes concentrations salines et des concentrations élevées de sodium en particulier, altèrent la structure des sols ; comme la porosité des sols est diminuée, l'aération et la conductance hydrique des sols peuvent être affectées (Hopkins, 1995).

Aussi la salinité accentue les effets de la sécheresse en limitant le prélèvement de l'eau par la plante, par réduction de la différence des potentiels osmotique entre la solution du sol et les cellules végétales (Lepoivre, 2003) ; une forme de sécheresse physiologique qui rend de plus en plus difficiles l'acquisition d'eau et de nutriment par les plantes.

Une autre forme de dommage exercés sur les plantes implique des effets toxiques spécifiques, et spécialement le Na⁺ et le Cl⁻. Bien que le mécanisme précis de l'endommagement ne soit pas encore bien compris, l'excès pourrait provoquer des problèmes du transport

métabolique générale, il est connu qu'une concentration saline élevée supprime la croissance et réduit l'assimilation du carbone chez les plantes (Hopkins, 1995).

Lorsque la concentration de NaCl égale à 100 mM, le maïs, les haricots et la luzerne présentent des limitations importantes dans la production de matières sèches (Laval-Martin et Mazliak, 1995).

Christian et al, 2004 étudient l'effet du stress Salin sur la croissance des plantes de maïs. et l'échanges des protéines en condition de stress, ils ont utilisé trois concentrations différentes de solutions de NaCl ; 25 mM, 100 mM et 150 mM.

Leurs résultats montrent qu'à la concentration de 25 mM du NaCl, il n'y a pas d'effet sur le plan morphologique et sur la croissance des plantes. À la concentration de 100 mM. ils observent une réduction de la croissance et le poids frais des plantes testées, avec le temps ils ont remarqué que la couleur des plants devient jaune à cause des hautes températures et la perte d'eau qui provoque un stress salin. A La concentration de 150 mM de NaCl, les plantes restent petites et jaunâtres, et avec le temps elles développent une nécrose synonyme d'un stress salin sévère.

II-2-2-3 Le Stress Thermique

La sensibilité des plantes aux températures extrême et très variable, certaines meurent ou lésées par des baisses modérées de T° alors que d'autre parfaitement acclimatées sont capable de survivre au gel a des dizaines de degrés au dessous de 0°C (Hopkins, 1995). Donc la température provoque un stress sur les plantes soit a des basses températures ou a des températures élevées.

- **Le stress au froid**

Beaucoup de plantes, en particulier celle originaire de région a climat chaud sont endommagées par une exposition a des températures basses mais au dessus de 0°C (Hopkins, 1995). Les effets du froid dépendent non seulement du minimum de température atteint , mais aussi de la nature de la progressivité du refroidissement (Lepoivre. 2003). les nombreuses expériences réalisées sur les plantes les plus diverses ont montré que de larges zones fluides sont nécessaire au niveau des lipides pour qu'une membrane joue parfaitement

zones fluides sont nécessaire au niveau des lipides pour qu'une membrane joue parfaitement son rôle de barrière de perméabilité, l'apparition de zones rigides importantes a basse température, altère considérablement la perméabilité membranaire le froid accroît par exemple l'afflux passif des ions K^+ hors des racines de riz, cet accroissement a basse températures, des fuites ioniques entre compartiment cellulaire est un phénomène générale signalé dans plusieurs recherches, il perturbe gravement le fonctionnement des cellules et des tissus.

Un autre effet très générale du froid est l'augmentation importante de l'énergie d'activation de nombreuses réactions catalysées par des enzymes membranaires qui se traduit par un ralentissement notable des vitesses de ces réaction, le changement d'organisation des lipides est généralement tenue pour responsable de ce phénomène (Côme, 1992).

Parmi les plantes les plus sensibles au froid le maïs, la tomate, le cotonnier...etc.

- **Le stress provoqué par le gel**

Le stress causé par le gel se manifeste à des températures inférieures au point de congélation. Les dégâts sont dus a la formation des cristaux de glace dans la cellule ou les espaces intercellulaires avec plasmolyse et déshydratation du protoplasme, la glace intercellulaire ou intra protoplasmique ne se forme qu'en condition de congélation rapide, elle cause des dommages mécaniques importants sans perturbation métabolique majeures, la chute de température ayant ralenties, voir arrêtés les activités biochimiques normales (Hopkins, 1995).

- **Le stress : provoqué par les températures élevées**

L'un des problèmes aux quel les plantes sont confrontées dans des conditions ou les radiations solaires sont intenses et la température élevée est l'absorption d'énergie par les feuilles dont la température peut facilement atteindre $5^{\circ}C$ au dessus de la température ambiante (Hopkins, 1995).

En cas de température excessive, les symptômes observés sont dus à une transpiration dépassant les quantités d'eau fournie par le système conducteur. Les feuilles perdent leur rigidité et se fanent, les chlorophylles sont détruites induisant chlorure et panachures suivies

de recroque villement , et des nécroses. L'échaudage se rencontre chez les céréales, lorsque des périodes chaudes surviennent alors que l'albumine est encore laiteux, se traduit par des épis contenant des grains petits et ridés, et en nombre réduit (Lepoivre, 2003).

II-2-2-4 Le Stress Oxydatif

La terminologie stress oxydant est généralement utilisée pour toute agression environnementale ayant pour conséquence une production accrue d'oxydant, molécules toxiques dérivées de l'oxygène (Baccouch, 2001). Mais le stress oxydatif est défini aussi comme modalité de réponse à un stress par la synthèse de molécules très oxydantes comme le peroxyde d'hydrogène, des radicaux oxydant et des ions superoxydes (Tourte et al, 2005). Donc le stress oxydatif est un stress secondaire dans les conditions optimales de croissance des végétaux, de nombreux processus métaboliques produisent des formes réactives de l'oxygène. Les principaux résultant des mécanismes photochimiques ou sont associés à ces derniers. Les cellules photosynthétiques sont en effet prédisposées au stress oxydatif par ce qu'elles renferment un ensemble de pigments photosensibles et qu'elles produisent et consomment de l'oxygène (Lagadic et al, 1997).

aussi la production des espèces réactives à l'oxygène se produit même en conditions défavorables comme la pollution atmosphérique , la contamination des sols par les métaux lourds (kampfenkeletal,1995) ou par les herbicides , les conditions des rayonnements intenses, les variations des conditions osmotiques (Sehmer et al,1995), les variations extrêmes des températures (Burdon ,1993) et interactions plante -micro organisme (Medhyn, 1994; et Alsher et al,1997), un stress hydrique (Navari-izzo et al, 1994) , sont des situations caractérisées , toute par une augmentation de la concentration intracellulaire en espèces réactifs a l'oxygène (Baccouch, 2001).

II-2-2-5 Le Stress Ionique

Le stresse ionique est un stress provoqué soit par l'accumulation des ions au niveaux cellulaires surtout dans le cas d'un stress hydrique ou salin ou bien par une carence de certain ions dans le sol et donc a l'intérieure de la cellule.

Le tableau suivant synthétise les différents ions et leurs effets sur les plantes (Lepoivre, 2003).

Tableau VI. L'effet de l'excès et de la carence des quelques ions sur les plantes.

Les ions	L'effet de l'excès	L'effet de la carence
Zinc (Zn)	Réduction de la croissance racinaire et du développement foliaire avec une chlorose progressive.	- chlorose du limbe foliaire, une réduction de la dimension des feuilles et l'élongation des tiges. - la chute des feuilles et précoce et une diminution de rendement (exp : le blanchement du maïs (white bud of maïze)).
Bore (B)	Inhibée la floraison soit partiellement ou totalement des taches nécrotique brunes à Les feuilles et l'apex.	- la mort des méristèmes apicaux des tiges et des racines. - perturbation de la synthèse ou de la distribution des substances de croissance (exp : le brunissement du chou-fleur).
Nikel (Ni)	Chloroses entre les nervures et à la marge des feuilles avec points de nécrotique.	Elément non indispensable
Cadmium (Cd)	Réduction de croissance des racines et une diminution de la masse végétale un chlorose généralisé des feuilles (stress métallique) exp : chez le maïs phytotoxicité a 5 ppm	Elément toxique
Aluminium (Al)	Chez les céréales et le riz des taches brunes a la pointe et au bore, inhibe la division cellulaire.	Elément non indispensable
Azote (N)	-	- chlorose plus ou moins intense à tous les organes aériens de la plante. - défoliation précoce, un arrêt de croissance et un feuillages mince et peu tence. (exp : la couleur rouge ou pour prés des tiges chez les céréales).
Souffre (S)	-	Une réduction des dimensions des feuilles avec un chlorose et un retard de maturation (exp : la chlorose foliaire

		respiration accroit. - La plissement et la chlorose des tissus, aussi un nécrose de l'apex et la borde de la feuille. - Une réduction de la croissance des fruits.
Phosphore (P)	-	- réduction de la croissance (tige, racine et les feuilles sont petites et tombent précocement). - Retarde de la floraison, les fruits sont petit
Cuivre (Cu)	-	Une réduction de taille et une coloration bleue vert du feuillage, un blanchiment de l'apex de feuilles des céréales, inhibition la production des grains.

L'effet de carence est synthétisé dans le schéma suivant :

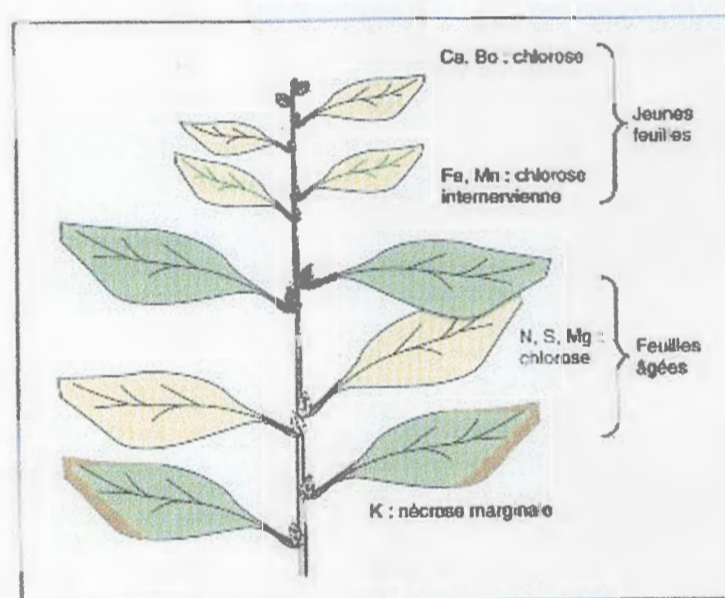


Figure 06. Principaux symptômes de carence chez les végétaux (Lepoivre, 2003).

II-2-2-6 La pollution et les différents produits toxiques :

Le développement considérable des industries, des moyens technologique et des transports entraîne, par leurs déchets poussiéreux et gazeux une modification chimique de la composition de l'air qui peut être nuisible aux végétaux (Lepoivre, 2003).

Chapter 3

CHAPITRE III

LES ANTIOXYDANTS

Les stress biotiques et abiotiques peuvent provoquer un stress oxydative ce dernier engendre des dommages aux niveaux cellulaire par les espèces réactives d'oxygène (ERO) (Mohammedi, 2006).

III-1 Les espèces Réactives de l'oxygène [ERO]

III-1-1 Définition

L'oxygène qui est respiré par les végétaux est une molécule constituée de deux atomes, l'orbitale la plus externe de chacun de ces atomes ne comporte qu'un seul électron, ce qui confère à la molécule de l'oxygène des propriétés propres aux radicaux libres (Lagadic et al., 1997).

Un radical libre est une molécule ou un atome ayant un ou plusieurs électrons non appariés, ce qui le rend extrêmement réactif (Vansant, 2004). L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène.

Les radicaux libres sont utiles à faible dose (détruire des bactéries au sein des cellules ou réguler des fonctions cellulaires), cependant, ils sont toxiques à des doses élevées et résultant d'un défaut de capacité du système antioxydants (Ben naceur et al, 2001).

L'appellation «dérivés réactifs de l'oxygène» n'est pas restrictive, elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit, mais aussi certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante tel le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), peroxyde nitrite ($ONOO^-$) (Novelli, 1997).

Plusieurs sources d'EAO sont connues dans les différents compartiments de la cellule végétale. Elles sont produites lors des activités métaboliques telles que la photosynthèse et la respiration et en réponse aux stress environnementaux (Afoulous, 2008).

III- 1-2 Les principaux radicaux libres**✦ L'anion superoxyde (O_2^-)**

La réduction de l'oxygène moléculaire par un électron forme l'anion superoxyde cette réaction se fait soit par voie enzymatique (ex : NADPH-oxydase) soit par auto oxydation de radicaux libres à potentiel d'oxydoréduction (Lagadic et al, 1997). Cet anion intervient comme facteur oxydant dans de nombreuses réactions (Mohammedi, 2006).

**✦ Le radical hydroxyle (OH^\cdot)**

Représente l'oxygène moléculaire réduit par trois électrons .Il est formé par la dégradation du peroxyde d'hydrogène en présence de métaux de transition sous leur forme réduites (Lagadic et al, 1997). Il est très réactif vis-à-vis des structures organiques et joue un rôle initiateur dans l'auto-oxydation lipidique (Mohammedi, 2006).

✦ Le radical peroxyde (ROO^\cdot)

C'est des molécules formées par l'addition d'oxygène moléculaire sur des radicaux libres de carbone. Ils sont peu réactifs et sont capables de diffuser à travers les membranes biologiques (Lagadic, 1997).

✦ Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)

IL est formé par dismutation de l'anion superoxyde et par addition d'un second électron sur l'anion superoxyde en donnant l'ion peroxyde O_2^{2-} . Cet ion, n'est pas un radical, et protoné immédiatement en H_2O_2 dans les conditions de pH physiologique. Le peroxyde D'hydrogène est donc un radicale libre de l'oxygène. Potentiellement toxique car sa faible réactivité, associée à sa capacité de traverser les membranes biologiques, font qu'il puissent se retrouvés à une grande distance de son lieu de synthèse (Lagadic et al, 1997)

✦ L'oxygène singulet (O_2^{\cdot})

Forme excitée de l'oxygène moléculaire, est souvent assimilé à un radical libre en raison de sa forte réactivité (Lagadic et al, 1997).

III-1-3 L'effet des radicaux libres :

La production excessive des radicaux libres provoque des lésions directes de molécules biologiques : oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides et des glucides (Mohammedi, 2006).

Les lipides et principalement leurs acides gras polyinsaturés sont la cible privilégiée de l'attaque par le radical hydroxyle, réaction appelée peroxydation lipidique; Ce dernier entraîne un déficit des fonctions membranaires, au travers notamment d'une diminution de la fluidité des membranes et de l'inactivation des récepteurs et des enzymes situés à leur niveau. Elle s'accompagne aussi de l'augmentation de leur perméabilité, en particulier aux ions calciques.

Dans les mitochondries, la lipoperoxydation se traduit par un gonflement puis une lyse de ses organites ; il en est de même pour les lysosomes, dont la rupture peut s'accompagner de la libération d'enzymes catalysant l'hydrolyse des protéines, des acides nucléiques et des polysaccharides cellulaires (Lagadic et al, 1997).

Les protéines peuvent être affectées par les espèces réactives simultanément sur plusieurs sites en raison de la vulnérabilité de certains groupes aminoacyles, méthionine et tryptophane, ou par suite de transferts radicalaires. Les protéines membranaires sont particulièrement sensibles aux radicaux alcoyles (RO^{\cdot}) et peroxy (ROO^{\cdot}) générés lors de la lipoperoxydation. Les conséquences de telles lésions peuvent être des agrégations, des pontages ou des fragmentations protéiques, se traduisant par la perturbation des transports ioniques, des activités enzymatiques et de l'homéostasie calcique. La présence de pigments fluorescents intracellulaire (Lipofuschine ou ceroid), qui sont des concrétions des phospholipides, des triglycérides, des protéines, des polymères aldéhydiques et des métaux (zinc, cuivre et fer), serait elle aussi la conséquence de processus de dégradation oxydative, intensifié lors de la lipoperoxydation.

Chez les végétaux, l'oxydation des complexes pigments-protéines dans le chloroplaste conduit à la destruction des pigments, ce qui se traduit par un jaunissement ou brunissement locale de la feuille (Lagadic et al, 1997).

Les radicaux libres peuvent induire des effets mutagènes ou l'arrêt des réplifications de l'ADN. Ils agissent en provoquant des altérations des bases, des pontages ADN-protéiques ou des ruptures de brins (Hadi, 2004). Et sont impliqués dans le vieillissement cellulaires. et de processus dégénératifs. L'anion superoxyde peut provoquer des coupures des brins d'ADN et des lésions des bases. Néanmoins, les formes réactives les plus génotoxiques sont le radicale hydroxyle et l'oxygène singulet (Lagadic et al, 1997).

Par ailleurs, le glucose peut s'oxyder dans des conditions physiologiques, en présence de traces métalliques, en libérant des cétoaldéhydes, H_2O_2 et OH^\cdot , qui entraîneront la coupures des protéines ou leur glutathion par attachement du cétoaldéhydes (Mohammedi, 2006).

Pour éviter ces dommages, les plantes élaborent des molécules spécifiques qui contrôlent les radicaux libres, appelé les anti- oxydants.

III-2 Les Anti-oxydant

III-2-1 Définition :

Les anti-oxydants sont des molécules qui en consommant préférentiellement l'oxygène de l'air, retardent la vitesse de formation des peroxydes .On les définit également par leur pouvoir d'inactivation des radicaux libres (Remon, 2006).

les antioxydants sont définie comme étant toute substance qui peut retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques, se sont des composés qui réagissent avec les radicaux libres et les rendent ainsi inoffensifs (Vansant, 2004).

III-2-2 Classification des anti-oxydants

Les anti-oxydants peuvent se regrouper en deux groupes : les anti-oxydants enzymatiques et non enzymatiques (Pelmont, 1993).

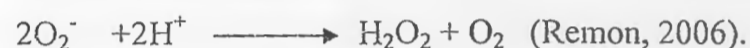
III-2-2-1 Les anti-oxydants enzymatiques

Trois groupes d'enzymes constituent les clés d'une protection par voie enzymatique; les superoxydes dismutases, la catalase et les peroxydases.

* Les superoxydes dismutases (SOD)

Chez les végétaux supérieurs, il existe trois types de SOD. Un premier groupe correspond aux protéines contenant du cuivre et du zinc (CuZn-SOD), elles sont sensibles aux ions cyanures (CN⁻) et principalement associées avec les chloroplastes (Salin, 1988). Le second groupe est formé par les SOD contenant du manganèse (Mn-SOD) ou du fer (Fe-SOD) et qui ne sont pas affectées par CN⁻. Chez les végétaux, les Mn-SOD sont surtout localisées dans les mitochondries et dans les peroxysomes. La Fe-SOD a été observé seulement chez certaines espèces végétales; elle est localisée dans les chloroplastes et les peroxysomes, mais n'est pas détecté dans les mitochondries (Lagadic et al., 1997; Cavalcanti et al, 2004).

SODs, sont responsables de la dismutation de l'anion superoxyde en peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), selon la réaction suivante :



* La catalase

La plus parts des catalases sont des molécules composées de quatre sous-unité identiques, avec une masse de l'ordre de 250 Kda. Chaque sous-unité renferme un ion Fe³⁺ (Palmont, 1993). Catalases, sont contenues dans les peroxysomes et dans le cytosol. Elles agissent en synergie avec les SOD puisque leur rôle est de catalyser la réduction du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire selon la réaction suivante :



✦ Les peroxydases (POX)

Les peroxydases sont particulièrement répandues chez les plantes. Il est très facile de mettre en évidence celle du radis. (Pelmont, 1993).

POXs permettent, comme les catalases, la réduction de H_2O_2 en eau et oxygène moléculaire (Remon, 2006).

III-2-2-2 Les anti-oxydants non enzymatiques

Des anti-oxydants non enzymatiques agissent comme réducteurs ou capteurs des radicaux, viennent renforcer l'action des enzymes décrites précédemment.

✦ Le glutathion (GSH)

Le glutathion ($GSH = \gamma\text{-glutamyl-cystéinyl-glycine}$) qui est un thiol (composé-SH) le plus abondant dans les plantes. Le glutathion joue un rôle important dans la détoxification des peroxydes qui sont produits en présence des radicaux actifs de l'oxygène (Hopkins, 1995).

✦ L' α -tocophérole (vitamine E)

Antioxydant puissant qui fournit un atome d'hydrogène aux espèces radicalaires et se retrouve lui-même sous forme d'un radical moins instable ; il est régénéré à l'interface membrane/cytosol par l'ascorbate (vitamine C) qui est le relais de l' α -tocophérole au niveau cytosolique (Lagadic et al, 1997).

La vitamine E est rencontrée surtout dans les huiles végétales, les noix et les germes de diverses graines (Vansant, 2004).

✦ L'ascorbate (vitamine C)

Cet antioxydant est largement répandue dans les fruits (vansant, 2004). Les aiguilles d'*épicéa* et de *sapin* exposées au SO_2 et à l'ozone renferment des teneurs plus élevées en

ascorbate (Melkorn et al, 1986 ; Hausladen et al, 1990). Osswald et al, 1987, ont démontré que les concentrations en ascorbate et en glutathion étaient plus élevées dans les segments d'aiguilles présentant une décoloration que dans ceux restés vert, ceci pourrait traduire une capacité de détoxification accrue dans les aiguilles endommagées (Lagadic et al, 1997).

✦ Les caroténoïdes

Sont une classe de composés photochimiques très importante, trouvés dans les légumes et fruits, carotte, poivrons, oranges. Empêchant les dommages oxydants (Mohammedi, 2006). Le β -carotène (vitamine A) et les caroténoïdes en général dont l'intérêt supplémentaire est de désactiver l'oxygène singulet (Lagadic et al, 1997).

✦ L'acide lipoïque :

Impliqué dans la formation de l'acétyl coenzymes A à partir du pyruvate est un réducteur puissant sous sa forme réduite, capable de réduire le glutathion et les radicaux peroxy, et de désactiver l'oxygène singulet (Lagadic et al, 1997).

Tableau VII. Différents mécanismes des systèmes antioxydants

Mécanismes	Supprime (produit)	Localisation cellulaire
S O D	O ₂ (H ₂ O ₂)	Chl, Cyt, Mit et Per
Catalase	H ₂ O ₂ (H ₂ O)	Mit, Per
Peroxydases	H ₂ O ₂ (H ₂ O)	Beaucoup de localisation
Ascorbate/cycle glutathion	H ₂ O ₂ (H ₂ O)	Chl, Cyt, Mit, Per
Glutathion peroxydases	H ₂ O ₂ (H ₂ O), hydroperoxydes de lipide	Chl, Cyt, Mit, ER
Carotènes et tocophérol	O ₂ (O ₂)	Chl

Avec :

Chl : chloroplastes ; **Cyt** : Cytosol ; **RE** : réticulum endoplasmique ;
Mit : mitochondries ; **Nucl** : nucléique ; **Per** : peroxysomes ;
Sec : voies de sécrétion

Source : (Mittler et al. 2003) selon (Afoulous, 2008).

III-3 Les mécanismes de défenses Anti-Oxydants :

Pour protéger ; et pour permettre aux EAO d'intervenir dans la réponse physiologique, les plantes ont développé des mécanismes anti-oxydants contrôlant l'accumulation des EAO (Afoulous, 2008) .Les trois principaux mécanismes d'action anti-oxydante développés par les organismes vivants visent :

- A éliminer les espèces réactives et catalyseurs de leur formation.
- A induire la synthèse des antioxydants.
- A augmenter l'activité des systèmes de réparation et d'élimination des molécules endommagées (Lagadic et al, 1997).

Pour plus de connaissances sur le mécanisme de réponse anti-oxydant, on a estimé trois types de ces derniers, deux sont des systèmes enzymatiques (peroxydase et catalase) et l'un nom enzymatique (glutathion).

III-3-1 Les peroxydases

Les peroxydases sont des hémoglycoprotéines de la famille, des oxydoréductases dont le poids moléculaire moyen est égal à 35000 kda, ils catalysent l'oxydation d'une large gamme de composés (généralement phénolique) en utilisant le peroxyde d'hydrogène ou parfois l'oxygène comme seconds substrats. Elle sont reconnues intervenir dans plusieurs processus physiologique chez les plantes (Majourhat et Baaziz, 2004 ; Baaziz et al ., 2003). D'après Baaziz et Majourat, 2004, selon leur étude sur le palmier dattier, ils concluent que la peroxydase se trouve dans les plantes sous deux formes. La forme ionique liées à la paroi et la forme soluble. Chez plusieurs plantes, la fraction soluble des peroxydases a été impliquée dans les phénomènes de croissance, de développement végétatif, la résistance aux stress biotique et abiotique. Cependant, les peroxydases ioniques sont impliquées dans les processus de lignification et de rigidification des parois cellulaires.

L'induction de peroxydases a été observée dans les feuilles et les racines de différentes espèces végétales cultivées en présence de concentration toxiques en métal. Cette induction est fortement corrélée avec la concentration en cuivre dans les tissus chez *lactuca sativa* et *zea mays*, avec la concentration en zinc et en cadmium chez *phaseolus vulgaris* (Van Asche et al, 1988). Et avec la concentration en Ni chez le blé (Pandoifini et al, 1992) et en Al chez

le soja (Cakmak et Horst, 1991).

L'induction des peroxydases n'est pas une réponse spécifique de l'exposition aux métaux. Elle a été observée pour d'autres facteurs de stress : le froid (Kacperska-Palacz et Uliasz, 1974), la blessure des tissus (Gaspar et al., 1982), l'infection par des agents pathogènes (Van Loon, 1986), la pollution atmosphérique par le SO_2 , l'ozone, les NO_x ou les gaz fluorés (Horsman et Wellburn, 1976; Rabe et Kreeb, 1979; Endress et al., 1980; Khan et Malhotra, 1982; Declaire et al., 1984; Rao et Dubey, 1990; Navari et al., 1994), ou bien encore les UV (Bufler et Bengert, 1980).

La mesure de l'activité des peroxydases dans les feuilles des arbres par exemple a été utilisée comme paramètre de mesure et de cartographie de la pollution atmosphérique, (Keller, 1974).

La stimulation de la capacité peroxydase (POD) et la présence de nouvelles isoenzymes sont en général considérées comme des symptômes de sénescence (Hazell et Murray, 1982).

Le cadmium, chez le soja, a pour effet une augmentation de la capacité des POD et de certaines enzymes hydrolytiques (ribonucléase, désoxyribonucléase, phosphatase acide), ce qui constituerait une réponse de vieillissement accéléré (Lee et al., 1976).

Dans le cas du maïs (*Zea mays*), l'induction dans les feuilles de la phosphatase acide a été observée en présence de concentrations en plomb toxiques (Maier, 1978) (Lagadic et al., 1997).

Le schéma suivant explique la méthode d'élimination des H_2O_2 par peroxydase (Pelmont, 1993).

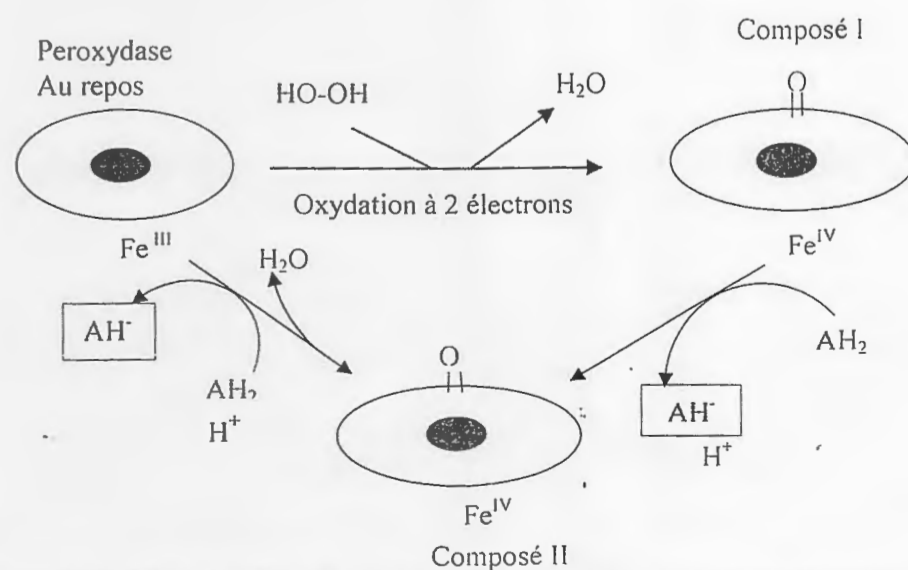


Figure 07. L'élimination des peroxydes d'hydrogènes par les peroxydases.

**Tableau VIII. Exemple d'induction de la capacité des peroxydases dans les organes
Des végétaux par différents métaux.**

Métal	Espèce Végétale	Organes
Cadmium	<i>Glycine max</i>	Feuilles
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feuilles
Cuivre	<i>Lactuca sativa</i>	Plantules, non spécifié
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Racines
Plomb	<i>Glycine max</i>	Feuilles
	<i>Médicago sativa</i>	Feuilles
	<i>Zea mays</i>	Feuilles et racines
Nickel	<i>Silene italica</i> (population sensible au nickel)	Non spécifié
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feuilles
Zinc	<i>Silene cucubalus</i> (population sensible au zen)	Feuilles
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	
Mercure	<i>Lemna minor</i>	Feuilles
	<i>Allium cepa</i>	Frondes
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Racines
Pollution polymétallique Du sol		Feuilles, Racines

(d'après Van Assche et Clijsters, 1990 b ; Vangronsveld et clijsters, 1994) selon (Lagadic et al .. 1997).

III-3-1-1 Le peroxydase chez le blé en condition de stress

A partir de l'étude qui est faite par (Jiri et al., 2001), lorsque des plantes de blé d'une espèce tolérante ou sel (*triticum durum*), ou au contraire sensible (*triticum astivum*) sont

Bien que des études aient démontré l'importance de cette enzyme dans l'élimination de H_2O_2 , d'autres ont montré son inefficacité, voire son inhibition suite à un stress métallique (Cakmak et Horst, 1991 ; Somashekarai et al, 1992 ; Luna et al, 1994 ; Streb et al : 1993 Chaoui et al, 1997). Une inhibition de cette enzyme a été également signalée dans le cas d'un stress osmotique (Streb et al ; 1993).

Cette enzyme est photodégradable et possède une faible affinité pour son substrat, le H_2O_2 (Streb et al ; 1993). Cette propriété est en faveur de l'accumulation du peroxyde à un niveau qui n'active que faiblement ou pas la catalase, mais susceptible d'entraîner des dommages cellulaires.

Ceci nécessiterait l'intervention d'autres systèmes enzymatiques tels que les peroxydases pour éliminer le H_2O_2 et éviter en conséquence ses effets destructeurs (Baccouch, 2001).

Le schéma suivant représente le mécanisme d'élimination de H_2O_2 par la catalase (Pelmont, 1993).

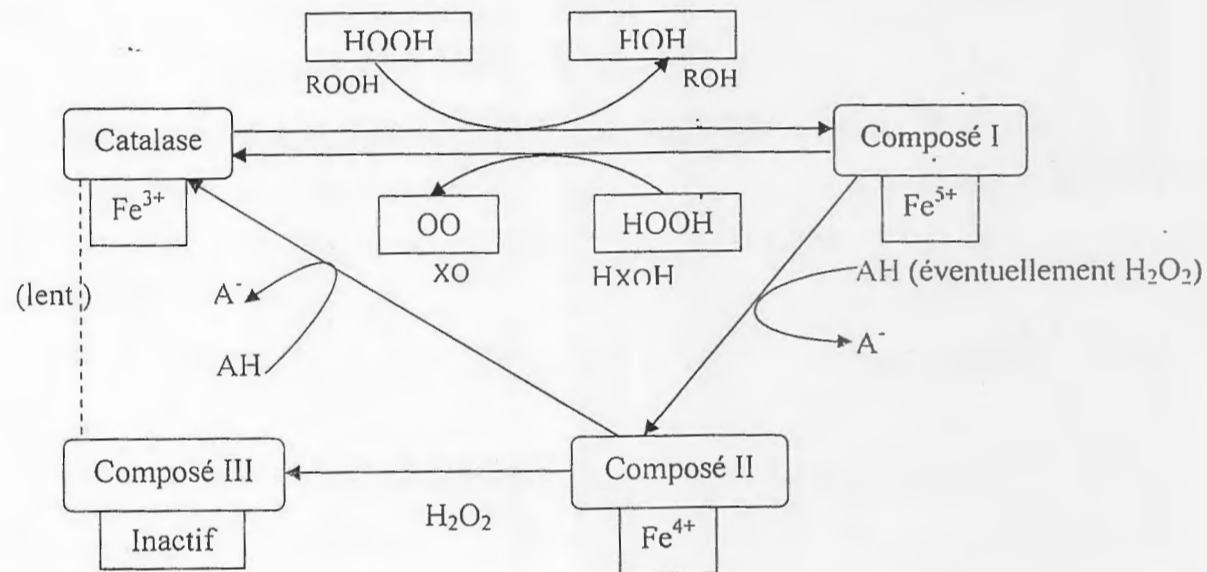


Figure 08. L'élimination de peroxyde d'hydrogène par la catalase (D'après Pelmont, 1993).

D'après (Mates et al. 1999), la figure suivante synthétise le mécanisme de la réduction des espèces réactivées de l'oxygène par les enzymes anti-oxydants :

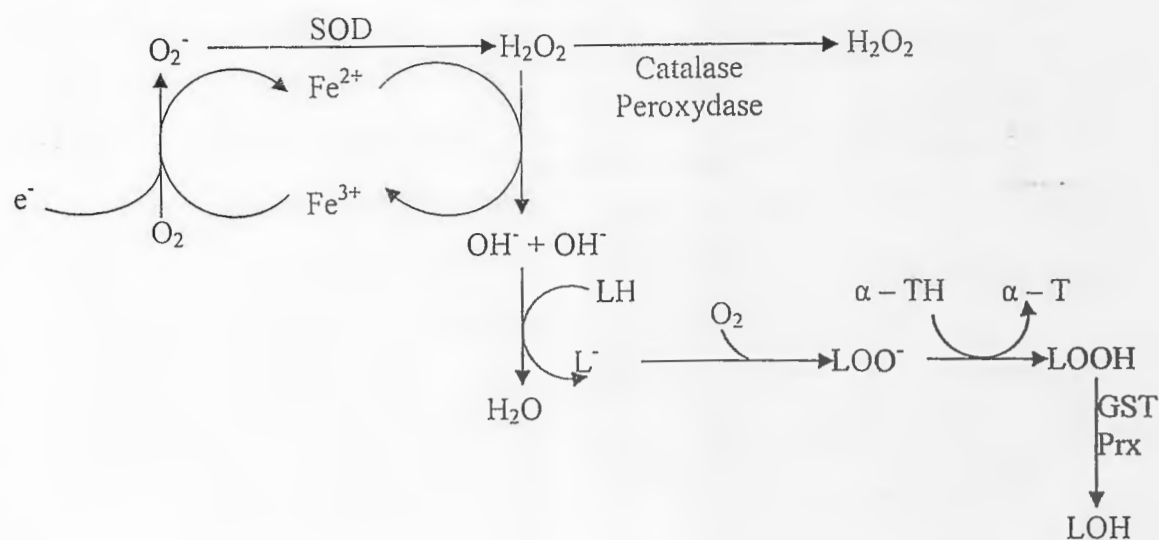


Figure 09 • Réduction des espèces actives de l'oxygène par les enzymes antioxydants.

III-3-2-1- Le catalase chez le blé en condition de stress

D'après les études faites par (Diani et al.) sur les plantes de blé tendre. Ils concluent que : l'induction des événements précoces impliqués dans la signalisation et le déclenchement des mécanismes de défense a été étudiée dans l'interaction entre le blé tendre et *septoria tritici* agent causal de la séptoriose. L'inoculation des variétés de blé tendre résistantes et sensibles par les souches virulentes de *s.tritici* se traduit par l'induction des enzymes impliquées dans les événements oxydatifs précoces des interactions hôte – parasite comme le catalase. Ces réponses postinfectionnelles diffèrent par leur intensité selon le comportement des variétés du blé tendre et suivant le pouvoir pathogène des souches *S.tritici*.

III-3-2-2- Le catalase chez le maïs et tournesol en condition de stress

Baccouch, 2001 fait des expériences sur des plantules de maïs et de tournesol, il utilise différents doses de Ni, il conclut que :

- En cas de stress métallique par le Ni, il y a une stimulation de l'activité du catalase qui intervient directement dans l'élimination de peroxyde d'hydrogène au niveau de tous les organes chez le maïs (partie aérienne et racines).
- Chez le tournesol les mêmes résultats sont observés mais uniquement au niveau de l'appareil racinaire.

III-3-3 Glutathion

Il s'agit d'un tripeptide qui joue un rôle à divers niveaux dans la lutte contre les stress oxydants, le glutathion présent majoritairement à l'état réduit (GSH) dans les cellules ; une augmentation de la forme oxydé (GSSG) traduit un stress oxydant, il agit comme donneur d'électrons permettent de désactiver les espèces réactives comme OH^\cdot , les radicaux phenoxy, il intervient aussi dans la conjugaison des substances électrophiles, laquelle est catalysée par les glutathions -transferases, spécifiquement chez les plantes, le glutathion réduit forme la source de pouvoir réducteur pour la déhydroascorbate réductase (Lagadic et al, 1997). Un exemple de l'activité de glutathion avec un autre substrat l'ascorbate-glutathion.

Le cycle ascorbate-glutathion est un système enzymatique faisant intervenir quatre enzymes, l'ascorbate peroxydase, la monodéhydroascorbate réductase, la déhydroascorbate réductase et la glutathion réductase qui coopèrent entre elles pour assurer l'élimination du peroxyde d'hydrogène (Nakano et Asada, 1981).

Dans ce cycle, l'ascorbate peroxydase constitue en fait, l'enzyme clé qui se charge de l'élimination de H_2O_2 par réduction de celle-ci en H_2O couplée à une oxydation d'une autre molécule (dite cosubstrat), l'ascorbate, en monodéhydroascorbate.

Pour maintenir une haute capacité antioxydant de cette enzyme, une régénération de l'ascorbate s'avère nécessaire (Monk et al, 1989) dans le cycle ascorbate-glutathion, la régénération de l'ascorbate à partir du monodéhydroascorbate est catalysée par une enzyme NAD(P)H-dépendante, la monodéhydro-ascorbate réductase.

Toutefois, le monodéhydroascorbate pourrait être converti, par voie non-enzymatique en déhydroascorbate. Ce dernier est réduit en ascorbate par le biais d'une enzyme, la déhydroascorbate réductase utilisant le glutathion (GSH) comme donneur d'électrons. La reconversion du glutathion oxydant (GSSG) en sa forme réduite (GSH) fait intervenir une autre enzyme NADPH-dépendante, la glutathion réductase. La localisation subcellulaire de ce cycle, s'avère être à la fois chloroplastique et cytosolique (Nakano et Asada, 1981).

Une activation des enzymes, surtout de l'ascorbate peroxydase et de la glutathion réductase a été le plus souvent démontré en condition de stress très variées (Foyer et al, 1994 ; Kangasjärvi et al, 1994 ; Chaoui et al, 1997).

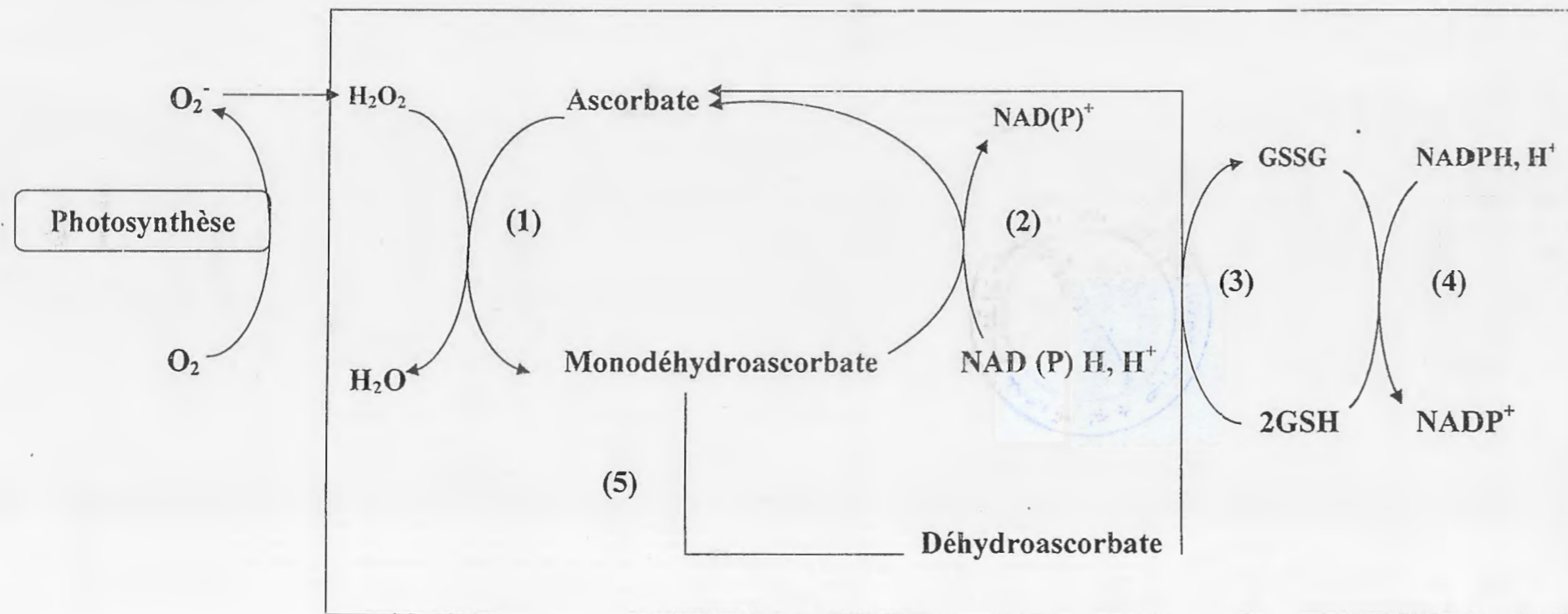


Figure 10 cycle ascorbate –glutathion (Asada et takahashi, 1987).selon (Bacouch ,2001)

1 : ascobate peroxydase 2 : monodéhydroascorbate réductase 3 : déhydroascorbate réductase.

4 : glutathion réductase 5 : réaction spontanée.

GSH : glutathion réduit.

GSSG : glutathion oxydé.

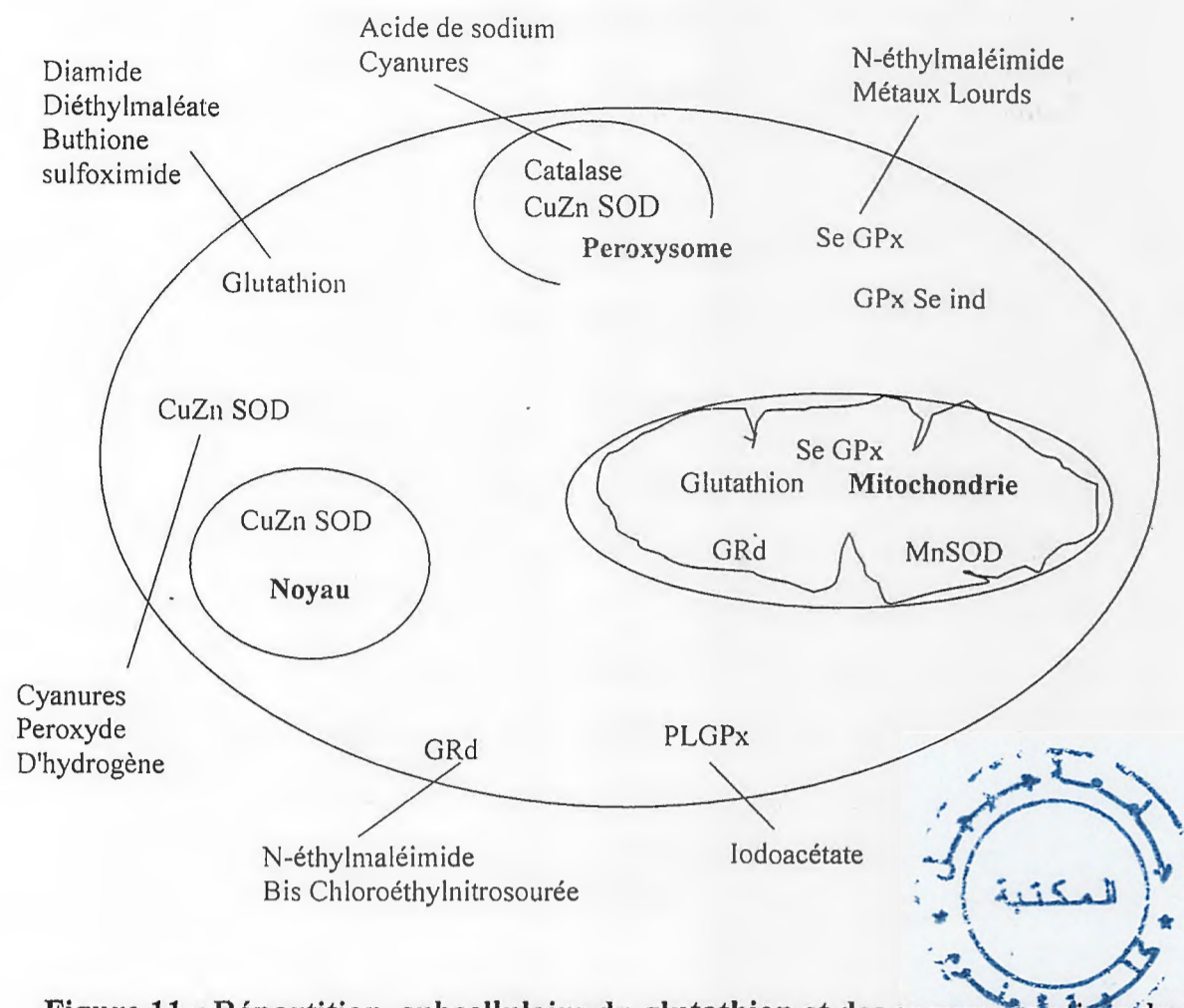


Figure 11 • Répartition subcellulaire du glutathion et des enzymes antioxydantes avec leurs inhibiteurs.

III-3-3-1 le cycle ascorbate glutathion chez le blé en condition de stress

La fusariose de l'épi (FHB), causée par le *Fusarium graminearum*, est une maladie dévastatrice chez le blé et l'orge. Elle cause des pertes économiques en raison de réaction du rendement et de la qualité. Bien que la résistance à la Fusariose soit bien documentée et que des cultivars résistants aient été développés pour réduire l'incidence et la sévérité de la fusariose les mécanismes moléculaires impliqués dans la résistance à l'infection et à la propagation du *F.graminearum* demeurent peu connus.

Des protéines antioxydantes telles qu'un superoxyde dismutase, une déhydroascorbate réductase et des glutathion S-transférases (GST) étaient surexprimées ou induites 5 jours après inoculation avec le *F-graminearum*, ce qui suggère un burst oxydatif de H_2O_2 au sein

des tissu infectés par le FHB. Un cycle ascorbate – glutathion est vraisemblablement impliqué dans la réduction de la quantité de H_2O_2 . L'expression de protéines dans la réduction montrant la plus forte similarité avec la déshydroascorbate réductase et une glutathions transferase diffèrent suite à l'infection chez les cultivars résistants et sensibles (Zhou et al .,2005).

III-3-3-2 Le cycle ascorbate – glutathion à maïs et tournesol en condition de stress

- Chez le tournesol d'après l'expérience de Baccouch, (2001). L'effet de Cd sur l'activité des enzymes de cycle ascorbate glutathion semble être différent d'un organe à un autre : stimulation au niveau des feuilles et inhibition aux niveaux des tiges.
- Chez le maïs il montre qu'il y a une stimulation des trois enzymes de cycle ascorbate glutathion (l'ascorbate peroxydase, glutathion réductase ,monodéhydroascorbate réduction). Mais, le déhydroascorbate réductase est insensible au stress causé par Cadmium.

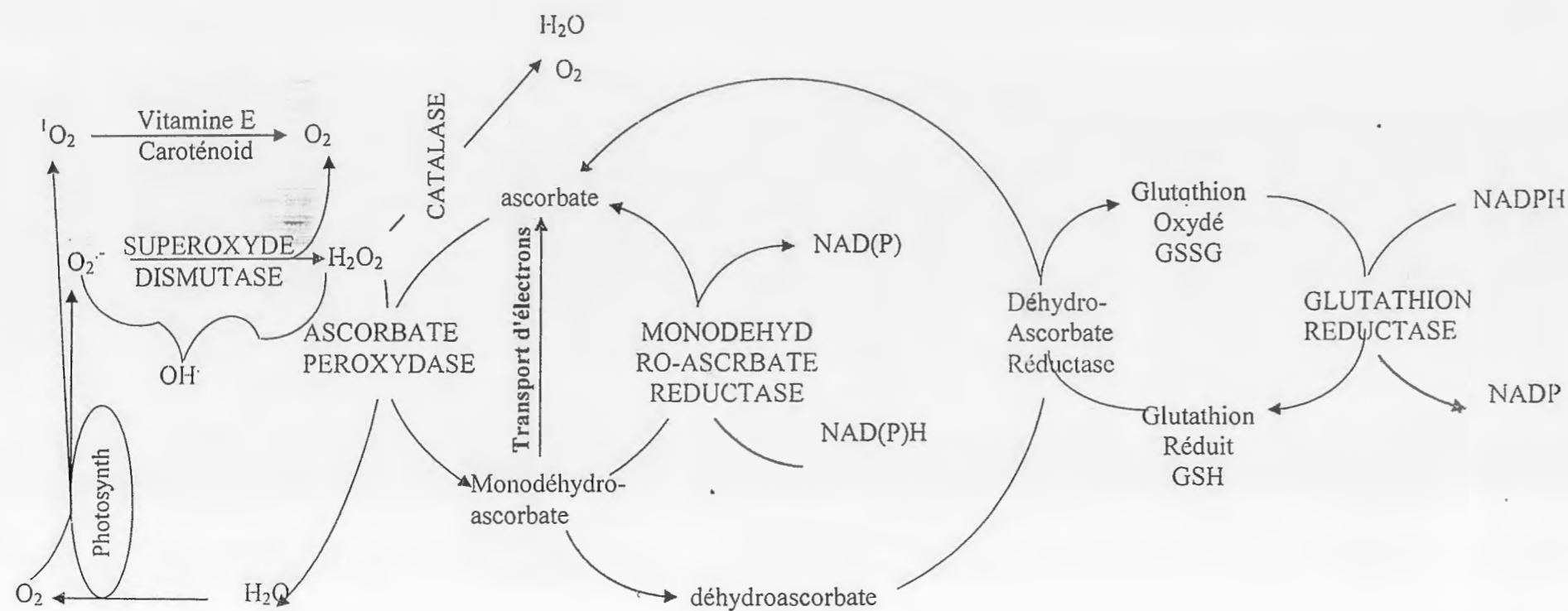


Figure 12 Représentation de la production et des voies de destruction des espèces actives de l'oxygène dans les tissus végétaux. L'oxygène singulet (1O_2), le radical hydroxyle (OH^{\cdot}) et le peroxyde de l'hydrogène (H_2O_2), sont éliminés grâce à l'ascorbate, et grâce à la vitamine E et aux caroténoïdes pour l'oxygène singulet. L'ascorbate joue un rôle central en éliminant le peroxyde d'hydrogène formé à partir de la dismutation des ions superoxydes ($O_2^{\cdot-}$) résultant de l'oxydation de l'oxygène durant la photosynthèse (réaction de Mehler). Le peroxyde d'hydrogène est donc éliminé grâce à l'ascorbate peroxydase et l'ascorbate est régénéré soit directement par transport d'électrons provenant de la photosynthèse, soit par l'intermédiaire du cycle ascorbate/glutathion (d'après Foyer et al., 1994).

Conclusion

Conclusion

D'après notre analyse bibliographique les grandes cultures et spécialement le blé, le maïs et le tournesol représentent la source fondamentale de l'alimentation mondiale.

Ces grandes cultures sont soumises à des stress biotiques et abiotiques qui provoquent des dégâts qui pourraient être irréversibles et se répercutent sur les rendements et la qualité des produits de cultures ainsi que sur la santé humaine vu le recours intensif dans l'agriculture au fertilisants et aux produits phytosanitaires.

Il ressort de l'analyse bibliographique entamée que le blé, le maïs et le tournesol synthétisent des substances anti-oxydantes dont le rôle diffère selon la nature, l'intensité de stress et l'organisme considéré.

Parmi ces anti-oxydants, les peroxydases, catalase et le glutathion jouent un rôle important dans leur protection par élimination des radicaux libres provoqués par les différent stress.

Perspectives

Malgré toutes les études qui sont réalisées dans ce domaine elles restent insuffisantes pour identifier clairement le rôle des antioxydants.

Il semble impossible de trouver un éliminateur universel pour tous les radicaux libres actifs dans l'organisme. Cependant, l'analyse des relations structure-activité des antioxydants pourrait contribuer au dépistage d'antioxydants efficaces.

L'identification des gènes responsables de la réaction des plantes pourrait conduire à des tentatives d'engineering génétique d'organismes ayant une tolérance accrue au stress oxydatif.

2/15/1954



LISTE DES REFERENCES

- Afoulous S. (2008), Modulation de l'expression de rédoxine chez les céréales et réponse au stress oxydatif [en ligne], Toulouse, disponible sur : <physiologie.entv.fr/master EQSA/ IMG/ pdf/ mémoire –Samia Afoulous>.
- Alscher R .G., Denahve J.L, and Cramer C.L. (1997), reactive oxygen species and anti-oxidants relationship in cells-physiol-plant. 100: 224-233, In : Baccouch S (2001), Etude de la contribution des enzymes antioxydants dans les processus de détoxification de métaux lourds (Ni, Cd) chez le maïs et Tournesol. Thèse .Tunis, pp : 19-31, 95-156.
- Anonyme1(2001), Evaluation de la politique communautaire [enligne], disponible sur : <ec.europa.eu/agriculture/eval/reports>.
- Anonyme 2 (2008), marché des céréales, conseil international des céréales [en ligne] N°377, p.p :1Disponiblesur : <www.igc.org.uk/fr/downloads/gmrsummary/gmrsummf >.
- Anonyme 3 (1996), statistique agricoles des céréales cultivé en Algérie, ministère de l'agriculture, In : Houasine D (s.d), adaptation au stress hydrique de quelques variétés de blé dur, N°44, p.30, 1011-9582.
- Baaziz M., Aouad and Mergoum M. (2003), quantitative and qualitative aspects of peroxydase in some maroccan cereal varieties and relation ships with the in vitro growth potential, plant peroxydase new sletter [en ligne] 15: pp :13-21. disponible sur : <+ file :// A:LAB pv %20 new sletter %20 issue % 2015.htm> .
- Baccouch S (2001), Etude de la contribution des enzymes antioxydants dans les processus de détoxification de métaux lourds (Ni, Cd) chez le maïs et Tournesol. Thèse .Tunis, pp : 19-31, 95-156.
- Ben naceur M, Rahmoune C, Dellaa Y. (2004), les peroxydases sont des indicateurs de tolérance au stress salin chez l'eucalyptus au stade de la germination .séminaire international écologie environnemental urbaine
- Ben naceur M,Rahmoune C H,Sdiri H,Medahi M,Selmi M (2001),Effet du stress salin sur la germination ,la croissance et la production en grains de quelques variétés Magrébines de blé ,sechersse ,vol :12,N°3,p.p :167-174.
- Bowles et al. (1992) In : Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997), Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux, Masson, Paris, P.P :125.147165 – 178.
- Bruneton J.(1993), pharmacognosie phytochimie plantes médicinales, technique et documentation Lavoisier, paris, p : 134, ISBN : 2-85206-911-3.

- **Bufler et Bengert.** (1980) In: **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F.** (1997), *Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux*, Masson, Paris, P.P :125.147, 165 – 178.
- **Burdon R. H** (1993), stress proteins in biochemical response to field water deficits I. Responses of glutathione reductase activity and paraque sensitivity plant *physiol.*, 79 p.p:415 – 419.
- **Cakmak I and Horst W.J.** (1991), effect of aluminium on lipoperoxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tipe of soybean (*lycine max*), *physiol-plant.*, 83.p.p:463-468.
- **Cavalcanti F.R , Oliviera J.T.A , Aparecida S.M.M., Vrésgas R.A., Gomes silveira J.A.**(2004),superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities de not confer protection against oxidative damage in solt stress cowpea laves now *phytologist[en ligne]* , 163:563-571-disponible sur : <www.new phytologiste.org>.
- **Chaoui A., Mazhodis, Chorbali M.H** (), effects on antioxydant enzyme activities in bean (*phaselus Vulgaris L.*) *plant Sci.*, 127: 139. [Ciheam .org / om/pdf/ a40/006000 48](http://Ciheam.org/om/pdf/a40/00600048)>.
- **Clos J et coupé M.** (2001), *Biologie des organismes intégrité, identité et prévenité des organismes animaux et végétaux face aux contraintes abiotiques*, Ellipses édition Marking S.A, paris, p. 166, ISBN : 2-7298-0677-6.
- **Côme D.** (1992), *les végétaux et le froid*, hermans, paris, p.p : 14-15, ISBN : 2 7065 61670.
- **Decleire et al. .** (1984) In: **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F.** (1997), *Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux*, Masson, Paris, P.P :125.147, 165 – 178.
- **Diani Z., Hissou D., et Quarraqui E, (S.d)**, recherche des marqueures biochimiques dans la résistance du blé dur a l'infection par *septoria tritici*[en ligne], disponible sur <www.sfbbm.fr/pdf/congress-2006>.
- **Djimet- Baboum A.** (2006), *l'agriculture et développement dans le monde*. Ellipses Edition Markiting S.A, paris, P.P : 73.
- **Endress et al.** (1980) In : **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F.** (1997), *Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux*, Masson, Paris, P.P :125.147, 165 – 178.
- **Fao** (2006), *Indicateurs de l'alimentation et de l'agriculture pays Algérie*, E.108/Doc N° 4, N°32 [en ligne], S.L, Fao Disponible sur : < [www.fao.org/es/ESS/fr/compendium - 2006/pdf/AIG-ESS-F](http://www.fao.org/es/ESS/fr/compendium-2006/pdf/AIG-ESS-F)>.

- **Feillet P. (2000)**, le grain de blé composition et utilisation, INRA, paris. P.P.: 1. 130-133, 288.1444-7605.
- **Foyer C.H and Harbinson J. (1994)**, Oxygen metabolism and regulation of photo oxidative stress and amelioration of defence system in plants. (C.H foyer and P.M.Mullineaux, Eds), pp: 1- 42. CRC press, Boca FL. O-84 83 – 5443- 9.
- **Jiri N, Chaïbi W, Ammar S, Jimmali A, Ayad A, (2001)**, root growth and lignification of two wheat species differing in their sensitivity to NaCl in response to salt stress [En ligne] p.p 863-868 disponible sur: «science directe».
- **Hadi M. (2004)**, la quercétine et ses dérivés : molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs des radicaux libres ; études et applications thérapeutiques, l'université Louis pasteur Domaine : pharmacochimie. 155p.
- **Hazel et Murray. (1982)** In : **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997)**, Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux, Masson. Paris. P.P :125.147, 165 – 178.
- **Hazmoune T. (1997)**, Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie, ciheam. ITCG, Khroub.
- **Hopkins W.G. (1995)**, la physiologie des plantes soumises aux stress In : physiologie Végétale, deboeck & lacier, (s.l.), p.p :451-473, 2-7445-0089-5.
- **Horsman et Welburn. (1976)** In: **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997)**, Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux. Masson. Paris. P.P :125.147, 165 – 178
- **Hausladen et al. (1990)** In : **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997)**, Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux, Masson. Paris. P.P :125.147, 165 – 178.
- **Gaspar et al. (1982)** In · **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997)**, Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux, Masson, Paris. P.P :125.147. 165 – 178.
- **Khan et Malhotra. (1982)** In : **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997)**, Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux, Masson. Paris. P.P :125.147, 165 – 178.
- **Kampfendkel K., Vammontagum., and Inzed (1995)**, Effects of iron excess on nicotiana plumbaginifolia plants. Implications to oxidative stress. Plant physiol.. 107:725-735.
- **Kangasjärvi J., Talvinen J., Uirinen M and Karjalainen R. (1994)**, plant defence systems induced by ozone commissioned review. plant cell environ. , 17:783 – 794 .
L'agriculture, B p Im : houasine D (S.D) adaptation au stress hydrique de quelques

variétés de blé dur, N° 44, p.30 .1011-9582.

- Kasperrka-Palacz et Uliasz. (1974) In : Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F (1997), Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux: Masson. Paris, P.P :125.147. 165 – 178.

- Keller. (1974) In : Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997), Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux. Masson, Paris, P.P :125.147. 165 – 178.
- Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997), Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux, Masson, Paris, P.P :125.147, 165 – 178.

- Larbi A., Mekliche A., Abed R., Badis M (S.d), Effet du déficit Hydrique sur la protection de deux variétés de blé dur:(triticum turgidum L.var. durum) en région semi-aride. options méditerranéennes [en ligne], P.P : .295-297, disponible sur : <vessources.ciheam.org/com/pdf/a40/00600048>.

- Lavale –martin D et Mazliak P. (1995), physiologie végétale 1 : nutrition et métabolisme, hermann, paris, p.p :509-526,2 7056 6253 7

- Lee et al. (1976) In : Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997), Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux. Masson, Paris, P.P :125.147. 165 – 178.

- Lepoivre P.H.(2003), phytopathologie : Bases moléculaires et Biologique des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. deboeck & lacier. S.A.. P.P : 9-43, ISBN : 2-8041-4115-2.

- Levit. (1973) In : Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997), Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux. Masson. Paris, P.P :125.147. 165 – 178.

- Louni F et Niyonger F. (2004), contribution à l'étude de l'activité antioxydant des huiles essentielles du faux poivrier sur une huile alimentaire Analyse physico-chimique des huiles essentielles des trois plantes *cardus atlantica*, *shinus molle* et *lippia citriodora*. Institut national agronomique El-Harrach, p.p :4.

- Luna C.M., Gonzalez C.A and Trippi V.S. (1994), oxidative damage caused by excess of copper in oat leaves. Plant cell physiol ., 35:11- 15 .

- Magourhat K et Baaziz M.(2004), diversité et caractéristique des peroxydases foliaires, du palmier dattier. enzymologie et métabolisme . congré international de biochimie, Marakech ,p.p :153-156.

- Maier. (1978) In : Lagarde. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997), Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux. Masson, Paris, P.P :125.147. 165 – 178.

- Mates J.M., Perez – Gomez C and Numez de castro I. (1999), Antioxydant

enzymes and human diseases . Clin. Biochem, 34. 595 – 603.

Medhyn C. (1994), Active Oxygene species in plants. Annu.Rev.Biochem-.53:625-663.

▪ **Melkon et al. (1986)** In : **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997)**, Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux, Masson, Paris, P.P :125.147165 – 178.

▪ **Meyer S, Reeb C et Bosde veix R. (2004)**, botanique: biologie et physiologie végétale. Maloine, Paris, p: 309.

▪ **Mishran P., Fatma T and Singhal G. (1995)**, Development antioxidative défense system of wheat seedlings in responses to high light. Plant physiol, 95:77 – 82.

▪ **Mohammedi Z. (2006)** étude du pouvoir Antimicrobien et Antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plante de la région de Tlemcen [en ligne]. université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen. p.p : 24-29 disponible sur <biologie-univ-mas-fr/upload/p210/01-stress-oxydatif M1-fin >.

▪ **Monk L.S, Fagerstedt K.V, Crawford R.M.M. (1989)**, oxygen toxicity and superoxide dismutase as an antioxidant in physiologic stress . Physiol plant. 76: 456 – 459.

▪ **Nakano y and Asada K. (1981)**, Hydrogen peroxyde scavenged by Ascorbat specific peroxidase in spinash chloroplasts. Plants cell physiol., 22:687 – 880.

▪ **Navary-Izzo F, Pinzino C., Quart-Accin F and SG Herri C.L.M.(1994)**, Intercellulaire membrans : kinetics of superoxide production and changes in thylakoids of resurrection plants upon de hydration, proceeding of the Royal Society of Edinburgh section , 102 B : / 87-191

▪ **Navari et Izzo. (1994)** In : **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997)**, Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux, Masson. Paris. P.P :125.147, 165 – 178.

▪ **Novelli G.P. (1997)**, Rôle of free radicals in septic shock. J physiol pharmacol. 48. 515-527.

▪ **OCDE. (2005)**, Agriculture, échanges et environnement le secteur des grand cultures. S.L, P.P : 3, 39.

▪ **Osswled et al. (1987)** In: **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F. (1997)**, Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux, Masson. Paris. P.P :125.147165 – 178.

▪ **Pelmon J. (1993)**, enzymes office des publication universitaires. (S.L). p.p :517-531. ISBN /2-700 61-03 63.9.

- **Pandolfini T, Gabbrielli R and Compaini.** (1992), Nickel toxicity and peroxydase activity in seedling of *triticum aestivum* L. *plant, cell and environ.* 15:719-725.
- **Rabe et Kreeb .** (1979) In: **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F.** (1997), *Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux.* Masson, Paris. P.P :125.147, 165 – 178.
- **Randenput R.** (1981), *les principales cultures en Afrique centrale.* Randenput.R. Belgique. P.P : 419-425, 663.
- **Rao et Dubez.** (1990) In : **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F.** (1997), *Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux,* Masson. Paris. P.P :125.147, 165 – 178.
- **Remon E.**(2006), *Tolérance et accumulation des métaux lourds par la végétation spontanée des friches métallurgiques : vers de nouvelles méthodes de bio-dépollution [enligne],université Jean Monnet disponible sur :< www.emse.fr/bouchorten/recherche/publications/thèse/thèse Remon/20>.*
- **Salin.** (1998) In : **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F.** (1997), *Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux,* Masson, Paris, P.P :125.147. 165 – 178.
- **Sehmer L, Alaoui – Sosse B and Dizengremed P.** (1995), *Effet of salt stress on growth and the detoxifying pathway of pedunciated oak seedlings (Quercus robur L.).* *J.plant physiol.* 147:144 – 151.
- **Somashekariah B.V, Padmajak and Prasad A.R.K.** (1992), *phytotoxicity of cadmium ions on germinating of mung beam (Phaseolus vulgaris), Involvement of lipid peroxides in chlorophyl degradation.* *Physiol.*, 58: 85 – 89.
- **Streb P., Michaelknauf A and Feierabend J.** (1993), *preferential photoinactivation of catalase and photoinhibition of photosysteme – II are common early symptoms under various osmotic and chemical stress conditions ,* *physiol . Plant*, 88:590 – 598.
- **Tourte Y., Bordonneau M, Henry M et Tourte C.** (2005), *la santé et les maladies des plantes photopathologie et photoprotection. In :le monde des végétaux organisation, physiologie et génomique ,Dunod,Paris,pp :1,130-133,288. 14-44-7605.*
- **Van Assche F, Cardinaels C and Elijsters H.** (1988), *Induction of enzyme capacity in plants as a result of heavy metal toxicity: dose response relation in Phaseolus vulgaris L... treated with zinc and cadmium environm .poll ..* 52:103-115.
- **Van Loon.** (1986) In : **Lagadic. L, Caquet .H, Amiord.J-C, Ramade.F.** (1997), *Biomarqueur écotoxicologie Aspects fondamentaux.* Masson, Paris. P.P :125.147. 165 – 178.
- **Vansant G.** (2004). *Radicaux libres et anti-oxydants : principes de base. symposium*

« antioxydants et alimentation ». Institut Danone.

- Weckx J and Clijsters H. (1997), Zn phytotoxicity induces oxidative stress in primary leaves of phaseolus vulgaris, plant physiol biochem. 35(5): 405 – 410.
- Wikipedia (2008), [en ligne], disponible sur : <fr.wikipedia.org>.
- Zhou W, L.Kolb F and E.Riechers D.(2005), identification of proteins induced or upregulated by fusarium head blight infection in the spikes of hexaploid wheat (triticum aestivum), Genome [en ligne], 48, G05-041, p.p 770-780, disponible sur: <article.pubs.nrc-cnrc.gc/ppv/Rpview Doc?issn:0831-27968 & volume=48 issue=5 a St art paye: 770 >.
- Zörb CH, Schmiß S, Neeb A, Karl S, Linder M and Sennhubert S.(2004), the Biochemical réaction of maize (Zea mays L.) to salt Stress is characterized by a mitigation of symptôms and not by a specific adaptation, plant science [en ligne]. p.p: 91-99 disponible sur: < science directe>.
- عبد الجواد.ع نور الدين. ن فايد.ط (1989) مقدمة في علم المحاصيل أساسيات الإنتاج العربية للنشر و التوزيع. القاهرة. 977-1475-33-9.



التلخيص:

على الرغم من الأهمية التي تحضي بها الزراعات الكبرى في العالم ، إلا أنها لا تزال تعاني من العديد من المشاكل ، من بين هذه المشاكل الإجهادات الحيوية والتي تضم الفيروسات البكتيريا الفطريات ...الخ وكذا الإجهادات الحيوية مثل الحرارة المرتفعة و الملوحة ، الجفافالخ كل هذه الإجهادات تسبب أضرار كبيرة تؤثر على المردود والنوعية بالنسبة لهذه النباتات .

في دراستنا النظرية هذه حاولنا إبراز إحدى أهم وسائل الدفاع التي تستعملها النباتات وهي مضادات الأكسدة التي تلعب دور

كبير في التخلص من الجذور الحرة للأوكسجين الناتجة عن مختلف الإجهادات

الكلمات المفتاحية : إجهاد ، إجهاد حيوي ، إجهاد لا حيوي ، مضادات أكسدة ، إنزيمات .

Résumé

Comprendre les mécanismes physiologiques par lesquels les végétaux peuvent tolérer les stress biotiques et abiotiques est aussi bien important du point de vue biochimique qu'économique. Nous avons choisi d'étudier le mécanisme de tolérance au stress chez les grandes cultures (blé, maïs et tournesol). Par une analyse théorique, nous avons étudié le rôle des différentes molécules antioxydants exprimés lors du stress comme les peroxydases, le glutathion et la catalase. Le stress provoque un stress oxydatif et les antioxydants maintiennent l'homéostasie redox. Le maintien de l'homéostasie redox et ionique est essentiel dans la tolérance aux stress biotiques et abiotiques. La tolérance aux stress des plantes pourrait être amélioré par ingénierie génétique et les antioxydants devraient jouer un rôle central pour améliorer la défense des plantes.

Les mots clés : stress, stress biotique, stress abiotique, antioxydants, peroxydase, catalase glutathion

Abstract :

To understand the physiological mechanisms by which plants can tolerate biotic and abiotic stress is also very important from the standpoint biochemical and economically. We chose to study the mechanism of stress tolerance among major crops (wheat, corn and sunflower). In a theoretical analysis, we studied the role of different molecules antioxydants expressed during stress as peroxydases, glutathione and catalase. Stress causes oxidative stress and antioxidants maintain homeostasis redox. Maintaining redox homeostasis and ionic is essential in tolerance to biotic and abiotic stresses. The stress tolerance to plants could be improved by genetic engineering and antioxidants should play a central role to improve the defense plants.

Keywords: stress, biotic stress, abiotic stress, antioxidant, catalase, peroxidase, glutathione