

RESISTANCE DU COLZA A LA SECHERESSE REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

BOUJGHAGH, M., * et BENSAOUD, A., **

INTRODUCTION

Originaires des régions méditerranéennes du Sud-ouest de l'Europe où les deux espèces parentales se rencontrent (MORICE, 1963), le colza (*Brassica napus* L., $2n = 38$) est une crucifère amphidiploïde issue du croisement interspécifique naturel entre le Chou (*Brassica oleracea* L., $2n = 18$) et la navette (*Brassica campestris* L., $2n = 20$) (U, 1935 in MORICE, 1963).

Actuellement le colza, cultivé essentiellement dans les zones tempérées du Nord, est devenu une espèce oléoprotéagineuse ayant contribué à l'accroissement des ressources en huile et en protéines dans plusieurs pays. En France la culture du colza a connu une relance importante durant les vingt dernières années. Au Maroc cette culture, jusqu'à présent en essais de démonstrations chez les agriculteurs, est soumise à des contraintes multiples parmi lesquelles la sécheresse est le facteur le plus limitant. La pratique de l'irrigation qui permettrait de réduire les effets de cette contrainte demeure trop onéreuse.

Dans ces circonstances l'amélioration génétique reste le moyen le plus efficace pour disposer d'un matériel végétal adapté aux conditions pédo-climatiques marocaines. Il s'agit là de tester et de sélectionner des variétés aptes à maintenir un niveau de rendement en grains et en huile, aussi satisfaisant que possible, malgré une alimentation restreinte en eau.

* INRA. Centre Régional du Saïs et Moyen Atlas. 3, Esplanade du Docteur Giguet. Méknès.

** Université de Rennes I. Laboratoire de Biologie. 35042 Rennes Cedex, France.

Dans le but de mettre au point des critères de sélection fiables, la connaissance des facteurs morphophysiologiques conduisant à la compréhension des mécanismes de la résistance ou de la tolérance à la sécheresse est indispensable. En effet l'adaptation de la plante à la sécheresse est un phénomène complexe qui intègre des processus nombreux. Le déficit hydrique entraîne des perturbations métaboliques dues à des modifications au niveau cellulaire, subcellulaire et moléculaire (turner, 1979).

Ainsi dans cette revue bibliographique il nous a semblé utile de dégager les effets du déséquilibre hydrique sur la croissance et le développement du colza en vue de définir les paramètres morphologiques et physiologiques liés à la résistance à la sécheresse pouvant servir à des tests de sélection. En effet les praticiens et chercheurs se trouvent souvent désarmés devant la complexité de ce phénomène. Plusieurs méthodes d'étude existent et il est nécessaire de connaître leur intérêt et les limites de leur utilisation.

effets de la contrainte hydrique

a - absorption de l'eau par la plante

La quantité d'eau dans la plante est le résultat d'un équilibre entre l'alimentation en eau et son émission dans l'atmosphère. En effet les plantes sont comparées à des pompes qui prélèvent l'eau du sol et l'émettent dans l'atmosphère sous forme de vapeur. Ce circuit sol-racines- "feuilles" - atmosphère présente des points de résistance à tous les niveaux.

L'absorption de l'eau se fait par les racines et essentiellement par les poils absorbants. L'eau pénètre par des forces physiques qui résultent d'une part de l'excès de pression des cellules absorbantes sur la solution du sol et d'autre part de la succion exercée par la poussée radiculaire et l'appareil foliaire (RENNER, 1915 cité par KRAMER, 1974).

L'eau absorbée par la plante s'élève dans la tige par un appel foliaire dû à la transpiration. Là aussi le phénomène est purement physique et dépend du milieu extérieur. L'eau est émise au niveau des stomates dont l'ouverture est soumise à la régulation (mécanismes photoactif et hydroactif). Cette régulation joue un rôle important dans les réactions d'adaptation au stress hydrique.

b - conséquences du déficit hydrique

L'effet du déficit hydrique est plus ou moins néfaste suivant le stade auquel il se produit. Le rendement du colza est affecté quand la sécheresse intervient pendant l'anthèse. Toutefois toutes les composantes du rendement ne présentent pas la même sensibilité. Ainsi le nombre de siliques par plante et le nombre de graines par silique sont réduits quand la contrainte se situe à l'anthèse.

Le poids de 1000 grains est affecté au début du replissage des siliques (RICHARDS et THURLING, 1978a). Les travaux menés par BALESTRINI et al., (1983) au stade de croissance végétative de la rosette, montrent que le colza,

relativement peu sensible à la sécheresse, est capable de récupérer rapidement après réhydratation . Il semble cependant que la reprise n'est plus possible au-delà d'un potentiel de -23 bars .

Ainsi, les effets de la contrainte hydrique varient en fonction du cycle de développement et de l'intensité du déficit . Ils sont également supportés de façons différentes selon les variétés (BALESTRINI, 1982) . La tolérance du colza à la sécheresse comporte à la fois des aspects anatomiques, morphologiques et physiologiques (VARTANIAN, 1977) .

mécanismes généraux de la résistance à la sécheresse

En terme agronomique, la résistance à la sécheresse est la capacité des génotypes à maintenir une photosynthèse active permettant une certaine production au cours de l'appauvrissement du sol en eau (MONNEVEUX et al., 1986) . Selon VARTANIAN et al., (1984), la résistance à la sécheresse est déterminée par des transformations morphologiques et physiologiques résultant des réorientations métaboliques induites par la contrainte hydrique .

Parmi les modalités d'adaptation à la sécheresse, LEVITT (1980) distingue deux grands ensembles qui sont soit l'aptitude à éviter la déshydratation soit l'aptitude à tolérer la déshydratation .

a - aptitude à éviter la sécheresse

Les plantes évitent la sécheresse, "Drought escape" selon TURNER (1979) ou "Stress avoidance" selon LEVITT (1980), en effectuant leur cycle de développement pendant les courtes périodes de moindre déficit hydrique . Leur adaptation essentielle réside dans la vitesse et la précocité de germination, de croissance, de floraison et de fructification ; Dans ce cas la sélection peut être basée sur la réduction du cycle de développement . Cependant la précocité est corrélée négativement avec le rendement durant les années pluvieuses . En effet TURNER (1979) souligne que lorsque l'alimentation en eau est satisfaisante, le rendement est corrélé positivement avec la date de maturité .

b - aptitude à tolérer la sécheresse

Pour conserver un bilan hydrique satisfaisant malgré la raréfaction de l'eau du sol la plante peut :

- réduire les pertes d'eau par transpiration
- Maintenir un approvisionnement efficace en eau,
- privilégier certaines parties de la plante du point de vue de leur approvisionnement en eau .

1 - La réduction des pertes d'eau

La réduction des pertes d'eau s'obtient par l'installation de barrières morphologiques et physiologiques . Elle peut se faire par un contrôle stomatique

ou par d'autres voies, telle la réduction de la surface transpirante . Celle-ci a fait l'objet de plusieurs travaux . BLANCHET et GELFI (1978), dans une expérience d'ablation de folioles, ont montré qu'une réduction de l'indice foliaire améliore sensiblement l'efficience de l'eau . BRUN et al. , (1972) rapportent l'existence d'une corrélation étroite entre l'évapotranspiration d'une culture et son indice foliaire . Ainsi, *les génotypes à développement foliaire réduit sont à rechercher pour améliorer l'efficience de l'eau* .

2 - Augmentation de l'absorption de l'eau

La densité des racines et leur croissance en profondeur sont les principaux paramètres de l'absorption de l'eau . Il existe, en effet, une relation étroite entre la croissance du système racinaire et la production grainière en conditions de sécheresse (BELZAKOV, 1968 ; DANILCHUK et al., 1971) . Ce caractère dont dépend étroitement la capacité de la plante à s'alimenter en eau, est pris en considération dans plusieurs études de la résistance à la sécheresse (RICHARDS et THURLING, 1978a) . Son intérêt en sélection sera abordé dans la partie suivante .

Par ailleurs, l'amélioration de la conductance hydraulique dans la plante entière (RICHARDS et PASSIOURA, 1981) et la diminution du rapport de la biomasse aérienne à la biomasse racinaire, contribuent également à augmenter l'absorption de l'eau chez le colza (BALESTRINI, 1982) .

la rhizogénèse de sécheresse chez le colza

Dans certaines familles de dicotylédones, en particulier les crucifères, une rhizogénèse originale induite par la sécheresse a été observée (VARTANIAN, 1972a) . Elle correspond à la mise en place, à partir d'un seuil critique de déficit hydrique, de nouvelles racines aux caractéristiques structurales et fonctionnelles de survie et d'attente (VARTANIAN, 1981) . En effet, dans les horizons desséchés du sol, ils se forment de nombreuses racines qui restent courtes en conservant leur méristème . Elles se tubérisent en accumulant de l'amidon dans un parenchyme cortical hypertrophié . Elles sont dépourvues de poils absorbants . Dès que les conditions hydriques redeviennent favorables, ces racines courtes tubérisées sont susceptibles de se couvrir de poils avant même de reprendre leur croissance (WERTHEIMER et al., 1981) . Après la contrainte hydrique, la réhydratation permet la reprise d'activité du système racinaire, dont une meilleure reprise de la croissance (VARTANIAN, 1971 ; VARTANIAN, 1972a et b ; BALESTRINI, 1982) .

a - cinétique de la rhizogénèse

Les travaux réalisés sur *Brassica napus* (BALESTRINI, 1982) montrent que l'activité rhizogène, au cours de la croissance en conditions de dessèchement progressif se manifeste selon une cinétique sigmoïdale . Le phénomène est donc du type "tout ou rien" . Le nombre maximum de racines tubérisées est atteint dans un court délai (6 jours environ) . La rhizogénèse de sécheresse s'exprime pour des valeurs inférieures au point de flétrissement permanent . A partir d'un

seuil de potentiel hydrique d'environ -0,6 MPa, il y a initiation croissante de racines courtes tubérisées qui se poursuit jusqu'à un potentiel de -3 MPa .

Il existe une relation étroite entre la baisse du potentiel hydrique des organes aériens ou celui du sol et la formation de racines courtes tubérisées . En effet, l'expression de la rhizogénèse de sécheresse coïncide avec la chute du flux transpiratoire et le ralentissement général de la croissance . L'évolution de la biomasse racinaire semble moins sensible au déficit hydrique . Mais le rapport "biomasse aérienne/biomasse souterraine" diminue progressivement avec l'apparition du déficit hydrique . L'ablation du bourgeon terminal semble inhiber la rhizogénèse de sécheresse (VARTANIAN, 1984) .

Une étude métabolique (GEAY et al., 1983), entreprise parallèlement dans les racines courtes de sécheresse et dans la plante entière, a montré des variations des teneurs en ARN totaux et en protéines . Il apparait une augmentation de la concentration de ces macromolécules dans les racines tubérisées et une diminution régulière de leur teneur à l'échelle de la plante entière .

b- variabilité génétique de la rhizogénèse de sécheresse

La rhizogénèse de sécheresse, dont l'intensité se mesure par le nombre de racines courtes tubérisées formées et leur vitesse d'initiation, présente des variabilités intergénétiques, interspécifiques et intraspécifiques . Ainsi, TISSERAND (1985) rapporte que *B. nigra* développe plus de racines courtes tubérisées que *B. oleracea* ou *B. campestris* . L'espèce *B. napus* présente une situation intermédiaire par rapport à ces dernières . VARTANIAN (1984) signale que les différences sont plus marquées lorsqu'on considère la position spatiale de ces racines . En effet, les hybrides *Raphanobrassica* et *B. napus* semblent avoir hérité de la forte potentialité rhizogène du pivot du parent *B. oleracea* . Par contre, l'hybride *B. carinata*, résultant du croisement entre *B. oleracea* et *B. nigra*, ne forme pas de racines courtes sur le pivot .

Chez le colza des différences variétales ont été observées au champ lors des périodes de sécheresse prolongées (GETIOM, 1976, 1978, 1982) . L'étude des caractéristiques rhizogènes en conditions contrôlées a montré que 3 génotypes KID, JET NEUF et GORZANSKI sont caractérisés par une expression rapide et une forte intensité de la rhizogénèse (près de 300 racines sont formées à partir du quarantième jour) . Le génotype PRIMOR se distingue par une expression lente et une intensité plus faible (environ 120 racines courtes) (BALESTRINI, 1982) . Par ailleurs, aucune différence génotypique significative n'a été observée au niveau de l'intensité de la rhizogénèse du pivot . *Il semble donc que la variabilité génétique de la rhizogénèse chez le colza offre une voie d'approche pour la sélection de variétés aptes à supporter la sécheresse et à reprendre leur croissance après celle-ci .*

sélection pour la résistance à la sécheresse

Pour l'agronome, la résistance à la sécheresse s'apprécie par l'aptitude de la plante à maintenir son rendement aussi élevé que possible en présence de déficits

hydriques plus au moins accentués survenant à des stades variables de son cycle de développement (MARTINIELLO, 1984; GELFI et al., 1985). Le généticien, quant à lui, devra rechercher une information ou un test beaucoup plus précoce qui permettrait de cribler les collections variétales afin d'en extraire les génotypes ayant un bon comportement en conditions de sécheresses.

Plusieurs chercheurs ont tenté de mettre au point des méthodes de prédiction précoces de la résistance à la sécheresse. Mais les résultats obtenus furent variables et aucune méthode n'est actuellement généralisable.

a- paramètres d'évaluation du stress hydrique

L'expression des mesures de l'état de l'eau dans la plante joue un rôle important dans l'interprétation et la comparaison des résultats. KRAMER (1969) rapporte que la meilleure évaluation du déficit hydrique des plantes est la mesure du potentiel hydrique. Le potentiel hydrique foliaire est couramment utilisé.

MARTENS et CARBELGUENNE (1974) ont montré qu'à la capacité au champ, la mesure du potentiel hydrique foliaire ne fait apparaître d'effet "génotype". En revanche au point de flétrissement permanent cet effet apparaît nettement. Il semble donc que les variétés résistantes à la sécheresse continuent à transférer l'eau même en état de fanaison. Cette situation privilégiée s'accompagne de modifications de comportement du système racinaire, de la photosynthèse et de la régulation stomatique.

b- système racinaire

L'amélioration de la tolérance des plantes à la sécheresse par la sélection de morphogénèses racinaires adaptés à la contrainte hydrique, constitue une voie de recherche intéressante. Ainsi la sélection basée sur l'importance du système racinaire, en liaison avec la productivité a été entreprise chez plusieurs espèces.

Chez le colza comme chez la navette, RICHARDS et THURLING (1978b) associent les différences variétales dans la production grainière en conditions sèches au rapport entre la masse de matière sèche du pivot et celle des racines latérales. Cette expérimentation, menée en plein champ, a mis en évidence, à différentes phases végétatives, l'importance de ce rapport dans le déterminisme du rendement. De ce fait le rapport "biomasse souterraine/biomasse aérienne" est négativement corrélé avec le rendement. L'étude menée par TISSERAND (1985) fait apparaître des différences interspécifiques. Chez le groupe des moutardes (*B. nigra*, *B. juncea* et *B. carinata*) le système racinaire est plus important que le système foliaire. Inversement, les espèces *B. napus* et *B. campestris* présentent une croissance supérieure de la biomasse aérienne. Ainsi les espèces "moutardes", originaires des régions arides (Asie du Sud) développent un système racinaire plus "agressif" que celui des autres; ce qui leur confère une meilleure résistance à la sécheresse. Ce caractère peut être transféré par croisements interspécifiques. En effet, BURSON (1979) a mis en évidence chez le colza une supériorité de la longueur du pivot de l'hybride de 8,7% par rapport à celle du parent moyen.

L'exploitation de la variabilité génétique de ce caractère paraît donc un atout favorable pour l'amélioration de la résistance au stress hydrique . Il serait intéressant d'opérer à un stade précoce sur jeunes plantules, en supposant que les mesures effectuées puissent être reliées à la masse des racines à maturité en plein champ . Les travaux de VIEIRA DA SILVA (1984) confirment l'utilité de la sélection précoce portant sur la vitesse de croissance des racines . TOWNLEY et al ., (cités par HURD, 1976), en mesurant la longueur des racines de 5 à 7 jours après la germination, ont montré que les cultivars ayant un système racinaire développé à maturité ont les racines les plus longues .

c- comportement photosynthétique

L'assimilation photosynthétique du CO₂ diminue progressivement en fonction du degré d'assèchement du sol (PHAM THI et VIEIRA DA SILVA, 1977) . Le stade de mesure de celle-ci est important car les phénomènes sont plus au moins accentués selon la phase de développement considérée de la plante. Cette sensibilité semble varier avec les génotypes .

En revanche, l'étude du point de compensation pour le CO₂ (concentration de CO₂ pour laquelle il y a équilibre entre le flux d'entrée et le flux de sortie de CO₂) offre une certaine variabilité génétique (PHAM THI, 1976) .

Ainsi, la capacité des plantes à maintenir leur photosynthèse lorsque les stomates sont fermés, constitue un bon indice de la résistance à la sécheresse . L'utilisation du point de compensation pour le CO₂ peut être envisagé pour le criblage des variétés .

d- comportement stomatique

Dans les conditions de sécheresse, le fonctionnement des stomates n'est pas identique chez les génotypes d'une même espèce (KOZLOWSKI, 1972) . L'existence d'une certaine variabilité génétique dans la densité stomatique ne permet pas, à elle seule, de cribler les génotypes résistants à la sécheresse (JONES, 1979) . Il est donc nécessaire de s'intéresser directement à la résistance stomatique . Celle-ci peut être mesurée à l'aide d'un poromètre à diffusion de vapeur d'eau .

La résistance stomatique varie en fonction du stade de développement de la plante . MORGAN (1977) rapporte que, d'une manière générale, la conductance stomatique après anthèse est supérieure à celle de l'avant anthèse . Cette différence a été reliée à la sensibilité connue chez le colza à des périodes de stress intervenant à ce stade (RICHARDS et THURLING, 1978a) .

e- test de germination

L'aptitude germinative des graines dans des solutions à différents potentiels osmotiques pourrait permettre de cribler les variétés résistantes à la sécheresse . La méthode proposée par WILLIAMS et al ., 1969 consiste à déterminer le pourcentage de germination dans une solution de mannitol à une pression

osmotique de 15 atm . Les travaux entrepris par RICHARDS et THURLING (1978c et 1979) sur **Brassica napus** et **B. campestris** montrent que la réponse variétale dépend du potentiel osmotique de la solution . D'une manière générale, le pourcentage de germination diminue graduellement en fonction du potentiel osmotique et il est notablement affecté quand celui-ci est de -17,5 bars . Les cultivars de **B. napus** semblent moins sensibles que ceux de **B. campestris** . Par ailleurs les différences intraspécifiques sont significatives . La variabilité génétique de ce caractère est estimée à 55% (RICHARDS et THURLING, 1979). Toutefois, les résultats obtenus pour ce caractère sont faiblement corrélés avec les rendements obtenus au champ sous conditions de sécheresse (RICHARDS et THURLING, 1979) . Cette différence proviendrait de l'interaction de plusieurs facteurs parmi lesquels le stress salin jouerait un rôle non négligeable . En effet, la contrainte hydrique liée à la sécheresse s'accompagne généralement d'une contrainte saline . **Ainsi, la germination dans des solutions salines peut être utilisée pour prédire la tolérance des plantes adultes à la sécheresse** (GOODIN, 1979) .

g- teneur en proline

Lors d'un stress hydrique, la plante ajuste son potentiel osmotique par l'accumulation de solutés tels que les glucides solubles et certains acides aminés libres (MUNNS et al ., 1979) . Parmi ces derniers, la proline a été mise en évidence chez plusieurs espèces (ASPINALL et PALEG, 1981) .

Le rôle de cet acide aminé dans la résistance à la sécheresse est actuellement mal connu . S'agirait-il d'une conséquence métabolique de l'action du stress (SINGH et al ., 1977) ou participerait-il à un mécanisme biochimique impliqué dans la résistance (STEWART et BOGGES, 1978) ? Quoi qu'il en soit, si des variations quantitatives intra-et interspécifiques se présentaient, l'aptitude à accumuler la proline en réponse à un stress pourrait être exploitée pour différencier les génotypes résistants à la sécheresse . En effet des différences intergénomiques ont été mises en évidence chez plusieurs espèces .

Chez le colza, les études menées par RICHARDS et THURLING (1978c, 1979) montrent que la proline ne s'accumule dans les feuilles que lorsque le point de flétrissement permanent est atteint . Les différences intergénomiques de la teneur en proline sont en accord avec les variations de la productivité en plein champ sous des conditions de sécheresse . Cependant, 13% seulement de ces variations seraient imputables à l'accumulation de proline . L'héritabilité de ce caractère est estimée à 40% (RICHARDS et THURLING, 1979) . **Ainsi, l'accumulation de proline semble être un bon critère pour la recherche de génotypes résistants à la sécheresse .**

CONCLUSION

Cette étude montre que les mécanismes impliqués dans l'adaptation du colza à la sécheresse sont complexes . Il en ressort qu'il n'y a pas un type de résistance à la sécheresse universel mais de nombreux types selon les mécanismes morphologiques, physiologiques ou biochimiques mis en jeu . Face à ces phénomènes et leurs interactions, les résultats obtenus dans la création de variétés résistantes à la sécheresse restent d'une importance limitée . Dans ce cas, il paraît difficile de préciser les propriétés physiologiques qui sont à la base des réponses différentielles .

L'une des approches possibles de ce problème pourrait consister en une analyse des caractères héréditaires de l'adaptation des individus à leur environnement . Une autre ligne de recherche consisterait à exploiter les acquis physiologiques fondamentaux . Dans ce cas, le généticien se trouve confronté à deux problèmes essentiels :

- **Au niveau stratégique** : il s'agit de rechercher des variétés spécifiquement adaptées à la sécheresse ; ce qui permet d'obtenir de bonnes performances au prix d'une spécialisation relativement stricte .

- **Au niveau tactique** : il convient de sélectionner pour des propriétés physiologiques . Cependant, peut-on appliquer des tests de sélection à la fois précoces et simples alors que les caractères essentiels de la productivité s'expriment tardivement et de manière complexe ?

Actuellement, malgré la variabilité génétique rencontrée, aucun critère physiologique simple n'est valablement utilisé pour prévoir le comportement d'une variété en milieu sec . Compte tenu de la diversité des réponses au stress hydrique, la combinaison de plusieurs tests devrait permettre d'aboutir à un criblage précoce et efficace des génotypes intéressants . Les comportements racinaires et stomatiques associés à la capacité d'osmorégulation (accumulation de solutés ; proline, saccharose ...) à un stade précoce pourraient constituer des critères de prédiction simplifiés ayant une corrélation certaine avec les performances dans les conditions réelles de production .

RESUME

Sous les conditions climatiques marocaines, la culture du colza (*Brassica napus* L.) souffre des effets des déficits hydriques. La sélection des génotypes aptes à maintenir un niveau de rendement en grains et en huile satisfaisant, malgré une alimentation restreinte en eau, reste le moyen le plus efficace pour disposer d'un matériel végétal adapté à la sécheresse.

L'objet de cette revue bibliographique est de dégager les effets du déséquilibre hydrique sur la croissance et le développement du colza en vue de définir les paramètres morphophysiologiques liés à la résistance à la sécheresse.

Il ressort de cette étude que ce phénomène est complexe. Il est caractérisé par une diversité des réponses de la plante au stress hydrique. La combinaison de plusieurs tests est nécessaire à l'identification des génotypes intéressants. La formation de racines courtes tubérisées (rhézo-génèse de sécheresse) et la régulation stomatique sous stress hydrique associé à l'osmorégulation (accumulation de solutés tels que la Proline), à un stade précoce, pourraient constituer des critères de sélection ayant une corrélation certaine avec les performances des génotypes dans les conditions réelles de production.

MOTS CLES : *Brassica napus* L., Résistance à la sécheresse.

ABSTRACT

Under Moroccan climate, the colza (*Brassica napus* L.) suffers from the effect of water deficit. The selection of genotypes that are able to maintain high grain and oil yields under water stress is the only way to obtain genotypes adapted to water deficit.

The objective of this review is to highlight the effect of water deficit on growth and development of colza, with a view to define morphological parameters related to drought stress.

It is clear from this study that the phenomenon is complex and it is characterized by many responses of the plants to water stress.

The combination of many tests is necessary to identify the most interesting genotypes.

The formation of short bulbous roots (rhizogenesis to water stress) and the stomatal regulation, under which related to the osmoregulation (solute accumulation like proline), in early stages could constitute a good selection criteria which might be correlated with the ability of genotypes to withstand water deficit under real conditions.

ملخص

إن زراعة السلجم، (*Brassica napus*) في بلادنا تتأثر بالجفاف. والتحسين الوراثي هو أفضل طريقة للحصول على أصناف مقاومة له .

وهدف هذه الدراسة البيبليوغرافية هو استخلاص مدى تأثير الجفاف على السلجم إنطلاقا من مختلف الأبحاث التي أجريت في هذا الصدد من أجل إيجاد مقاييس مورفولوجية وفيزيولوجية تمكننا من تصفية الاصناف المقاومة .

كما يتبين من خلال هذه الدراسة أن استعمال عدة مقاييس في آن واحد هو أفضل وسيلة لتصفية الاصناف عروق الجفاف المشهورة عند السلجم وتراكم مادة البرولين (Proline) نتيجة للجفاف، في فترة مبكرة للنبتة، يشكلان الحجع السبل.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASPIRAL, D. and PALEG, L. G., 1981 - Proline accumulation : Physiological aspects, In : The physiology and biochemistry of drought resistance in plants, PALEG, L. G. and ASPINALL, D., eds. Academic Press, Australia, 205-241 .
- BALESTRINI, S., 1982 - Variabilité génétique dans les réactions adaptatives à la sécheresse chez le colza, *Brassica napus L.* var. Oleifera M. Thèse Doct . 3ème cycle, Université Paris Sud, Centre d'Orsay, 132 p.
- BALESTRINI, S., VARTANIAN, et POLLIER, M., 1983 - Après effets de la sécheresse chez le Colza . 6ème Congrès International du Colza, Paris Mai 1983, 185-188 .
- BELZAKOV, I., 1968 - The growth and development of wheat and Barley roots in the semi-désert zone . Vestn . Sel'skokhoz Nauki, 13, 31-33.
- BLANCHET, R., et GELFI, N., 1978 - Relations entre développement foliaire, transpiration et production chez le soja . Ann. Agron. 29, 223-242 .
- BRUN, L., J., KANEMASU, E.T. and POWERS, W. L., 1972 - Evapotranspiration from soybean and sorghum fields . Agron. J., 64, 145-148 .
- BURSON, M., 1979 - Hétérosis et paramètres génétiques de quelques caractères agronomiques chez le colza oléagineux (*B. napus L.*) . Thèse 3ème cycle, Paris, VI. 78 p .
- C.E.T.I.O.M., 1976, 1978, 1982 - Rapports d'activités .
- DANILCHUK, P.V., YATSENKO, G.K. and SHLFASOVSKY, V.A., 1971 - The development of roots and ground mass in winter wheat vestn. Sel'skokhoz. Naukt, 10, 50-55 .
- GEAY, A., VARTANIAN, N., VILLANUEVA, V. et QUEIROZ, O., 1983 - Aspects métaboliques de l'adaptation à la sécheresse chez le colza . 6ème Congrès International du colza, Paris, Mai 1983, 175-179 .
- GOODIN, J.R., 1979 - Atriplex as a forage crop for arid lands, In : New agricultural crops . RITCHIE, G.A., ed., Westview Press Boulder, Colorado, 133.
- GELFI, N., BLANCHET, R., 1985 - Comportement et production de quelques types indéterminés de soja sous différentes contraintes hydriques . Inf. Tech. CETIOM, 91, 3-11 .
- HURD, E.A., 1976 - Plant Breeding for drought resistance . In : Water deficits and plant growth, Vol. IV. KOZLOWSKI, T.T., ed., Academic Press, New York, 317-353 .

JONES, H.G., 1979 - Stomatal behavior, and breeding for drought resistance. In : Stress physiology in crop plants MUSSELL, H. and STAPLES, R.L., eds., Wiley interscience, New York, 408-428 .

KOZLOWSKI, T.T., 1972 - Shrinking and swelling of plant tissues, In : Water deficit and plant growth . KOZLOWSKI, T.T., ed., Academic Press, New York, Vol. 1, 1-21 .

KRAMER, P.J., 1969 - Plant and soil water relationships : A modern synthesis . McGRAW-HILL, ed., New York .

KRAMER, P.J., 1974 - Fifty years of progress in water relations research . Plant Physiol., 54, 463-471 .

LEVITT, T., 1980 - Responses of plants to environmental stresses . Vol II : Water, radiation, salt and other stresses, Acad. Press, New York, 3-211 .

MARTENS, C. et CARBELGHENNE, M., 1974 - Intensité et limite de dessèchement du sol en relation avec l'enracinement de quelques espèces végétales cultivées, C.R. Acad. Sci., Ser. D, 297, 2039-5042 .

MARTINIELLO, P., 1984 - Drought Resistance in Maize . Methods of detection and breeding considerations . Genet. Agri., 38, 267-302 .

MONNEREUX, P. et NEMMAR, M., 1986 - Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le Blé tendre (*T. aestivum*) et chez le Blé dur (*T. durum*) : Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement . Agronomie, 6, 583-590 .

MORGAN, J.M., 1977 - Changes in diffusive conductance and water potential of wheat plant before and after anthesis . Aust. J. Plant Physiol., 4, 75-86 .

MORICE, J., 1963 - Les relations entre les espèces cultivées du genre Brassica et les possibilités d'amélioration du colza (*B. napus* L. var. *Oleifera* M.) au moyen de croisements interspécifiques . Ann. Amélior. Plantes, 13, 221-252.

MUNNS, R., BRADY, C.J. and BRALOW, E.W.R., 1979 - Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress . Aust. J. Plant Physiol., 63, 379-389 .

PHAM THI, A.T., 1976 - Quelques aspects de l'influence de la carence hydrique sur la photosynthèse, la photorespiration, la photorespiration et la respiration obscure chez deux espèces de cotonnier . Thèse Doc. Etat Paris VII, 169 p .

PHAM THI, A.T. et VIEIRA DA SILVA, J.B., 1977 - Action de déficits hydriques sur la photosynthèse et sur la respiration des feuilles du cotonnier . In : la photosynthèse processus de la productivité primaire . Gauthier-Villars, ed., 183-202 .

RICHARDS, R.A. and PASSIOURA, J.B., 1981 - Seminal root morphology and water use of wheat . II . Genetic variation . Crop. Sci., 21, 249-252 .

RICHARDS, R.A. and THURLING, N., 1978a - Variation between and Within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) in response to drought stress . I. Sensitivity at different stages of development . Aust. J. Agric. Res., 29, 469-477 .

RICHARDS, R.A., and THURLING, N., 1978 b - Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) in response to drought stress . II . Growth and development under natural drought stresses . Aust. J. Agric. Res., 29, 479-490 .

RICHARDS, R.A., and THURLING, N., 1978c - Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) in response to drought stress . III . Physiological and physicochemical characters . Aust. J. Agric. Res., 29, 491-501 .

RICHARDS, R.A., and THURLING, N., 1979 - Genetic analysis of drought stress responses in rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) . III . Physiological characters . Euphytica, 28, 755-759 .

SINGH, T.N., PLEG, L.G. and ASPINALL, D., 1972 - Stress metabolism . III . Variation in response to water deficit in the barley plant . Aust. J. Biol. Sci., 26, 65-76 .

STEWART, C.R., and BOGGES, S.F., 1978 - Role of carbohydrates in proline accumulation in wilted barley leaves . Plant Physiol., 61, 775-778 .

TISSERAND, A., 1985 - Variabilité génétique et hérité des réactions adaptatives à la sécheresse de trois espèces du genre *Brassica* et leurs hybrides naturels . D.E.A., Université Paris VI, 36 p .

TURNER, N.C., 1979 - Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants . In : Stress physiology in crop plants . MUSSELL and STAPLES, eds. New York, 343-372 .

VARTANIAN, N., 1971 - Action morphogénétique du facteur hydrique sur le système racinaire du *Sinapis alba* L. Rhizogénèse et potentiel hydrique racinaire . Rev. Gen. Bot., 78, 19-29 .

VARTANIAN, N., 1972a - Induction par la sécheresse de racines courtes, tubérisées chez les plantes annuelles : crucifères et quelques autres familles . C.R. Acad. Sci., 274, sér. D., 1497-1500 .

VARTANIAN, N., 1972b - Action morphogénétique du facteur hydrique sur le système racinaire du *Sinapis alba* L. II . Etude histologique des échanges racinaires produites par la sécheresse . Rev. Gén. Bot., 79, 139-165 .

VARTANIAN, N., 1981 - Some aspects of structural and functional modifications induced by drought in root systems . Plant and soil, 63, 83-92 .

VARTANIAN, N., 1984 - Un modèle de processus adaptatif à la sécheresse : aspects phylétiques génétiques, et physiologiques . Bull . Soc. Bot. Fr., Actual. Bot., 131, 59-67 .

VARTANIAN, N., et LEMEE, G., 1984 - La notion d'adaptation à la sécheresse. Bull. Soc. Bot . Fr., Actual., Bot., 131, 7-15 .

VIEIRA DA SILVA, J.B., 1984 - Applications des études fondamentales à l'amélioration de plantes résistantes à la sécheresse . Bull. Soc. Bot. Fr., Actual., Bot., 131, 51-57 .

WERTHEIMER, D.S. et VARTANIAN, M., 1981 - Sur l'absence de poils absorbants des racines courtes et tubérisées formées en conditions de sécheresse chez le *Sinapis alba* L. Ann. Sci. Nat. Bot., Paris. 13 ème sér., 2-3 , 1-9 .

WILLIAMS, T.V., SNELL, R.S. and CRESS, C.E., 1969 - Inheritance of drought tolerance in sweet corn Crop Sci. 9, 19-23 .