



---

cR000452

Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration  
de l'Adaptation à la Sécheresse

**Mini Séminaire "SECHERESSE"**

Pobé, 05 décembre 1996

---

**CONCEPT DE LA SECHERESSE EN AGRICULTURE,  
APPROCHES D'ETUDE ET STRATEGIES  
D'AMELIORATION DE LA PRODUCTIVITE  
DES ESPECES CULTIVEES**

---

**Macoumba DIOUF et Daniel ANNEROSE**

CERAAS (Sénégal)

Décembre 1996

## Introduction

Dans les zones arides et semi-arides où la double variabilité spatio-temporelle des précipitations est souvent assimilée à une situation normale qui a pour conséquence la **sécheresse**, il semble opportun d'élucider cette notion. Ce phénomène est considéré comme la principale limite à la productivité des espèces cultivées.

Il devient donc imminent de réfléchir à la mise en place d'un matériel végétal capable de résister et de produire dans ces conditions où l'eau est limitante. D'ailleurs, à l'échelle des systèmes de production, les agriculteurs de ces zones ont adopté un certain nombre de pratiques anti-aléatoires (associations de cultures, échelonnement des semis...) en vue d'adapter leurs rendements aux aléas climatiques.

L'objectif de cet exposé est d'abord d'évoquer quelques notions de bases permettant de décrire la sécheresse en agriculture, puis de présenter brièvement les approches pour sa caractérisation, et enfin de discuter des principaux mécanismes d'adaptation utilisés pour la sélection et la création variétales en vue de l'amélioration de la productivité des cultures.

### 1. Concept de sécheresse

Le notion de **sécheresse** est difficile à définir de façon précise puisqu'elle est relative. Selon les zones et la manière dont la ressource eau est utilisée par les plantes, elle peut se présenter comme un phénomène rare ou fréquent, normal ou catastrophique.

Pourtant, il convient d'adopter une définition dans laquelle la plupart des spécialistes se retrouvent. C'est ainsi que Ramusson (1987) la définit comme une période étendue de diminution des pluies par rapport à un régime autour duquel l'environnement local et l'activité humaine se sont stabilisés.

Toutefois, d'autres définitions liées à l'origine du phénomène ont été données. On peut notamment distinguer : la sécheresse climatique et la sécheresse agronomique.

#### 1.1. Sécheresse climatique

Elle correspond à une baisse de la pluviométrie par rapport au régime normal déterminée à partir de séries pluviométriques pluriannuelles (sur 30 ans au moins : norme O.M.M.), et autour duquel l'environnement local et les activités humaines sont en équilibre (Bailey, 1979). Sous cet angle, la sécheresse est évaluée sur la base d'analyses statistiques de données pluviométriques (normale, hauteurs moyennes annuelle et mensuelle, coefficient de variation, nombre de jours de pluie, durée moyenne de la saison humide, début et fin de saison des pluies, récurrences).

A petite échelle spatio-temporelle, les variations inter-annuelles de la pluviométrie peuvent servir à la caractérisation du climat. Par contre, à une plus grande échelle (ex: globe sur plusieurs décennies) cette appréciation des changements climatiques requiert la disponibilité de données sur une longue durée (décennies).

Ces changements climatiques sont induits par des facteurs atmosphériques (vents, rayonnement, température, humidité), des facteurs externes à l'atmosphère (proximité de la mer, continentalité, couverture végétale, volcans) et des facteurs anthropiques (déforestation, désertification).

#### 1.2. Sécheresse agronomique

En agronomie, la sécheresse est caractérisée à partir de ses effets sur la productivité des cultures. Contrairement à la sécheresse climatique, cette caractérisation de la sécheresse agronomique, pour être rationnelle, doit nécessairement être faite à petite l'échelle (décadaire, mensuelle, saisonnière ou au plus annuelle).

Ici, la notion de "sécheresse" exprime plutôt un déficit hydrique dans le système sol-plante-atmosphère dommageable à la production.

Ceci correspond à une réduction de la teneur en eau, du potentiel hydrique ou du potentiel de turgescence de la plante (Anncrose, 1992), et son expression dans les tissus végétaux détermine un certain nombre de réponses des plantes.

Pour caractériser cette sécheresse, des modèles dynamiques du bilan hydrique, de l'évapotranspiration et de l'état hydrique de la plante, ont été développés (Forest, 1984 ; Annerose et Diagne, 1990) Ces supports permettent d'estimer aussi bien les quantités d'eau disponibles et facilement utilisables, que les conditions d'alimentation en eau des plantes [ une caractéristique intéressante de cette modélisation est également, qu'elle permet de prévoir la production potentielle des espèces cultivées. On peut citer ici l'exemple du modèle AraBI ly (Arachide Bilan Hydrique) mis au point par le CERAAS.

## 2. Approches d'étude et stratégies d'amélioration de la productivité des espèces cultivées

Pour améliorer les performances agronomiques des plantes cultivées, il convient d'opérer une sélection sur la base du potentiel de production et du degré d'adaptation à la sécheresse. - Pour résoudre les problèmes complexes de sécheresse, il apparaît imminent d'adopter une approche multidisciplinaire; Il sera question d'envisager des actions synergiques les spécialistes en agronomie, sélection, physiologie, biophysique, biochimie, biologie moléculaire, bioclimatologie et la modélisation du développement des cultures.

Dans ce cadre, le CERAAS dont l'objectif principal était de parvenir à cette intégration, s'érige comme un exemple pertinent en Afrique.

La notion d'*adaptation à la sécheresse* est perçue comme une dynamique réactionnelle dont la résultante est la résistance (Vartanian et Lemée, 1984).

Selon Demarly (1984), l'adaptation se traduit par une succession de modifications aux niveaux cellulaire, sub-cellulaire et moléculaire qui sont dépendantes des potentialités génétiques de l'espèce. Ces réactions déterminées génétiquement aboutissent à des transformations phénotypiques et physiologiques déterminant une résistance plus ou moins achevée et efficace de l'individu à la contrainte, et qui interviennent dans la productivité

D'ailleurs, les progrès les plus importants réalisés dans l'amélioration de la productivité des espèces cultivées en région aride ont fait de la précocité du cycle de développement (amélioration des caractéristiques physiologiques de l'adaptation à la sécheresse) un objectif majeur de sélection (Khalfaoui et Annerose, 1985 ; Annerose, 1988 ; Annerose, 1990). Ainsi, quoique plus longues et plus complexes à mettre en oeuvre, la sélection et la création variétale constituent une approche qui offre une plus grande probabilité de réussite. Des travaux en cours au CERAAS sur la biologie moléculaire, cherchent à raccourcir ce délai de mise en place d'un matériel adapté.

De manière générale, il existe entre la plante et son milieu des interactions orchestrées par la pluie comme facteur principal. Toutefois, il faut rappeler que les concepts de base sur les mécanismes d'adaptation au déficit hydrique permettant de décrire les réponses des plantes ont fait l'objet de plusieurs études, selon que l'espèce est préadaptée ou susceptible de s'adapter (Levitt, 1951 , 1956 , 1972 ; 1980 ; Levitt *et al.*, 1960 ; Turner, 1979 et 1986). Ces dernières ont abouti à des définitions et terminologies sur lesquelles, des contradictions et des imprécisions persistent encore dans les travaux consacrés à ce sujet.

Parmi les classifications proposées, celle de Levitt (1980) est la plus affinée, et généralement acceptée. Elle permet de distinguer deux principaux mécanismes d'adaptation

- La **tolérance** au déficit hydrique (caractère primitif lié aux propriétés intrinsèques du protoplasme et des organites cellulaires) qui est un procédé par lequel les plantes supportent la phase sèche sans souffrir de déformations destructrices (intégrité structurale et fonctionnelle conservées). Dans ce mécanisme, les modifications tendent à favoriser un maintien de la turgescence cellulaire et/ou à assurer une tolérance protoplasmique à la dessiccation - abaissement du potentiel hydrique dans les tissus -

- **L'évitement** du déficit hydrique (résulte d'une évolution continue qui se perfectionne dans la conquête du milieu terrestre) qui consiste à réduire les effets de ce déficit par la capacité de traverser la phase sèche en conservant des niveaux assez élevés d'hydratation des tissus - potentiel hydrique élevé -. C'est une stratégie permettant le maintien de l'absorption racinaire et/ou la réduction des pertes d'eau.

Comme modalité de maintien de l'absorption, on peut distinguer notamment, l'augmentation de la profondeur d'enracinement (Annerose, 1990 ; Batcho et *al.*, 1990).

Quant à la réduction des pertes d'eau, Vartanian et Lemée (1984) décrivent les modalités suivantes :

- diminution des surfaces évaporantes, transformation des feuilles en épines, écailles (sclérophytes) ;
- sénescence et abscission précoce des feuilles, parfois de rameaux, assurant la survie par mort partielle ;
- protection des stomates et des cuticules ;
- régulation stomatique ;
- métabolisme CAM, ou changement de type métabolique photosynthétique : passage du type C3 au type CAM (plantes succulentes) ;
- augmentation de la résistance racinaire (subérisation, réduction des surfaces, diminution de la perméabilité).

D'autre part, **l'esquive** de la sécheresse qui caractérise la capacité d'une plante à réaliser son cycle complet de développement avant l'expression d'un déficit hydrique important, constitue un autre type de réponse. Cependant, selon Turner (1986), cette dernière réaction ne peut être considérée comme un mécanisme d'adaptation au sens strict, mais plutôt comme la conséquence des mécanismes de conservation de l'eau dans la plante induits par le déficit hydrique.

Pour dégager les critères de sélection caractéristiques de ces différentes stratégies, deux grands types d'indicateurs doivent être suivis :

- les conditions d'alimentation eau de la plante (eau dans le milieu : sol et atmosphère) ;
- l'état hydrique de la plante (eau dans les organes de la plante) avec 2 types de mesures :
  - d'une part celles, qui correspondent à une mesure directe (CRE, potentiel hydrique total ou de turgescence) ;
  - d'autre part celles qui constituent une réponse de la plante à ce statut hydrique (phénologie - développement - , enracinement, régulation stomatique, photosynthèse).

## Conclusion

La complexité des problèmes de sécheresse étant établie, l'approche holistique serait donc la mieux indiquée pour arriver à la création de variétés adaptées à la sécheresse. Dans ce contexte de sécheresse des zones arides et semi-arides, les résultats de travaux antérieurs ont montré que la sélection des espèces cultivées pour l'amélioration de la productivité peut être conduite sur la base de critères physiologiques. Selon Gaff (1980), dans cette perspective d'amélioration et de sélection des espèces cultivées, il serait peut-être plus réaliste d'augmenter la productivité d'espèces à forte tolérance à la dessiccation, plutôt que de chercher à introduire des caractères d'évitement de la déshydratation. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la tolérance permet de maintenir le potentiel de turgescence qui contrôle la croissance à partir de laquelle, la productivité peut être dans une large mesure prédite.

Cependant, même si les auteurs distinguent divers types de mécanismes d'adaptation, ces derniers ne sont pas exclusifs et une espèce ou variété adaptée devra présenter un équilibre entre ces différentes modalités pour pouvoir maintenir, voire améliorer sa productivité.

.../...

C'est dans ce cadre que Kramer (1980) montre sur des variétés de sorgho une précocité de la floraison (esquive), des systèmes racinaires extensifs (évitement) et un certain degré de tolérance protoplasmique à la déshydratation.

### Références bibliographiques

- Annerose D.J., 1988.- Critères physiologiques pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide. *Oléagineux*, 43 (5), 217-220.
- Annerose D.J., 1990.- Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) cultivée au Sénégal Thèse Doctorat, Université de Paris VII, 282p.
- Annerose D.J., 1992 - Réponses des plantes au déficit hydrique et adaptation à la sécheresse Contribution Atelier sur les Techniques d'Etude de l'Eau dans le Système Sol-Plante-, Atmosphère, Mbour 30 nov. - 10 déc., 23p.
- Annerose D.J., Diagne M., 1995.- Caractérisation de la sécheresse agronomique en zone semi-aride. 1. Présentation d'un modèle simple d'évaluation appliqué au cas de l'arachide cultivée au Sénégal. *Oléagineux*, 45 (12), 547-554.
- Bailey H.P., 1979.- Semi arid climates : their definition and distribution, 71-97. *In Agriculture in Semi Arid Environments*, Hall A.E., Cannell G.H Lawton H.W. eds, Springer-Verlag. Berlin - Heidelberg - New York, 340p.
- Batcho E., Daouda O.S., Do F., Khalfaoui J.L.B., Fofana A., Laffray D Louguet P., 1990.- Etude de la croissance racinaire de six cultivars de mil (*Pennisetum americanum* (L.) Leke). *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride*, 2, 5 1-65
- Demarly Y., 1984.- Mécanismes génétiques de l'adaptation chez les végétaux *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 131, *Actual. Bot* 131, 125-137.
- Forest F., 1984 - Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales. Présentation et utilisation du logiciel BIP. *Doc. GERDAT*, Montpellier.
- Gaff D.F., 1980.- Protoplasmic tolerance of extreme water stress. *In : Adaptation of plants to water and high temperature stress* Turner N.C., Kramer P.J. eds *Wiley Interscience*, New York, 89-103.
- Khalfaoui J.L.B., Annerose D.J., 1985.- Création variétale d'arachides adaptées aux contraintes pluviométriques des zones semi-arides. *Colloque Arachide*, Niamey, Sept., 127- 134.
- Kramer P.J., 1980.- Drought, stress and the origine of adaptations. *In : Adaptation of plants to water and high temperature stress* Turner N.C., Kramer P.J. eds *Wiley Interscience*, New York, 1-21
- Levitt J., 1980.- Responses of plants to environmental stresses. Water, radiation salt and other stresses, vol. II, *Academic Press Inc.*, 606p.
- Rasmusson E.M., 1987.- The prediction of drought : a meteorological perspective. *ENDEAVOUR NEW SERIES*, Vol. 11, 381-387.
- Turner N.C., 1986 - Adaptation to water deficit : a changing perspective. *Aust. J. Plant Physiol*, 13, 175- 190.
- Vartanian N., Lemée G., 1984.- La notion d'adaptation à la sécheresse *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 131, *Actual. Bot* 1, 7- 15.