

Volume 26, N°1 et 2, Année 2005 – ISSN : 1111-5432

**Annales
de
l'Institut
National
Agronomique
El-Harrach (ALGER)**



REVUE SEMESTRIELLE

Annales de l'Institut National Agronomique
«Revue semestrielle» Volume 26, N°1 et 2, Année 2005

Directeur de la publication

BELLAL M. M., Professeur, Directeur de l'I.N.A.

Rédacteur en chef

BOUZNAD Z., Professeur

Secrétaire de rédaction

ABDELKRIM H., Professeur

Comité de rédaction

ISSOLAH R. Maître de conférences
MEKLIICHE L. Maître de conférences
AIDAOUI A. Professeur

AMMOUCHE A. Maître de conférences
DAOUD Y. Professeur
SELLAMI M. Maître de conférences

Comité de lecture

AROUBAYS D. (D.R.), INRA Orléans (France)
AYAD G. (Prof.), USTHB Alger (Algérie)
AZZOUT B. (Prof.), INA El-Harrach Alger (Algérie)
BAKOUR R. (Prof.), USTHB Alger (Algérie)
BARDAT J.J. (C.R.), MNHM Paris (France)
B'CHIR M.M. (Prof.), INAT-Tunis (Tunisie)
BEDRANI S. (Prof.), INA El-Harrach Alger (Algérie)
BELLATRECHE M. (Prof.), INA El-Harrach Alger
BENALOUA S. (Prof.), Univ. Béjaia (Algérie)
BENJELLOUN S. (Prof.), IAV Rabat (Maroc)
BENSETTITI F. (C.R.), MNHM Paris (France)
BERCHICHE M. (M.C.), Univ. Tizi-Ouzou (Algérie)
BONALY R. (Prof.), LCPE CNRS Nancy 1 (France)
BOUDJENIBA M. (M.C.), ENS Kouba Alger (Algérie)
CHAIBE S. (Prof.), Illinois (U.S.A.)
CHEHAT F. (M.C.), INA El-Harrach Alger (Algérie)
CHIBANE M. (M.C.), Université de Béjaia (Algérie)
DERDOUR H. (Prof.), INA El-Harrach Alger (Algérie)
DESTAIN M.F. (Prof.), Lab.Méc.Ag.Gembloux(Belgique)
DJILLI K. (M.C.), INA El-Harrach Alger (Algérie)
DOUMANDJI S.E. (Prof.), INA El-Harrach Alger (Algérie)
DOUMANDJI-MITICHE B. (Prof.), INA El-Harrach Alger
GHERSI G. (Prof.), CIHEAM-IAM Montpellier (France)
GUENARD M. (D.R.), SNES 49071 Beaucauzé(France)

GUEZLANE L. (Prof.), INA El-Harrach Alger (Algérie)
HACENE H. (Prof.), U.S.T.H.B. Alger (Algérie)
HALITIM A. (Prof.), Université de Batna (Algérie)
ISBERIE C. (Doct.), C.E.M.A.G.R.E.F (France)
KAMELI A. (Prof.), E.N.S. Kouba Alger (Algérie)
KHELIFI L. (M.C.), INA El-Harrach Alger (Algérie)
LAMBERT J. (Prof.), U.C.L. Michamps (Belgique)
LAMBERTI F. (Prof.), INAAV , 168/5-70126 Bari (Italy)
LARABA-DJEBARI F. (Prof.), USTHB Alger (Algérie)
LAWRENCE A. (Doct.), ENSIA-SIARC montpellier (Fr.)
LEBRUN Ph. (Prof.), Université Cathol. de Louvain (Fr.)
LIEUTIER F. (Prof.), Université d'Orléans (France)
LOUANCHI F. (M.C.), ISMAL Sidi Fredj Tipaza (Algérie)
LOUANCHI M. (M.C.), I.N.A. El-Harrach Alger (Algérie)
MAALI A. (M.C.), Université de Béjaia (Algérie)
MACIAS F. (M.C.), Univ. de Santiago de C. (Espagne)
MUGNIERY D. (D.R.), I.N.R.A. Rennes (France)
MUNAUT A.V. (D.R.), U.C.L. Louvain-la-Neuve(Belgique)
NEFZAOUI A. (Prof.), I.N.R.A. Tunis (Tunisie)
SAADOUNE D. (Prof.), Université de Béjaia (Algérie)
SENHADJI K. (Prof.), Facult. Méd. Lyon (France)
SOLTANI N.E. (Prof.), Université de Annaba (Algérie)
VOISIN J.F. (Doct.), Labo. Zool. Mam. Ois. Paris (Fr.)

Technique et Reprographie

MAHMOUDI M. : Assistant principal (Bureau des Annales)
EDISSI A. : Service Reprographie (INA)

Abonnements et Echanges

Institut National Agronomique
Département Documentation et Information
Hassan Badi 16200 El-Harrach Alger (ALGERIE)

Tel : + 213 (0) 21 52 19 87 et 89

Fax : + 213 (0) 21 82 27 29

Volume 26, N°1 et 2, Année 2005 – ISSN : 1111-5432

***Annales
de
l'Institut
National
Agronomique
El-Harrach (ALGER)***

REVUE SEMESTRIELLE

IMPACTS DE LA DESHYDRATATION ET DE LA REHYDRATATION SUR LE METABOLISME CELLULAIRE DES PLANTS DE *Parkinsonia aculeata* L.

BENADJAUD A. ⁽¹⁾ et AÏD F. ⁽²⁾

- ⁽¹⁾ Faculté des Sc. de la Nat. et de la Vie
Université Abderrahmane MIRA, 06000 Béjaïa - Algérie
- ⁽²⁾ Labo. de Biol. des Populations et des Organismes
Fac. des Sc. Biologiques, U.S.T.H.B., N° 32 El Alia,
Bab-Ezzouar, Alger - Algérie

Adresse e-mail : ali.benadjaoud@laposte.net
N° Téléphone : 213 021 24 79 51
N° Télécopie : 213 021 24 72 17

RESUME

Des plants de *Parkinsonia aculeata* L. sont déshydratés par arrêt d'arrosage pendant treize jours, puis réhydratés. Les feuilles des plants témoins et stressés sont analysées tous les deux jours depuis l'arrêt d'arrosage et après 6, 24, 48 et 72 heures après réhydratation. La teneur relative en eau décline de près de 20 % durant la déshydratation, et regagne sa valeur maximale après six heures seulement de réhydratation. La perte graduelle en eau des feuilles est de moitié moins importante au niveau des feuilles des plants stressés par rapport aux feuilles des plants témoins. Les feuilles des plants déshydratés montrent des teneurs relativement élevées en proline, sucres solubles et en amidon qui diminuent très rapidement après la levée du stress. Les plants de *Parkinsonia aculeata* L. surmontent donc l'effet du stress hydrique par une mise en place d'un système capable de retenir l'eau à l'échelle cellulaire par un ajustement osmotique.

Mots clés : Déshydratation, réhydratation, *Parkinsonia aculeata* L., statut hydrique foliaire, ajustement osmotique.

اثر التجفيف و التمييه على الميتابوليزم الخلوي لنباتات

Parkinsonia acuelata L.

ملخص

لقد تم تجفيف نباتات *Parkinsonia acuelata* L بتوقيف السقي لمدة 13 يوما . بعد هذه المدة المذكورة ، اعيد تمييه هذه الأخيرة بالماء.

في الحقيقة ، توبيعت هذه التجربة بتحليل كيميائية لأوراق *Parkinsonia acuelata* L. الشاهدة و النموذجية و هذا كل يومين منذ توقيف السقي. لكن بعد عملية التمييه كانت تقام التحاليل بعد 6، 24، 48، و 72 ساعة .

لقد لوحظ من هذه التطبيقات أن الماء في اوراق نباتاتنا المعنية ينقص بنسبة 20 % أثناء التجفيف و الذي يسترجع قيمته العظمى بعد 6 ساعات فقط من التمييه .

كما لوحظ كذلك أن الفقدان التدريجي للماء في أوراق *Parkinsonia acuelata* L. النموذجية يمثل نصف الكمية في الأوراق المجففة الشاهدة .

أخيرا لوحظ من التحاليل الكيميائية أنه بعد التجفيف ، أوراق نباتات *Parkinsonia acuelata* L تحتوي على كميات معتبرة من البرولين، السكريات المنحلة و النشاء والتي تنقص بسرعة بعد التمييه .

أخيرا ، نستطيع أن نستنتج أن نباتات *Parkinsonia acuelata* L تقاوم الجفاف بفضل وجود نظام خلوي مرافق قادر على حفظ الماء بطريقة الأسموز .

كلمات المفتاح : تجفيف، تمييه، نظام أسموزي مرافق.

ABSTRACT

Plants of *Parkinsonia aculeata* L. were dehydrated by withholding water during 13 days, and rehydrated afterwards. Leaves of control and stressed plants were analysed every two days from the beginning of stress and after 6, 24, 48 and 72 hours from the rehydration. The relative water content declines at about 20 % during dehydration and leaves regained their maximal value only after 6 hours of rehydration. The relative water loss of leaves is half less important at the level stressed leaves than the unstressed ones. The leaves of dehydrated plants showed relatively increased amounts of proline, soluble sugars and starch, which will diminish rapidly after rehydration. The plants of *Parkinsonia aculeata* L. avoid the effect of water stress by a system able to detain water by osmotic adjustment.

Key words: Dehydration, rehydration, *Parkinsonia aculeata* L., foliar hydric state, osmotic adjustment.

INTRODUCTION

Les plantes adaptées à la sécheresse manifestent des réponses variées entre la fuite (*escape*), l'évitement (*avoidance*) et la tolérance du stress hydrique. La fuite du stress est propre aux espèces éphémères, qui bouclent leur cycle de développement en un temps très court. Les plantes qui évitent la sécheresse ont la faculté de réduire la perte d'eau et/ou d'élever leur capacité d'absorber l'eau grâce à un système racinaire profond, un faible indice de surface foliaire et une sensibilité des stomates aux moindres variations du potentiel hydrique. Les espèces tolérantes développent en outre, un mécanisme d'ajustement osmotique par les solutés compatibles, qui participent au maintien de la turgescence cellulaire (BRAY, 1997).

Parkinsonia aculeata L. (*Caesalpiniaceae*) est un arbuste épineux, rencontré naturellement dans les savanes désertiques, où la température moyenne annuelle dépasse 25°C. La germination rapide de ses graines aux hautes températures (25 et 27°C) et lorsque l'humidité est suffisamment disponible, offre de meilleures chances d'établissement et de survie pour cette espèce (BENADJAOUD et Aïd, 2004). Néanmoins, en période de sécheresse, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. sont confrontés aux conditions adverses du milieu, dont le manque d'eau et les fortes températures. Durant cette période, les plants surmontent l'effet du stress hydrique en développant des mécanismes d'adaptation. L'objectif de la présente étude est de comprendre par quels mécanismes ces plants survivent au déficit hydrique.

MATERIEL ET METHODES

Les graines de *Parkinsonia aculeata* L. proviennent du site de l'arboretum de la station régionale de l'Institut National de Recherche Forestière de Tamanrasset. Après scarification mécanique, les graines sont mises à germer à l'obscurité et à 27°C (BENADJAOUD et AÏD, 2004). Les plants de quatre jours sont repiqués dans des pots contenant du terreau, à raison de trois plants par pot. L'arrosage est quotidien durant cinq semaines pour permettre aux plants de développer quatre feuilles.

Un premier lot de plants de cinq semaines d'âge est quotidiennement arrosé par 20 ml d'eau par pot (plants témoins). Un second lot est soumis à un arrêt d'arrosage pendant treize jours (plants déshydratés), puis réhydraté par 20 ml d'eau par jour et par pot (plants réhydratés). Les quatre premières feuilles sont prélevées (plants témoins et

déshydratés) pour les différentes études, tous les deux jours depuis le premier jour de l'expérimentation jusqu'au treizième jour. Les prélèvements des quatre premières feuilles des plants réhydratés s'effectuent après 6, 24, 48 et 72 heures de levée du stress.

La teneur relative en eau (TRE) et la perte graduelle en eau (PGE) sont étudiées à partir des quatre feuilles d'un plant par la méthode de Clarke et MCCAIG (1982a et b)

La proline est extraite par du méthanol à partir des quatre feuilles sèches d'un individu. Sa teneur est déterminée par la méthode de BATES et al., (1973). Sa densité optique est mesurée à $\lambda = 515$ nm au spectrophotomètre UV-1240 Shimadzu.

Les sucres solubles et l'amidon soumis à une hydrolyse acide sont extraits trois fois par de l'éthanol à 80 % bouillant, à partir des quatre feuilles fraîches d'un individu. Leur quantité est déterminée par la méthode de McCREADY et al. (1950). Leur densité optique est mesurée à $\lambda = 630$ nm au spectrophotomètre UV-1240 Shimadzu.

RESULTATS

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur la TRE

La TRE des feuilles d'un plant de *Parkinsonia aculeata* L. quotidiennement arrosé est de $81,79 \pm 1$ %. Celle des plants stressés est identique à la TRE des plants témoins, du moins durant les cinq premiers jours de l'arrêt d'arrosage, puis diminue graduellement du cinquième jusqu'au neuvième jour du stress, d'un peu moins de 1,4 % par jour de déshydratation. Cette diminution journalière devient plus marquée (2,7 %) entre le neuvième et le treizième jour d'arrêt d'arrosage (Fig. 1).

La TRE augmente rapidement après six heures seulement de réhydratation. La différence entre TRE des plants réhydratés et celle des plants témoins s'estompe complètement après 48 heures de levée du stress (Fig. 1).

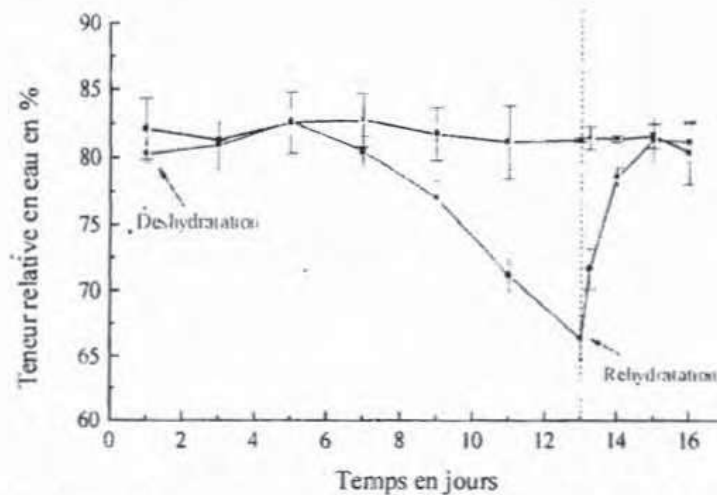


Figure 1 : Evolution de la teneur relative en eau des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la teneur relative en eau est donnée en % et représente la moyenne de trois expérimentations).

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur la PGE

La PGE assimilée à une transpiration résiduelle des quatre feuilles d'un plant de *Parkinsonia aculeata* L. quotidiennement arrosé est de $1 \cdot 10^{-3} \text{ g.cm}^{-2}.\text{mn}^{-1}$. Celle des plants stressés diminue rapidement dès le troisième jour après application de la contrainte hydrique. Cette diminution s'amplifie au fur et à mesure que l'amplitude du stress augmente (Fig. 2).

Après réhydratation, la PGE augmente rapidement et rattrape la valeur des plants témoins après 72 heures de levée du stress (Fig. 2).

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur le taux de proline

La quantité en proline des feuilles de plants témoins de *Parkinsonia aculeata* L. reste identique durant les onze premiers jours de croissance, puis amorce une baisse régulière jusqu'au seizième jour de croissance.

Celle des plants stressés est quasiment identique à celle des plants témoins durant les cinq premiers jours de la déshydratation ($2,7 \pm 0,06 \text{ mg.}100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS), puis augmente régulièrement de $0,2 \text{ r.g.}100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS par jour de déshydratation entre le cinquième et le treizième jour de l'arrêt d'arrosage (Fig. 3).

Dès réhydratation, la quantité en proline diminue rapidement durant les six premières heures de levée du stress, pour atteindre $2,16 \pm 0,1$ $\text{mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS après 72 heures de réhydratation (Fig. 3).

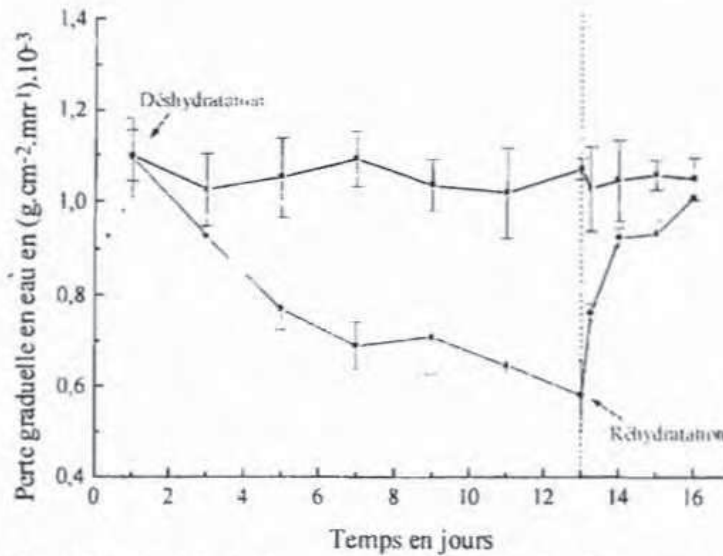


Figure 2 : Evolution de la perte graduelle en eau des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la perte graduelle en eau est donnée en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{mn}^{-1} \cdot 10^{-3}$ et représente la moyenne de trois expérimentations).

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur le taux de sucres solubles

La quantité en sucres solubles des feuilles des plants témoins de *Parkinsonia aculeata* L. fluctue peu durant toute la durée de l'expérimentation. Celle des plants stressés est identique à celle des plants témoins durant les cinq premiers jours de l'arrêt d'arrosage, puis augmente de $1,25 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS par jour d'arrêt d'arrosage entre le cinquième et le onzième jour de stress. Cette teneur est par ailleurs, deux fois plus importante au onzième jour de l'arrêt d'arrosage comparé à la valeur du témoin correspondant. Du onzième au treizième jour de déshydratation, la quantité en sucres solubles augmente fortement. Elle passe de $14,32$ à $26,50 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS, soit une élévation journalière de $6,09 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ de MVS (Fig. 4).

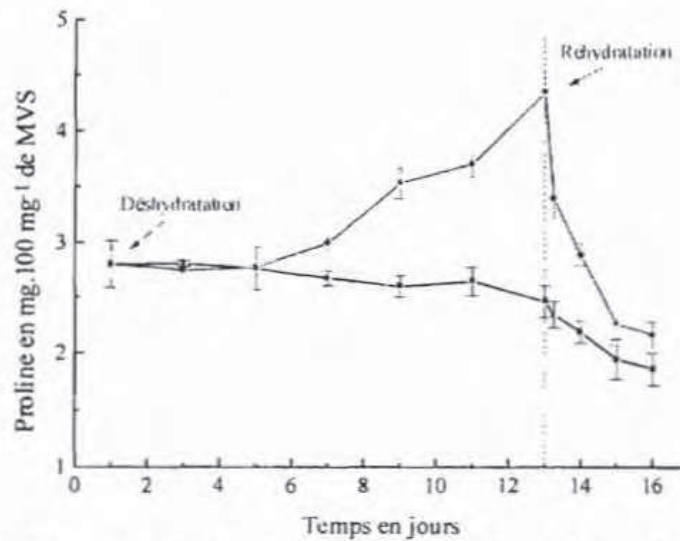


Figure 3 : Evolution de la quantité en proline des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la quantité en proline est donnée en mg.100 mg⁻¹ de MVS et représente la moyenne de trois expérimentations)

Après réhydratation, une diminution peu marquée pendant les six premières heures est observée. Cette diminution s'accroît au bout de 24 heures de réhydratation, où l'on regagne la même teneur en sucres solubles que celle observée chez les plants témoins (Fig. 4).

Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur le taux d'amidon

La teneur en amidon observée dans les feuilles des plants témoins de *Parkinsonia aculeata* L. est de $2,07 \pm 0,32$ mg.100 mg⁻¹ de MVS durant toute l'expérimentation (Fig. 5). Chez les plants stressés, la quantité d'amidon est similaire à celle des plants témoins, du moins durant les cinq premiers jours de déshydratation, puis augmente régulièrement de 0,81 mg.100 mg⁻¹ de MVS par jour de déshydratation entre le cinquième et le onzième jour de l'arrêt d'arrosage. Entre le onzième et le treizième jour du stress, la teneur en amidon augmente peu ($6,96 \pm 0,43$ à $7,51 \pm 0,36$ mg.100 mg⁻¹ de MVS).

Lors de la réhydratation, la diminution de la quantité d'amidon est très rapide. Elle passe de 7,51 à 4,59 mg.100 mg⁻¹ de MVS après seulement six heures de levée du stress, puis avoisine la quantité moyenne observée chez les plants témoins, 24 heures après réhydratation (Fig. 5).

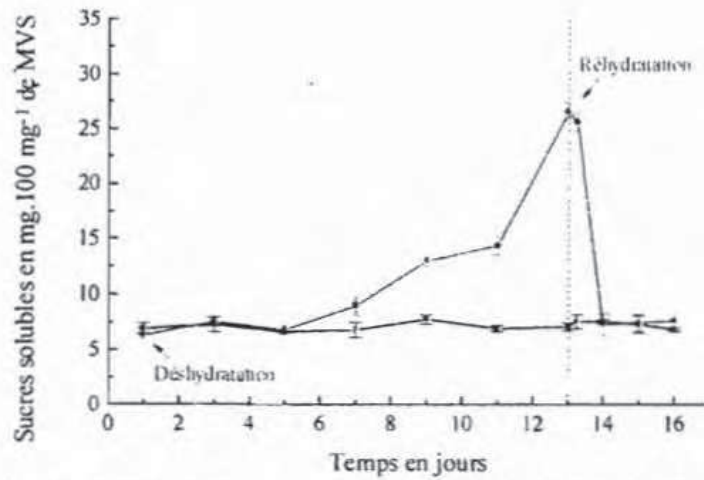


Figure 4 : Evolution de la quantité en sucres solubles des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la quantité en sucres solubles est donnée en mg.100 mg⁻¹ de MVS et représente la moyenne de trois expérimentations)

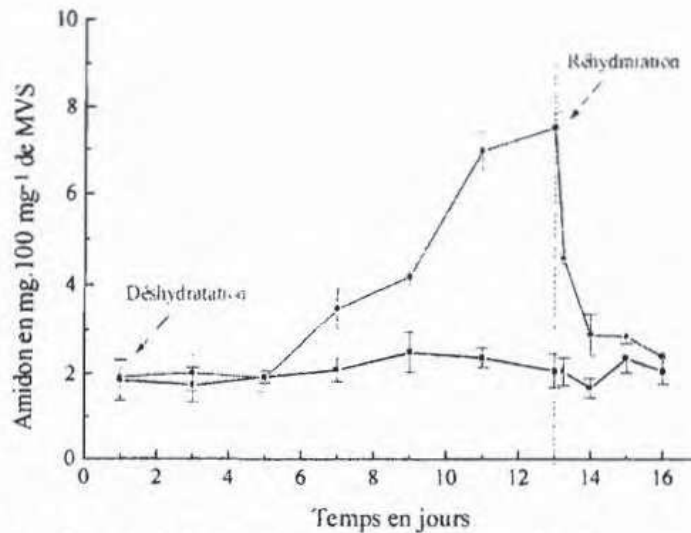


Figure 5 : Evolution de la quantité en amidon des feuilles des plants témoins (■) et stressés (●) de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction du temps (la quantité en amidon est donnée en mg.100 mg⁻¹ de MVS et représente la moyenne de trois expérimentations).

DISCUSSION

La TRE des feuilles des plants de *Parkinsonia aculeata* L. commence à diminuer du cinquième au neuvième jour de l'arrêt d'arrosage de 1,4 % par jour de déshydratation. Cette diminution est proche de celle des espèces plus particulièrement adaptées aux conditions de sécheresse comme *Poa pratensis* L. et *Festuca arundinacea* Schreb., dont la baisse journalière est de 1,58 % pendant les sept premiers jours de déshydratation (FU and HUANG, 2001). Lorsque l'intensité du stress devient plus élevée, la diminution de la TRE des feuilles de *Parkinsonia aculeata* L. est de 18,80 % au treizième jour du stress. Elle est près de deux fois moins importante que la diminution (39,56 %) enregistrée dès le dixième jour de l'arrêt d'arrosage dans les feuilles de *Nicotiana tabacum* L. cv. *Petit Havana*, espèce sensible à la sécheresse (REY et al, 2000).

En conditions de déshydratation, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. présentent une capacité de sauvegarde d'une quantité appréciable d'eau au niveau de leurs feuilles. Un des principaux mécanismes qui permet d'amoindrir une diminution conséquente de la TRE est la capacité de rétention de l'eau. Ainsi, en réponse au stress hydrique, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. sont capables de diminuer très rapidement leur PGE, dès le troisième jour de l'application de cette contrainte, avant même une diminution de leur TRE. Par ailleurs, lorsque l'intensité du stress devient plus importante, les plants sont capables de réduire encore plus leur transpiration résiduelle, puisque la PGE des plants stressés représente au treizième jour de l'arrêt d'arrosage, la moitié de la PGE des plants témoins.

La capacité de rétention de l'eau est d'autant plus grande que l'indice de surface foliaire est faible (NOGUES and BAKER, 2000). La surface foliaire moyenne des quatre premières feuilles d'un plant de *Parkinsonia aculeata* L. est de $11,095 \pm 1,23 \text{ cm}^2$. Les feuilles sont petites et leur surface foliaire est faible, ceci concourt à une réduction des surfaces transpirantes et favorise une conservation de l'eau. Dès la réhydratation, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. recouvrent rapidement les conditions de turgescence cellulaire et par conséquent augmentent leur pouvoir transpiratoire.

Dans les feuilles des plants témoins de *Parkinsonia aculeata* L., la teneur en proline libre fléchit à partir du onzième jour de l'expérimentation. Le niveau en proline libre dépend étroitement de l'âge des feuilles, celles qui sont nouvellement formées sont caractérisées par une teneur en proline plus importante que celle des feuilles adultes (ROOSENS et al, 1998). Au niveau des plants stressés, la quantité de proline n'amorce une élévation qu'au moment de la diminution de la TRE et l'augmentation est proportionnelle à

l'intensité du stress. Plusieurs rapports signalent d'ailleurs, une corrélation entre l'accumulation de la proline et la réponse des plantes aux conditions de sécheresse (CHEN et al, 1995 ; TYAGI et al, 1999 ; YOSHIBA et al, 1999). Après la réhydratation, la quantité en proline chute substantiellement dans les feuilles des plants de *Parkinsonia aculeata* L. Cette diminution s'explique par une mobilisation de la proline pour les besoins de la reprise de la croissance après la levée du stress (TYAGI et al, 1999 ; YOSHIBA et al, 1999).

En réponse aux conditions de déshydratation, les feuilles de *Parkinsonia aculeata* L., accumulent également des sucres solubles.

L'accumulation des sucres est très usuelle en situation de déficit hydrique (PELLESCHI et al, 1997 ; DU et al, 1998 ; KLEINES et al, 1999). Elle résulte sans nulle doute, de la conséquence d'une réduction de la translocation vers les autres organes stressés du végétal (PELLESCHI et al, 1997) et d'une synthèse spécifique (STRAND et al., 2000). Cette accumulation semble par ailleurs, se faire indépendamment de la dégradation de l'amidon. En effet, entre le cinquième et le onzième jour de déshydratation est observé une accumulation d'amidon et de sucres solubles. C'est seulement entre le onzième et le treizième jour de déshydratation, que la quantité en sucres solubles augmente fortement et qu'en parallèle, la quantité en amidon n'augmente que très légèrement. Il paraît donc, que les feuilles de *Parkinsonia aculeata* L., accumulent à la fois des sucres solubles et de l'amidon en réponse aux conditions d'arrêt d'arrosage. Dès que l'intensité du stress augmente, la vitesse d'accumulation des sucres solubles est plus grande que celle de l'amidon.

Après six heures seulement de réhydratation, la quantité en sucres solubles des plants de *Parkinsonia aculeata* L., se maintient dans les mêmes proportions que celle enregistrée au treizième jour de l'arrêt d'arrosage ; l'amidon, par contre chute fortement. Les plants de *Parkinsonia aculeata* L., semblent mobiliser une plus grande quantité en sucres solubles afin d'éviter au niveau foliaire une plasmolyse subite dès la réhydratation et permettre ainsi, le maintien intact de l'état de l'ajustement osmotique. Après 24 heures de réhydratation, la diminution de la quantité en sucres solubles est remarquable, retrouvant rapidement la valeur moyenne en sucres solubles des plants témoins. Parallèlement, la diminution de la quantité d'amidon est importante, mais un peu plus étalée dans le temps. Cette diminution coïncide avec la mobilisation des glucides (sucres solubles et amidon) pour les besoins de la reprise de la croissance, notamment au niveau des organes affectés par les effets de la contrainte hydrique (FERRARIO-MERY et al, 1998).

CONCLUSION

Durant l'application d'un stress hydrique par un arrêt d'arrosage, les plants de *Parkinsonia aculeata* L. montrent une suite séquentielle d'événements dépendants de l'intensité du stress appliqué.

Durant les premiers jours de l'application de la contrainte hydrique, la teneur relative en eau est constante et les processus métaboliques de synthèse demeurent inchangés. Le seul fait notable est la diminution de la perte graduelle en eau. Les plants de *Parkinsonia aculeata* L. ressentent le manque d'eau dans leur milieu environnant, en déclenchant rapidement, dès le troisième jour de l'application de la contrainte hydrique, un mécanisme de réduction de la transpiration résiduelle.

Une légère diminution de la teneur relative en eau, induit très rapidement une mise en place d'un système capable de réguler les échanges de l'eau. Ce système se traduit par une capacité de rétention de l'eau qui se situe à deux niveaux. Le premier, se traduit par une perte graduelle en eau encore plus faible, qui ne nécessite pas de dépense énergétique. Le second niveau consiste en une mise en place graduelle d'un système de résistance orienté vers une accumulation d'osmolytes tels que la proline et les sucres solubles. Ce système nécessite une dépense énergétique et une régulation génique (INGRAM AND BARTELS, 1996).

A ce stade, la diminution de la teneur relative en eau limite peu le déroulement des divers processus du métabolisme cellulaire. Au contraire, l'accumulation des sucres solubles se déroule indépendamment de la dégradation de l'amidon, puisque la teneur de l'amidon augmente. Cet accroissement des sucres solubles et de l'amidon reflète l'établissement d'une balance positive entre les processus anabolique et catabolique et témoigne d'une capacité plus grande à surmonter la contrainte appliquée.

Une diminution plus importante de la TRE, lorsque l'intensité du stress est plus grande, stimule encore plus les mécanismes de rétention de l'eau et intensifie les processus de l'osmorégulation par une plus importante accumulation de proline et de sucres solubles. Ces derniers peuvent également conférer un rôle protecteur aux protéines natives du cytoplasme et aux membranes cellulaires (HOEKSTRA et al, 2001).

La levée du stress déclenche une absorption d'eau rapide par les plants de *Parkinsonia aculeata* L. Les teneurs en proline, sucres solubles et amidon déclinent inversement à l'élévation de la TRE pour atteindre très rapidement un niveau légèrement supérieur au témoin. Ces osmolytes (glucides et proline) sont des sources d'énergie, de carbone et d'azote et sont abondamment utilisés par la plante dès la levée du stress (CLIFFORD et al, 1998).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATES L.S., WALDREN RP, TEARE I.D. 1973.-** Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* 39, 205 - 207.
- BENADJAOUD A., et AÏD F. 2004.-** Effets de quelques traitements physico-chimiques et de la température sur la faculté germinative des graines de *Parkinsonia aculeata* L. *Annales de l'Institut National Agronomique – El-Harrach* 25, 19 - 30.
- BRAY EA. 1997.-** Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science* 2, 48 - 54.
- CHEN H, KUANG B, WANG J., 1995.-** Studies on selection and characterization of a stress-tolerant sugarcane cell line. *Journal of Biotechnology* 11, 93 - 99.
- CLARKE M.J., MCCAIG T.N., 1982a.-** Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. *Crop Science* 22, 503 - 506.
- CLARKE M.J., MCCAIG T.N., 1982b.-** Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Canadian Journal of Plant Science* 62, 571 - 578.
- CLIFFORD S.C., ARNDT S.K., CORLETT J.E., JOSHI S., SANKHLA N., POPP M., JONES H.G., 1998.-** The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* Lamk. *Journal of Experimental Botany* 49, 967 - 977.
- DU Y.C., NOSE A., WASANO K., UCHIDA Y., 1998.-** Responses to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and the C₄ pathway in sugarcane (*Saccharum* sp.) leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 25, 253 - 260.
- FERRARIO-MERY S., VALADIER M.H., FOYER C.H., 1998.-** Overexpression of nitrate reductase in tobacco delays drought-induced decreases in nitrate reductase activity and mRNA. *Plant Physiology* 117, 293 - 302.
- FU J, HUANG B., 2001.-** Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. *Environmental and Experimental Botany* 45, 105 - 114.
- HOEKSTRA F.A., GOLOVINA E.A., BUITINK J., 2001.-** Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends in Plant Science* 6, 431-438.

- INGRAM J., BARTELS D., 1996.-** The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 47, 377 - 403.
- KLEINES M., ELSTER R.C., RODRIGO M.J., BLERVACQ A.S., SALAMINI F., BARTELS D., 1999.-** Isolation and expression analysis of two stress-responsive sucrose-synthase genes from the resurrection plant *Craterostigma plantagineum* Hochst. *Planta* 209, 13 - 24.
- McCREADY R.M., GUGGOZ J., SILVERIA V., OWENSH S., 1950.-** Determination of starch and amylose in vegetables. *Annals of Chemistry* 22, 1156 - 1160.
- NOGUÉS S., BAKER N.R., 2000.-** Effects of drought on photosynthesis in mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *Journal of Experimental Botany* 51, 1309 - 1317.
- PELLESCHI S., ROCHER J.P., PRIOUL J.L., 1997.-** Effect of water restriction on carbohydrate metabolism and photosynthesis in mature maize leaves. *Plant, Cell and Environment* 20, 493 - 503.
- REY P., GILLET B., RÖMER S., EYMERY F., MASSIMINO J., PELTIER G., KUNTZ M., 2000.-** Over-expression of a pepper plastid lipid associated protein in tobacco leads to changes in plastid ultrastructure and plant development upon stress. *The Plant Journal* 21, 483 - 494.
- ROOSENS N.H., THU T.T., ISKANDAR H.M., JACOBS M., 1998.-** Isolation of ornithine- δ -aminotransferase cDNA and effect of salt stress on its expression in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* 117, 263 - 271.
- STRAND.A., ZRENNER R., TREVANION S., STITT M., GUSTAFSSON P., GARDESTROM P., 2000.-** Decreased expression of two key enzymes in the sucrose biosynthesis pathway, cytosolic fructose-1,6-bisphosphatase and sucrose phosphate synthase, has remarkably different consequences for photosynthetic carbon metabolism in transgenic *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* 23, 759 - 770.
- TYAGI A., SANTHA I.M., MEHTA S.L., 1999.-** Effect of water stress on proline content and transcript levels in *Lathyrus sativus*. *Indian Journal of Biochemical and Biophysical* 36, 207-210.
- YOSHIBA Y., NANJO T., MIURA S., YAMAGUCHI-SHINOZAKI K., SHINOZAKI K., 1999.-** Stress responsive and developmental regulation of Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase 1 (P5CS1) gene expression in *Arabidopsis thaliana*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 261, 766 -772.

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'HOMOGENEITE DE LA RACE LOCALE « *Apis mellifera intermissa* » DANS LES DIFFERENTES REGIONS DU NORD DE L'ALGERIE

BERKANI M.L.⁽¹⁾, GHALEM Z.⁽²⁾ et BENYOUCEF M.T.⁽¹⁾

⁽¹⁾Institut National Agronomique El-Harrach 16 200 Alger (Algérie)

⁽²⁾Ecole normale supérieure Kouba Alger (Algérie)

RESUME

Le présent rapport concerne les travaux de recherche menés dans le nord de l'Algérie durant une période relativement longue (1987-2001). Le but de ce travail est l'étude des caractères biométriques de l'abeille locale appelée communément « Tellienne » peuplant le Maghreb. La première différence morphologique remarquée a été la couleur car elle est la plus visible à l'œil nu. Cependant, avec l'évolution des connaissances scientifiques, les tentatives de sélection et l'augmentation des importations d'abeilles, la nécessité de mieux différencier les populations par de mesures biométriques, se fait de plus en plus sentir. Ces techniques ont révélé que quelle que soit l'intensité des introductions souvent incontrôlées de reines étrangères, l'abeille locale a toujours gardé heureusement ses caractères originaux.

Mots-clés : Caractères biométriques, Abeille (*Apis mellifera intermissa*), Résultats de recherche, Régions Nord, Algérie.

SUMMARY

The study is carried out on the biometric characters of the local bee which populates the Maghreb, commonly called "Tellian". The first noticed morphological difference was the color, because it is the most visible. However, with the evolution of scientific knowledges, the attempts at selection, the increase in the imports of bees; the need for better differentiating the populations by biométriques measurements become important. These methods have revealed, against the intensity of uncontrolled importations of foreign queens, the local bee always kept its original characters.

Key words : Biometric characters, bee (*Apis mellifera intermissa*),
Research results, North areas, Algeria

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة الصفات الممكن قياسها أو تقديرها للنحل المحلي الموزع في المغرب، والتي تدعى بالنحلة التلية. الفرق الأول الملاحظ هو لون الأفراد الذي يقدر بالعين المجردة. مع تطور المعلومات العلمية و محاولات الانتقاء و كبر عدد أفراد الخلية فإنه من المستحسن قياس صفات أخرى تدعى بالصفات القياسية حتى نميز المجموعات المختلفة للنحل عن بعضها البعض.

بعد الدراسات القياسية تم التأكد أن السلالة المحلية قد احتفظت بصفات الأصلية مهما كانت كثافة التصلبات التي تمت بين النحلة المحلية و الأجنبية التي تم إدخالها بصفة غير رسمية.

INTRODUCTION

Le présent rapport concerne les travaux réalisés durant une longue période (1987-2001) sur l'analyse biométrique des populations de l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) dans le cadre des programmes de recherche apicole (laboratoire d'apiculture de l'institut national agronomique, Alger).

Nous avons constaté que tout éleveur d'abeilles, doté d'une expérience dans le domaine, doit reconnaître et identifier à l'oeil nu une abeille quelle que soit sa couleur (jaune, noire ou grise) et conclure sur son origine de l'abeille (tellienne, italienne, française ou caucasienne). Les croisements de races ne sont pas toujours apparents à l'oeil nu et seule une étude minutieuse, sous la loupe, de caractères morphologiques permet de reconstituer l'histoire génétique d'une population.

Depuis quelques années dans le monde, les apiculteurs commencent à réaliser les différents avantages pratiques des travaux de recherche faites sur les races d'abeilles et sur leurs croisements ADAM F., 1980. Ils commencent à comprendre l'utilité des facteurs génétiques dans la production du miel ainsi que les avantages et inconvénients de l'hybridation.

Dans cette optique, ils sont très sensibles sur la nécessité de protéger les races locales dont certaines sont réellement menacées d'extinction à cause des importations anarchiques de souches étrangères.

En Algérie, depuis les années 1970 à 1979 et par l'absence de législation sur l'importation de reines d'abeilles étrangères, certains apiculteurs ont inconsciemment ou consciemment favorisé ou inhibé la manifestation de caractères morphologiques, physiologiques ou comportementaux de la race d'abeille locale BOUGUERRA A. et BOUKELLAL A. 1995, et KOUDJIL M., 1990. Cette situation est illustrée par exemple par les niveaux bas de production de miel malgré l'introduction en milieu producteur, de méthodes de conduites modernes.

Les travaux de biométrie réalisés dans plusieurs régions du nord de l'Algérie mettent en relief l'intérêt de mettre l'accent sur des études sur la population d'abeille tellienne locale en termes de son homogénéité et de sa préservation contre la pollution génétique.

I. MATERIEL ET METHODES

La biométrie revêt une importance considérable, car elle est à la base de tout programme de développement apicole. Elle vise la mesure de

critères morphologiques permettant de distinguer, de classer les races entre elles et de diagnostiquer leur évolution (hybridations) CANAS S. et BOSACOMA J., 1989.

1.1. Période et lieux d'investigation

Les données analysées dans ces travaux de recherche proviennent de différents écosystèmes du nord de l'Algérie prospectés durant la période 1987 à 2001 (tableau 1). La collecte des données a été réalisée dans le cadre de notre programme de recherche au laboratoire d'apiculture de l'institut national agronomique.

Tableau 1 : Période et régions d'étude

Années	Régions
1987	Mitidja et Kabylie
1988	Annaba, Souk-Ahras et Batna
1990	Chlef et Atlas blidéen
1991	Bejaia et Jijel
1993	Arzew, Oran et Tlemcen
1995	Alger
1997	Constantine
1999	Souk-Ahras
2001	Saida

1.2. Méthodes

Une fois collectées, les données ont été triées en vue de leur validation. La méthode d'analyse retenue est celle qui porte sur les cinq principaux caractères biométriques. Il s'agit de la méthode dite «abeille par abeille».

Elle consiste à mesurer les cinq caractères morphologiques sur une même abeille et d'inscrire sur la même ligne d'une fiche de notation préétablie afin d'éviter tout risque d'interversion entre les abeilles.

Les mesures sont faites d'après un ordre bien précis pour que la partie à mesurer ne soit pas endommagée par la manipulation qui précède. L'ordre à respecter est le suivant: a) Index cubitale; b) Longueur de la langue; c) Pilosité; d) Coloration; e) Tomentum.

- a) L'index cubital est représenté par les deux segments A et B qui forment un angle au niveau de la troisième cellule cubitale de l'aile antérieure droite. Pour mesurer ces deux angles, on sépare l'aile antérieure droite de chaque abeille et on les met dans de l'alcool éthylique légèrement sucré. Après cela, les ailes seront disposées avec des pinces très fines sur les lames (caches) d'appareil de projection de diapositives. L'alcool s'évapore et le sucre joue le rôle de fixateur pour les ailes, ces dernières ainsi préparées seront projetées sur un écran et avec une règle graduée on mesure les segments A et B.
- b) La mesure de la longueur de la langue nécessite la décapitation préalable de l'abeille. Elle est ensuite épinglée sur une plaque de polystyrène de façon à ce que sa face interne soit visible et en position horizontale, puis on saisit délicatement la langue entre le pouce et l'index légèrement humectés. A l'aide d'une fine pince, on saisit l'extrémité, et on fait coïncider l'extrémité du tomentum avec le début de l'échelle du micromètre.
- c) Pour la mesure de la pilosité, le reste du corps de l'abeille (Abdomen et thorax), démunie des pattes et des ailes, est épinglé de profil de telle sorte que les poils du cinquième tergite à mesurer soient parallèles aux graduations du micromètre.
- d) Pour la mesure de la coloration, les abeilles sont fixées sur leur face ventrale. On étire le deuxième tergite qui se trouve toujours engagé sous le premier tergite. Cette mesure consiste à évaluer, la largeur d'une bande jaune se trouvant à l'extrémité supérieure du deuxième tergite. Cette bande jaune peut être absente, chez les races noires, donc aucune mesure ne pourra être faite et dans le cas où la bande existe, elle se présentera sous deux allures différentes: soit droite, soit curviligne.
- e) Enfin, la mesure du tomentum se fait en maintenant la même position de l'abeille que dans le cas de la mesure de la coloration. On étire le corps pour rendre visible le quatrième tergite sur lequel on mesure la largeur du tomentum (bande pileuse) BOUGUERRA A. et BOUKELLAL A., 1995.

Une conversion des valeurs micrométriques (longueur de la langue, pilosité, coloration et tomentum) est indispensable, à partir du coefficient d'étalonnage "G" propre à chaque caractère. Dans la littérature (BOUGUERRA A. et BOUKELLAL A., 1995 ; CANAS S et BOSACOMA J.,

1989, KOUDJIL M., 1990 et LEHBIBEN N., 1988), on utilise les valeurs suivantes de ce coefficient d'étalonnage "G : a) Longueur de la langue (G = 0,0627) ; b) Pilosité (G = 0,0246) ; c) Coloration (G = 0, 1020); d) Tomentum (G = 0, 1020).

La saisie et le traitement des données a été faite à l'aide de logiciels tableurs appropriés (Excel et Quatro Pro). Quant à la cartographie des caractères biométriques, elle a été réalisée à l'aide du système d'information géographique (SIG) en vue d'obtenir les cartes thématiques MAQUELIN C., 1993.

La modélisation de la variographie permet de représenter la structure spatiale des phénomènes étudiés sous une forme mathématique appropriée BENREMOUGA M., 1994.

La méthode utilisée pour la cartographie se base le krigeage universel. Selon RUTTNER F., TASSENCOURT L. et LOUVEAUX J., 1978, l'estimation par krigeage ordinaire se fait par voisinage glissant de rayon d'une distance donnée pouvant contenir quatre points au maximum et deux points au minimum.

Dans cette technique, le nord de l'Algérie est divisé en 3 300 mailles correspondant à 100 colonnes et 33 lignes afin d'aboutir à un maillage carré.

La méthode de krigeage consiste aussi à subdiviser la zone à cartographier en plusieurs mailles carrées. Les résultats sont obtenus sur ordinateur pour chacun des caractères biométriques mesurés.

II. RESULTATS ET DISCUSSION

Les observations sur les cinq caractères biométriques de l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) sont discutées en référence à la méthode proposée par FRESNAYE J., 1981 et qui se base sur les valeurs moyennes des mesures obtenues chez les différentes races d'abeilles (tableau 2).

Tableau 2 : Caractéristiques biométriques des principales races d'abeilles selon FRESNAYE J., 1981.

Races	Critères	Index cubital (a/b)	Pilosité 5ème tergite (mm)	Coloration (mm)	Tomentum	Longueur de langue (mm)
<i>Apis mellifica intermissa</i>	Moyenne	2,20	0,20	0,20	0,60	6,40
	Valeurs extrêmes	2,10-2,30	0,15-0,35	0,10-0,40	0,50-0,70	6,30-6,60
<i>Apis mellifica mellifica</i>	Moyenne	1,75	0,46	0,25	0,75	6,30
	Valeurs extrêmes	1,40-2,10	0,40-0,52	0,00-0,30	0,60-0,80	6,00-6,50
<i>Apis mellifica ligustica</i>	Moyenne	2,30	0,30	1,75	0,85	6,50
	Valeurs extrêmes	2,00-2,70	0,20-0,40	1,40-2,20	0,80-1,00	6,30-6,60
<i>Apis mellifica carnica</i>	Moyenne	2,60	0,30	0,35	0,92	6,60
	Valeurs extrêmes	2,30-3,20	0,20-0,40	0,20-0,60	0,80-1,00	6,40-6,80
<i>Apis mellifica caucasica</i>	Moyenne	2,00	0,30	0,30	1,00	7,00
	Valeurs Extrêmes	1,70-2,30	0,25-0,40	0,20-0,40	0,80-1,20	6,70-7,20

Les mesures faites sur les cinq caractères biométriques de l'abeille tellienne dans différentes régions du nord de l'Algérie sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Valeurs moyennes des cinq caractères mesurés chez l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) dans différentes régions (n=76) du Nord de l'Algérie (Période 1987-2001)

Paramètres	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Intervalle
Index cubital (a/b)	2,22	0,25	0,90	3,31	2,41
Longueur de la langue (Lan)	6,38	0,23	5,61	6,68	1,07
Pilosité (Pil)	0,24	0,05	0,16	0,38	0,22
Coloration (Col)	0,25	0,07	0,12	0,44	0,32
Tomentum (Tom)	0,56	0,05	0,35	0,64	0,29

a. Index cubital

La distribution de ce caractère dans les différentes régions étudiées (tableau 3 et figure 1) indique que les valeurs obtenues sur ce caractère se situent en moyenne à $2,22 \pm 0,25$ avec une variation allant de 0,90 à 3,31. L'étendue de ce caractère chez l'abeille tellienne est observée plus grande que celle de FRESNAYE J., 1981 qui rapporte des valeurs extrêmes plus rapprochées (2,30- 3,32).

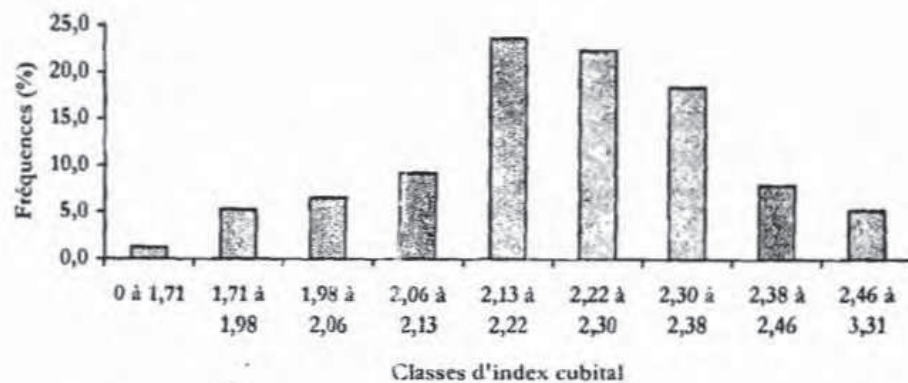
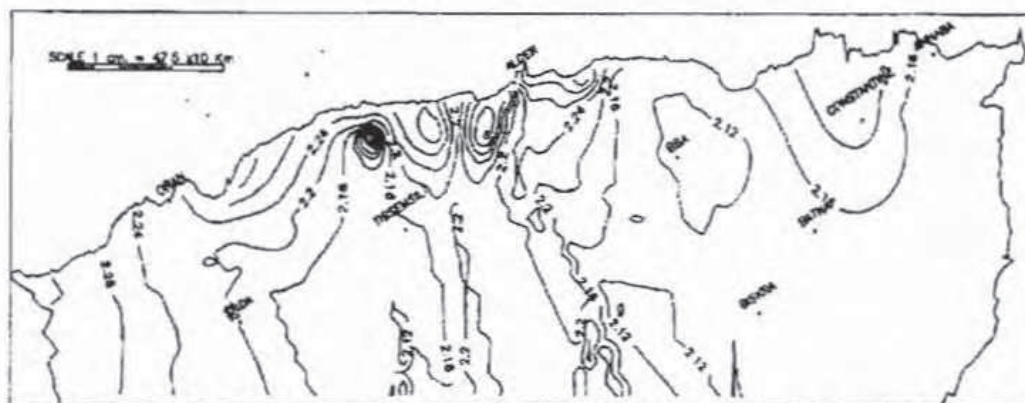


Figure 1 : Fréquences relatives de l'index cubital observées chez l'abeille tellienne dans différentes régions du nord de l'Algérie (valeurs moyennes de 1987 à 2001)

Ces observations sont également représentées dans la carte 1. Il peut être constaté que des anomalies sont apparues chez l'abeille tellienne dans des zones très limitées du Nord Constantinois, de l'Ouest de la Mitidja, de l'Est de la plaine d'Oran et du Nord de la frontière algéro-marocaine (carte 1).

L'hétérogénéité de ce caractère laisse penser que dans certaines zones de l'Algérie, l'abeille tellienne semble avoir reçu des caractéristiques par croisement avec d'autres races d'abeilles importées (la Caucasienne et la Carnicalienne par exemple).

22,4% des régions étudiées ont des observations qui se situent entre 1,71 et 2,13 pour l'index cubital chez l'abeille tellienne. Par contre 46% des régions ont des valeurs qui se placent entre 2,123 et 2,30. Seulement 5,3% des régions indiquent des valeurs d'index entre 2,46 et 3,31.



Carte 1 : Courbe d'iso index cubital de l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) (Nord de l'Algérie)

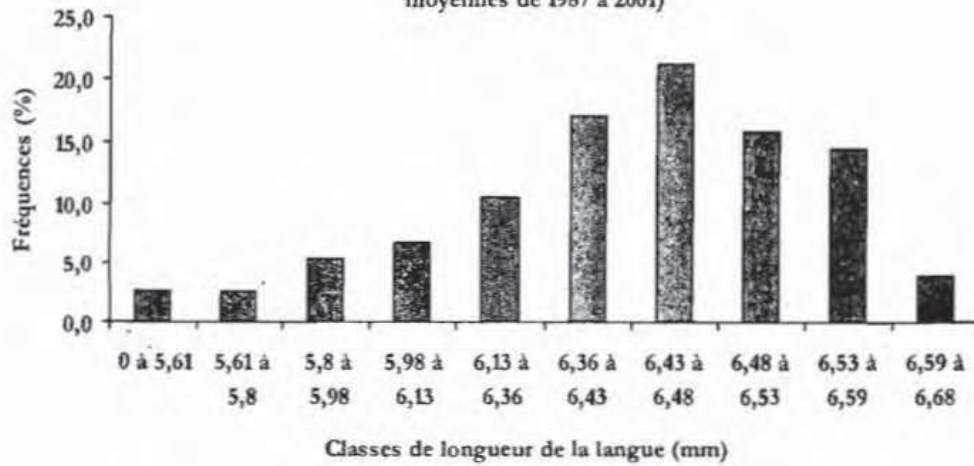
b. Longueur de la langue

La répartition des régions d'étude selon ce caractère dans (tableau 3 et figure 2) se caractérise par une valeur moyenne de $6,38 \pm 0,23$ avec des valeurs extrêmes allant de 5,61 à 6,68. Cette valeur moyenne est proche de celle observée (6,40) par FRESNAYE J., 1981, mais une différence est constatée quant à l'étendue de la variation de ce caractère (6,30 à 6,60). Elle confirme l'hétérogénéité également sur ce caractère chez l'abeille tellienne.

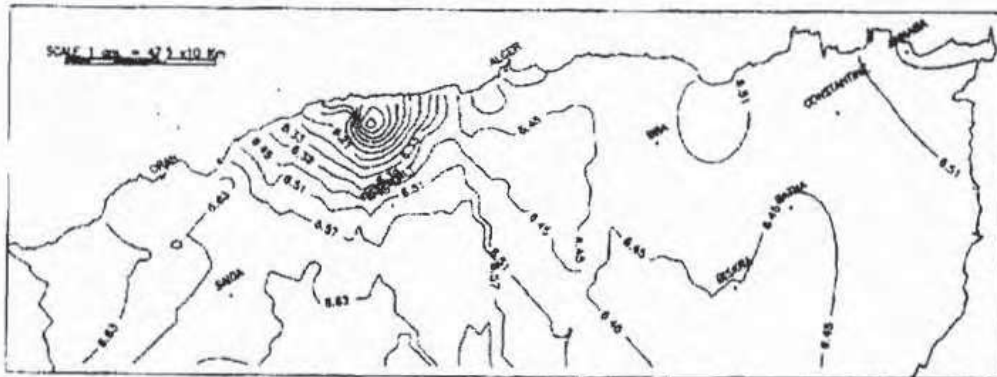
Plus du quart (27,6 %) des régions étudiées indiquent des valeurs pour ce caractère qui se situent entre 5,61 et 6,36.

Par ailleurs dans une forte proportion des régions (38,16%), la valeur de ce caractère se situe entre 6,36 et 6,48. Enfin, 18,42% des régions indiquent des valeurs se situant entre 6,53 et 6,68.

Figure 2. Fréquences relatives de la longueur de la langue observées chez l'abeille tellienne dans différentes régions du nord de l'Algérie (valeurs moyennes de 1987 à 2001)



Ces observations indiquent une hétérogénéité par rapport aux valeurs de la littérature. Des anomalies semblent exister chez l'abeille tellienne dans une frange du littoral Oranais et au niveau des hautes plaines de l'Ouest (carte 2). Par ailleurs, les abeilles qui ont développé une langue plus importante se situent dans des zones où la pluviométrie et la végétation ne sont pas abondantes. Au contraire, celles qui présentent une longueur de langue courte pourraient avoir reçu des caractères de l'abeille *Apis mellifera mellifera*.



Globalement, on pourrait dire que de point de vue du caractère longueur de la langue, l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) semble homogène à l'exception de certains variétés localisées dans l'Ouest-Algérien qui pourraient avoir été croisées avec l'abeille française et l'abeille carniolienne.

c. Pilosité

La distribution du caractère pilosité dans les différentes régions étudiées (tableau 3 et figure 3) montre que les valeurs observées ont une moyenne de l'ordre $0,24 \pm 0,05$ avec une variation allant de 0,16 à 0,38 peu différente de celle rapportée par FRESNAYE J., 1981 qui se situe entre 0,15 et 0,35 chez la même race d'abeille.

On constate que 19,74% des régions étudiées ont des observations présentent des valeurs de pilosité qui se situent entre 0,16 et 0,21 chez l'abeille tellienne. Cependant, 65,8% des régions ont des valeurs entre 0,21 et 0,27 alors que seulement 8,21% des régions se caractérisent par des valeurs de pilosité entres 0,31 et 0,38 (figure 3).

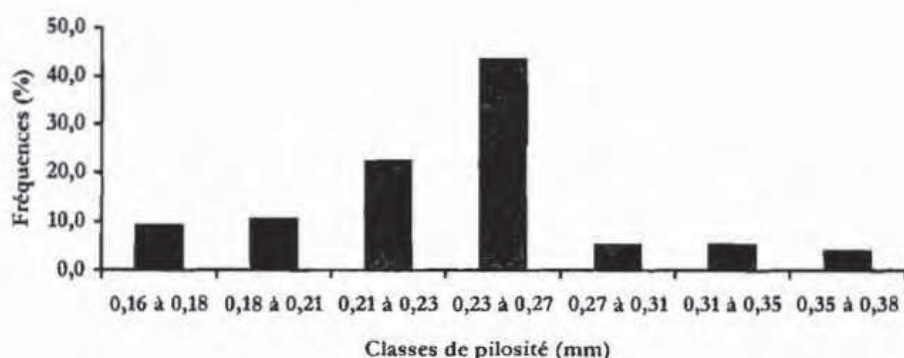


Figure 3 : Fréquences relatives de la pilosité observées chez l'abeille tellienne dans différentes régions du nord de l'Algérie (valeurs moyennes de 1987 à 2001)

Ces observations indiquent une certaine homogénéité par rapport aux valeurs rapportées dans la littérature. En effet, il a été constaté que 97,4% des abeilles observées sont homogènes du point de vue de ce caractère pilosité (carte 3). Le reste (2,6%) donne toutefois une idée sur une pilosité moyenne qui classe la population étudiée *Apis mellifica ligustica*, localisée dans le littoral Oranais.



Carte 3 : Courbe d'iso-pilosité de l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) (Nord de l'Algérie)

d. Coloration

Le caractère coloration chez l'abeille tellienne se présente avec une moyenne $0,25 \pm 0,07$ avec une variation de 0,12 à 0,44 (tableau 3 et figure 4) estimée à partir des observations faites dans les différentes régions étudiées. Cette moyenne est plus élevée que celle indiquée (0,20) par KOUDJIL M., 1990, mais dont les valeurs extrêmes sont plus atténuées (0,10 à 0,40).

La répartition du caractère coloration en classes montre que 11,84% des régions étudiées ont des abeilles dont la coloration se situe entre 0,12 et 0,17.

Presque la moitié des régions étudiées (48,7%) se caractérisent par une coloration comprise entre 0,17 et 0,25 donc en dessous de la moyenne. Les régions dont les valeurs de coloration sont supérieures à la moyenne représentent 29,47% de l'ensemble.

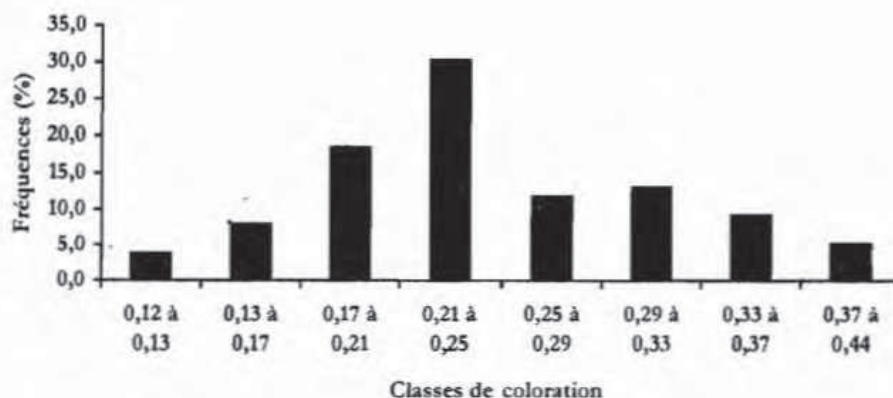
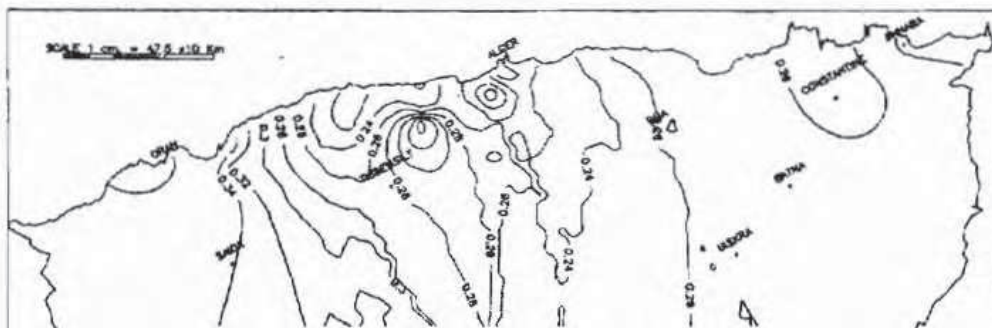


Figure 4 : Fréquences relatives de la coloration observées chez l'abeille tellienne dans différentes régions du nord de l'Algérie (valeurs moyennes de 1987 à 2001)

Ces observations montrent une faible hétérogénéité du caractère coloration (carte 4). Cependant, certains individus semblent détenir des caractéristiques des abeilles carnica et carniolienne qui sont de couleurs grises et peuplant tout l'Ouest algérien.



Carte 4 : Courbe d'iso-coloration de l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) (Nord de l'Algérie)

e. Tomentum

Le caractère tomentum chez l'abeille tellienne se caractérise par une moyenne $0,56 \pm 0,05$ avec une variation de 0,35 à 0,64 (tableau 3 et figure 5). Cette valeur moyenne est observée légèrement moins élevée que celle rapportée dans la littérature FRESNAYE J., 1981 ; (une moyenne de 0,60 avec une variation de 0,50 à 0,70)

La répartition du caractère tomentum indique que 22,37% des régions étudiées ont des valeurs de ce caractère qui se situent dans l'intervalle 0,47 à 0,51. Plus de la moitié des régions étudiées (53,95%) a une valeur du tomentum comprise entre 0,51 et 0,59 alors que 9,21% des régions ont des valeurs de ce caractère entre 0,61 et 0,69.

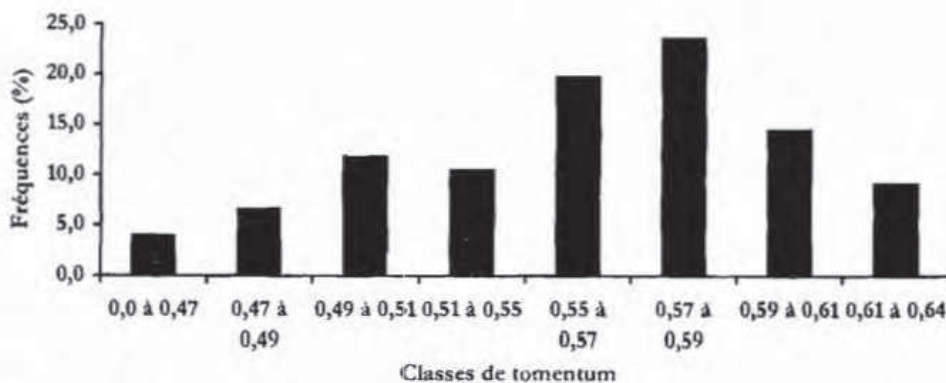
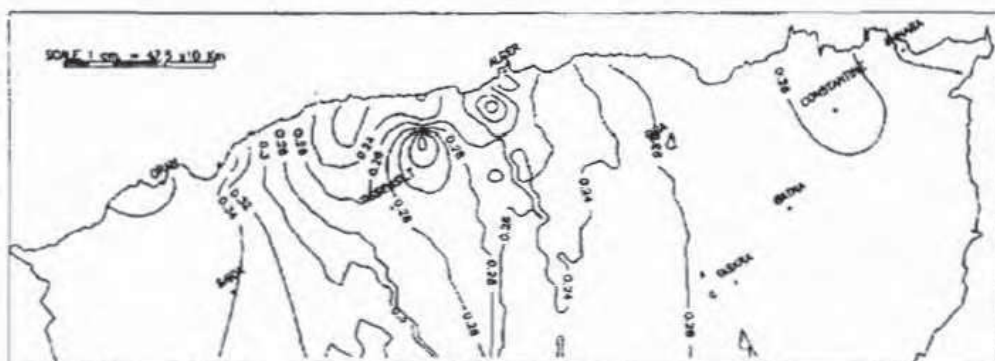


Figure 4 : Fréquences relatives du tomentum observées chez l'abeille tellienne dans différentes régions du nord de l'Algérie (valeurs moyennes de 1987 à 2001)

La lecture de la carte d'iso-tomentum (carte 5) permet de déduire que parmi les populations d'abeilles étudiées, certaines occupant une frange du littoral Ouest Algérien semblent avoir un lien de parenté avec l'abeille noire française.



Carte 5 : Courbe d'iso-tomentum de l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) (Nord de l'Algérie)

La relation entre les cinq caractères étudiés chez l'abeille tellienne a été appréciée par l'examen des valeurs du coefficient de corrélation (tableau 4).

Tableau 4 : Matrice de corrélation

Caractères biométriques	Index cubital	Longueur de la langue	Pilosité	Coloration
Index cubital				
Longueur de la langue	0,028			
Pilosité	0,026	0,381		
Coloration	-0,060	-0,332	-0,063	
Tomentum	-	-0,307	-0,441	0,118
	0,0287			

Les caractères pilosité et longueur de la langue sont corrélées entre elles (0,381). Cela laisse supposer qu'ils pourraient être influencés par la pluviométrie de la région. La pilosité est corrélée négativement avec le tomentum (-0,441). De même, la longueur de la langue est corrélée négativement avec la coloration (-0,332) et le tomentum (0,307). Ces indications méritent d'être approfondies dans des études qui s'intéressent à la sélection d'abeilles dans différents milieux mellifères.

CONCLUSION

Dans ce présent rapport, l'accent a été mis sur certains caractères biométriques mesurés chez l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) observée pendant une longue période dans différentes régions algériennes. Les résultats obtenus permettent de dire que face à l'existence de certaines hétérogénéités (anomalies supposées introduites par métissage) observées dans des populations d'abeille du Nord de l'Algérie, il est important d'attirer l'attention des chercheurs et des décideurs sur l'intérêt d'approfondir les études sur l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*) afin de préserver ses caractéristiques d'adaptation aux régions du Tell en Algérie. D'autant plus que certains facteurs biologiques, écologiques et sociaux peuvent influencer l'évolution génétique de cette race d'abeille localisée dans la région de l'Afrique du Nord. Toutefois, il faut remarquer que malgré l'introduction de races exotiques, cette race d'abeille a conservé à un certain degré, son homogénéité dans plusieurs écosystèmes du nord de l'Algérie.

Par ailleurs, il est utile de savoir que l'abeille locale présente de petites différences quant à la longueur de la langue, la coloration, la pilosité. Ces différences, minimales soient-elles, ne semblent pas influencer sur l'homogénéité des caractères morphologiques de cette abeille; mais seraient en étroite relation avec la richesse de la flore mellifère et la pluviométrie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAM F., 1980.-** A la recherche des meilleures races d'abeilles
Ed. Courrier du livre, Paris, 198 pp.
- BENREMOUGA M., 1994.-** Cartographie de l'ETO et du déficit pluviométrique à l'échelle nationale. Mémoire d'ingénieur, INA , El Harrach, 220 pp.
- BOUGUERRA A. et BOUKELLAL A., 1995.-** Influence de la varroase sur les caractères biométriques de l'abeille tellienne. Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach 155 pp.
- CANAS S. et BOSACOMA J., 1989.-** Biométrie de l'abeille. Rev. l'abeille de France et l'apiculture (742) :p 419-423.
- FRESNAYE J., 1981.-** Biométrie de l'abeille. Ed. Opida, Monfavet ,pp154
- KOUDJIL M., 1990.-** Etude de la race locale *Apis mellifica intermissa* et essai d'élevage de reines dans la région de Chlef. Mémoire de magister, INA, El Harrach, 288 pp.
- LEHBIBEN N., 1988.-** Etude des variations des caractères biométriques de l'abeille locale *Apis mellifica intermissa* dans l'Est Algérien. Mémoire d'ingénieur .INA, El Harrach 195pp.
- MAQUELIN C., 1993.-** Les races d'abeilles: Evolution et distribution actuelle. Cours de perfectionnement apicole. Ed. FAM, Paris, 20 pp.
- RUTTNER F., TASSENCOURT L. and LOUVEAUX J., 1978.-** Biometrical statistical analysis of Geographic variability of *Apis mellifica*. Material and methods. Rev. Apidologie (4) p 363-367.

- ADAM F., 1980.-** A la recherche des meilleures races d'abeilles
Ed. Courrier du livre, Paris, 198 pp.
- BENREMOUGA M., 1994.-** Cartographie de l'ETO et du déficit pluviométrique à l'échelle nationale. Mémoire d'ingénieur, INA , El Harrach, 220 pp.
- BOUGUERRA A. et BOUKELLAL A., 1995.-** Influence de la varroase sur les caractères biométriques de l'abeille tellienne. Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach 155 pp.
- CANAS S. et BOSACOMA J., 1989.-** Biométrie de l'abeille. Rev. l'abeille de France et l'apiculture (742) :p 419-423.
- FRESNAYE J. 1981.-** Biométrie de l'abeille. Ed. Opida, Monfavet ,pp154
- KOUDJIL M., 1990.-** Etude de la race locale *Apis mellifica intermissa* et essai d'élevage de reines dans la région de Chlef. Mémoire de magister, INA, El Harrach, 288 pp.
- LEHBIBEN N., 1988.-** Etude des variations des caractères biométriques de l'abeille locale *Apis mellifica intermissa* dans l'Est Algérien. Mémoire d'ingénieur .INA, El Harrach 195pp.
- MAQUELIN C., 1993.-** Les races d'abeilles: Evolution et distribution actuelle. Cours de perfectionnement apicole. Ed. FAM ,Paris, 20 pp.
- RUTTNER F., TASSENCOURT L and LOUVEAUX J., 1978.-** Biometrical statistical analysis of Geographic variability of *Apis mellifica*. Material and methods. Rev. Apidologie (4) p363-367.

ETUDE DE L'EFFET D'UN HERBICIDE (NORFLURAZON) SUR LA CROISSANCE DES CALS DE HARICOT (*Phaseolus vulgaris* L.)

BOULAHIA K. ⁽¹⁾, AÏD F. ⁽¹⁾, ABROUS O. ⁽¹⁾
et KESRI-BENHASSAINE G. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Equipe de Physiologie Végétale, Laboratoire de Biologie et
Physiologie des Organismes (LBPO), Faculté des Sciences
Biologiques, USTHB, BP 32 El Alia, 16111, Alger.
Tel : 021 24 79 50 au 64. Fax : 021 24 72 17.

RESUME

Les cals hétérotrophiques de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) sont obtenus, en conditions axéniques, à partir de culture de méristèmes caulinaires et racinaires sur le milieu nutritif de Murashige et Skoog (MS, 1962) complet solide contenant une auxine (2,4-D) et une cytokinine (Kinétine) à différentes concentrations molaires. Des cals à croissance optimale ont été obtenus à partir d'explants de méristèmes caulinaires cultivés en présence du 2,4-D à 10^{-6} M et de la kinétine à 10^{-5} M.

Le norflurazon 4-chloro-5-méthyl-amino-2-trifluoro-méthyl-phényl 3 – (2 H) pyridazinone provoque chez les cals hétérotrophiques de haricot, une diminution du poids de la matière végétale fraîche, du poids de la matière végétale sèche et de la teneur en protéines totales en fonction des doses appliquées. Le norflurazon est un herbicide qui agit fortement sur la croissance des cals de haricot.

Mots clés : milieu MS, cals, haricot, croissance, norflurazon.

ملخص

الكنب (cal) غير ذاتي التغذية للفاصولياء *Phaseolus vulgaris* L. حصل في ظروف معقمة عن طريق زرع الميريسيم الساقى و المير يستيم الجذري على الوسط الغذائى ل Murashige et Skoog (MS, 1962) كامل وصلب المحتوى على الأوكسين (2,4D) و السيتوكنين (kinétine) في تراكيز مولارية مختلفة. تم الحصول على النمو الأقصى للكنب من المير يستيم الساقى النامى بوجود (2,4D) ب 10^{-6} مولارية و kinétine ب 10^{-10} مولارية.

يحدث النور فليرازون 4- كلور- 5- ميثيل - أمينو 2- ثلاثي - فليور- مثيل 3- (H2) بيريدا زينون عند كنب الذاتى التغذية للفاصولياء انخفاض في وزن المادة النباتية الطازجة، المادة النباتية الجافة و في كمية البروتينات الكلية بدلالة التراكيز المستعملة. النور فليرازون ، مييد الأعشاب الضارة ، يؤثر بقوة على نمو الكنب الفاصولياء.

كلمت المفتاح : الكنب، الفاصولياء، النمو، النور فليرازون.

ABSTRACT

The heterotrophic callus of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) are produced, under aseptic conditions, from stem and root explants cultivated on complete and solid Murashige-Skoog (MS, 1962) medium supplemented with different levels of auxin (2,4-D) and cytokinin (kinetin). The optimum growth of callus have been obtained from stem explants cultivated on MS medium with 10^{-6} M 2,4-D and 10^{-5} M kinetin.

The norflurazon 4-chloro-5-methyl-amino-2-trifluoro-methyl-phenyl 3 - (2 H) pyridazinone causes in heterotrophic callus of bean a diminution of the fresh weight, the dry weight and the total proteins content in terms of the herbicid dose. The norflurazon is an herbicid wich affect strongly the growth of bean callus.

Key words : MS medium, callus, bean, growth, norflurazon.

1. INTRODUCTION

Les progrès spectaculaires réalisés depuis la seconde guerre mondiale dans les domaines de la physiologie végétale et de la génétique sont pour beaucoup dans le développement des techniques de pointe appliquées à l'agriculture. Les cultures in vitro et hors sol notamment ont su apporter des réponses irremplaçables aux pressantes exigences de qualité et de rentabilité de l'économie agricole. L'amélioration sanitaire des conditions de culture et des végétaux, ainsi que les possibilités de multiplication végétative s'en sont trouvées considérablement augmentées, bouleversant en quelques années certains aspects de la production agricole.

Les régulateurs de croissance sont à la base de toute manipulation in vitro. En effet, les hormones jouent un rôle fondamental dans le contrôle de la multiplication et de la différenciation cellulaire, dans le contrôle de l'organogenèse et de la croissance des plantes. Leur action est finement modulée par leur concentration. Les combinaisons d'auxines et de cytokinines se sont révélées être nécessaires pour une induction et une prolifération optimale des cals (LAPICHINO et al, 1991 ; NAWA ET OHTANI, 1992), massifs cellulaires inorganisés à caractère méristématique se divisant activement.

Les herbicides ou produits dés herbants sont des substances chimiques couramment utilisées en agriculture pour détruire les adventices ou paralyser leur développement.

Les adventices (souvent qualifiées de mauvaises herbes) entrent en compétition avec les plantes cultivées pour l'eau, les éléments minéraux, l'espace, le dioxyde de carbone, ainsi que pour la lumière, ce qui diminue considérablement la qualité et la quantité des récoltes. Ainsi, l'introduction des herbicides dans la pratique agricole contribue à assurer une meilleure rentabilité des cultures. Néanmoins, pour protéger d'une manière efficace une culture contre diverses adventices, un herbicide doit être capable d'éliminer les adventices sans porter préjudice aux plantes cultivées (FREYSSINET, 1990). Parmi les nombreux travaux réalisés sur le mode d'action des herbicides, beaucoup ont été effectués sur des plantes entières ; il nous a paru donc intéressant d'étudier l'effet d'un herbicide sur des cultures de cals. Au cours de ce travail, nous nous sommes proposées d'étudier l'effet du :

- 2,4-D et de la kinétine sur les cals produits par des méristèmes de *Phaseolus vulgaris* L., en recherchant la balance hormonale qui serait à l'origine d'une callogenèse optimale.
- norflurazon sur la croissance, en mesurant le poids de la matière végétale fraîche, sèche et la teneur en protéines totales.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Obtention des cals

Les graines de *Phaseolus vulgaris* L., variété Tendergreen, sont mises à imbiber dans de l'eau distillée pendant trois heures, puis désinfectées dans de l'eau de Javel (1%). Elles sont ensuite rincées abondamment avec de l'eau distillée stérile. La germination des graines, en conditions axéniques, s'effectue dans des erlenmeyers contenant de la vermiculite imbibée d'eau distillée et obturés par du coton cardé, stérilisés au préalable à l'autoclave pendant 20 mn à 120°C (photo 1A).

Les vitrosemis sont ensuite placés dans une étuve à 26°C et une photopériode de 16heures, jusqu'au stade quatre feuilles (photo 1B).

Les cals de haricot sont obtenus, en conditions axéniques, à partir de culture de méristèmes intercalaires et racinaires sur le milieu nutritif de Murashige et Skoog (MS, 1962) complet gélosé (12g l⁻¹) contenant une auxine (2,4-D) et une cytokinine (kinétine) à différentes concentrations : 10⁻⁴ M ; 10⁻⁵ M ; 10⁻⁶ M ; 10⁻⁷ M.

Les explants ensemencés sont placés dans une chambre de culture à une température de 26°C et une photopériode de 16 heures. Les cals obtenus sont repiqués tous les mois sur un milieu stérile neuf de même composition.

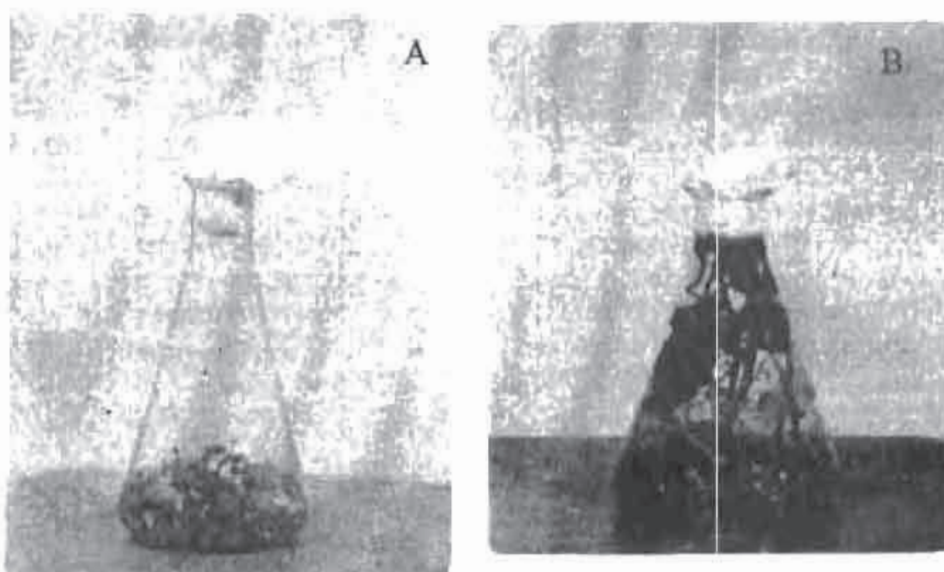


Planche 1 : Germination des semences de haricot en conditions axéniques.

A : Mise en culture des graines de haricot sur vermiculite.

B : Cultures axéniques de plantules de haricot sur vermiculite

2.2. Traitement des cals

Le norflurazon appelé également San 9789 est d'origine suisse. Il appartient à la famille des pyridazinones ; sa formule chimique est le 4-chloro-méthyl-amino-2-trifluoro-méthyl-phényl 3 - (2 H) pyridazinone et sa masse moléculaire est de 303,7 g. Il se présente sous forme d'une poudre cristalline de couleur marron ; sa solubilité dans l'eau est de 28 mg.l⁻¹ à 23°C.

Le traitement a été appliqué sur des cals en phase exponentielle de croissance. Les cals sont prélevés aseptiquement et transférés dans des milieux identiques au milieu de culture additionné du norflurazon à différentes concentrations molaires : 10⁻⁷ M, 10⁻⁶ M, 10⁻⁵ M, 10⁻⁴ M. Ces cals sont maintenus en croissance pendant quatre jours dans des erlenmeyers en chambre de culture dans les mêmes conditions (température de 16°C et une photopériode de 16 heures). Au-delà de ce temps, la toxicité du produit entraîne un brunissement et la mortalité des cellules du cal pour l'ensemble des traitements.

2.3. Détermination de la matière fraîche et sèche

La matière végétale fraîche est déterminée par pesée des cals (6 individus) à l'aide d'une balance de précision.

La matière sèche est déterminée après une dessiccation totale des cals pendant 48 heures dans une étuve réglée à 65°C. Les cals desséchés sont alors pesés à l'aide de la même balance.

Le pourcentage d'eau des cals est calculé par la différence entre les masses fraîche et sèche.

2.4. Dosage des protéines

La teneur en protéines est déterminée par la technique de Bradford (1976).

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Description des cals

Pour toutes les combinaisons hormonales utilisées, les cals provenant des méristèmes caulinaires sont au départ chlorophylliens, compacts, fermes et denses (photo 2 A).

Les cals obtenus perdent cependant, progressivement ou rapidement leur verdissement pour devenir crèmes (dits hétérotrophiques), légèrement

translucides et friables (photo 2 B). Cette dépigmentation est fonction de la concentration en 2,4-D. En effet, les cals cultivés sur un milieu riche en auxine (10^{-4} et 10^{-5} M) perdent leur chlorophylle après 10 jours de croissance. Quant aux cals cultivés en présence des doses plus faibles en auxine (10^{-6} et 10^{-7} M), ils ne deviennent crèmes qu'après le 20^{ème} jour de croissance.

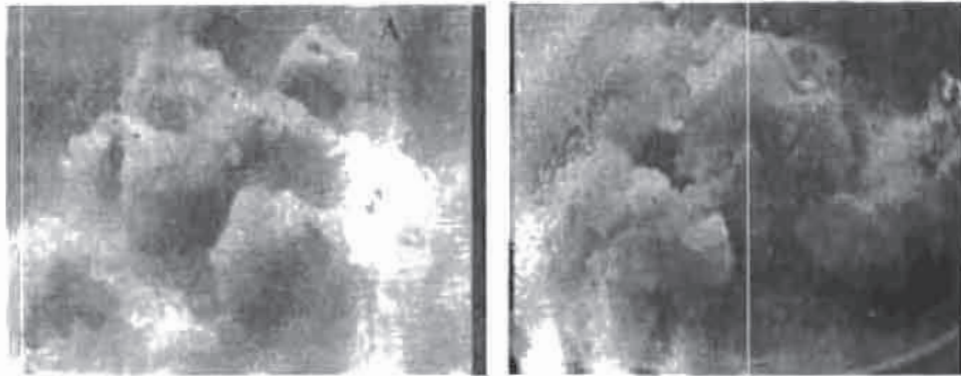


Planche 2 : Cals issus des méristèmes caulinaires de *Phaseolus vulgaris* L.

- A :** cals photomixotrophiques (verts) après 20 jours de culture.
B : cals hétérotrophiques (crèmes) après 50 jours de culture.

La coloration verte des cals indique un développement des structures chloroplastiques

(WILLIAMS et al, 1991) et la présence de chlorophylle (AID et al, 1996). Ces cals sont qualifiés alors de photomixotrophiques (Manoharan et al, 1987 ; FITCH et MOORE, 1990). Le 2,4-D est une auxine de synthèse aux propriétés similaires à un herbicide. A fortes doses, le 2,4-D provoque des perturbations dans le fonctionnement des membranes thylakoidales et des changements dans la morphologie du chloroplaste (ASHTON et CRAFTS, 1973 ; SCALLA, 1991 ; WILLIAMS et al, 1993) Par ailleurs, l'obtention des cals hétérotrophiques chez *Lemna minor* (FRICK, 1991) et *Acacia auriculiformis* (RANGA - RAO et PRASAD, 1991) a été reliée avec la concentration de la source carbonée utilisée dans le milieu nutritif. La richesse du milieu de culture en sucre induit une synthèse accrue d'amidon dans les chloroplastes qui se transformeraient en amyloplast.

Les cals provenant des méristèmes racinaires sont toujours de couleur crème, friables et légèrement translucides (photo 3)

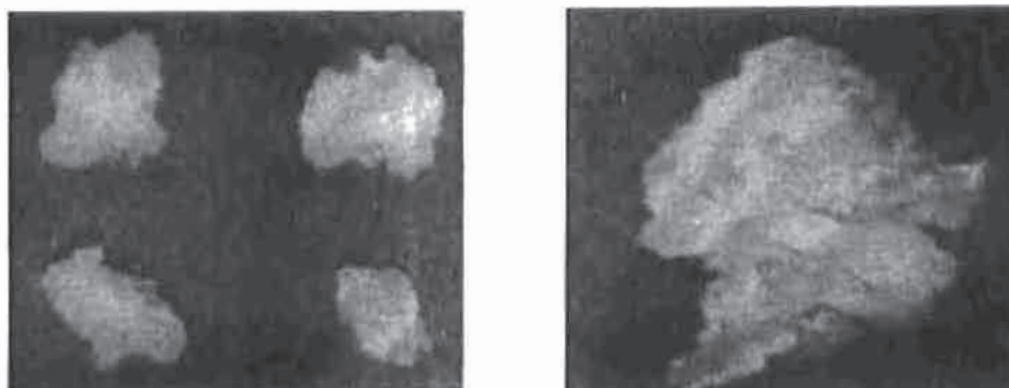


Planche 3 : Cals de *Phaseolus vulgaris* L. issus des méristèmes racinaires.

Après deux mois de croissance, sans repiquage, les cals produits à partir des deux types de méristèmes (intercalaires et racinaires) présentent un brunissement suivi d'un dessèchement général de leur surface ; c'est la phase de sénescence (photo 4) Selon RANGA – RAO et PRASAD, (1991), le brunissement des cultures résulterait d'une accumulation excessive des substances phénoliques.



Planche 4 : Cals de *Phaseolus vulgaris* L. sénescents (bruns)

3.1.1. Induction de la croissance des cals par les hormones

3.1.1.1. Méristèmes caulinaires

Les courbes de croissance des cals produits par les méristèmes intercalaires en fonction des concentrations hormonales présentent toutes une allure sigmoïde caractérisée par trois phases principales (Fig.1).

Une première phase, ou phase accélérée de croissance, couvre les 35 premiers jours pendant laquelle l'augmentation du poids de la matière végétale fraîche est importante. Une deuxième phase appelée phase de ralentissement va jusqu'au 55^{ème} jour ; l'accumulation est plus lente. Enfin une dernière phase ou phase stationnaire est marquée par une stabilisation du poids frais. Elle se situe entre le 60^{ème} et le 80^{ème} jour de croissance.

La prolifération cellulaire et la croissance mesurée par le poids frais sont dépendantes de la concentration en 2,4-D et kinétine. Les courbes de croissance ont été regroupées en quatre lots par ordre décroissant :

Le lot A (Fig.1A) est formé par les faibles doses de 2,4-D combinées aux fortes doses de kinétine ($10^{-6}/10^{-5}$; $10^{-7}/10^{-5}$; $10^{-6}/10^{-4}$; $10^{-7}/10^{-4}$ M : 2,4-D/Kin) : nous remarquons une forte accumulation de la matière végétale fraîche. Toutefois, le 2,4-D à 10^{-6} M et la kinétine à 10^{-5} M se sont révélés les concentrations adéquates à une croissance optimum des cals ; le poids de matière fraîche passe de 283 ± 78 mg le 5^{ème} jour à 3480 ± 135 mg le 60^{ème} jour de culture.

Le lot B (Fig.1B) constitué par les faibles doses de 2,4-D combinées aux faibles doses de kinétine ($10^{-6}/10^{-7}$; $10^{-7}/10^{-6}$ M : 2,4-D/Kin) ou les fortes doses de 2,4-D combinées aux fortes doses de kinétine ($10^{-4}/10^{-5}$; $10^{-5}/10^{-4}$ M : 2,4-D/Kin) : une croissance nettement plus faible est enregistrée en présence de ces différentes concentrations hormonales. En effet, pour toutes ces doses, le poids frais varie entre 660 ± 36 mg et 1020 ± 12 mg au 60^{ème} jour.

Le lot C (Fig.1C) comprend les fortes doses de 2,4-D combinées aux faibles doses de kinétine ($10^{-4}/10^{-6}$; $10^{-4}/10^{-7}$; $10^{-5}/10^{-6}$; $10^{-5}/10^{-7}$ M : 2,4-D/Kin) : l'accumulation de la matière fraîche est beaucoup plus faible pour ces différents traitements hormonaux. Ainsi, les valeurs finales des poids frais sont comprises seulement entre 545 ± 19 mg et 605 ± 52 mg au 60^{ème} jour de culture.

Le lot D (Fig.1D) regroupe les combinaisons de même rapport molaire ($10^{-6}/10^{-6}$; $10^{-7}/10^{-7}$).

$10^{-5}/10^{-5}$; $10^{-4}/10^{-4}$; 2,4-D/Kin) : quelque soit la concentration hormonale, la croissance est encore plus faible. En effet, le poids de matière fraîche varie entre 265 ± 2 mg et 380 ± 11 mg au 60^{ème} jour.

Nos résultats corroborent ceux de MALIK et SAXENA, (1991) ayant travaillé sur la même espèce végétale et ceux de AL-KHAYRI et al, (1991 ; 1992) utilisant les cals de *Spinacia oleracea* L.

Le 2,4-D utilisé à faibles doses de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-6} M, est l'auxine de synthèse nécessaire pour l'obtention des cals (DAVIS et OLSON, 1993). Néanmoins, les combinaisons d'auxines (en particulier le 2,4-D) et de cytokinines, hormones favorisant les mitoses, stimuleraient davantage la callogenèse (LAPICHINO et al, 1991 ; NAWA et OHTANI, 1992).

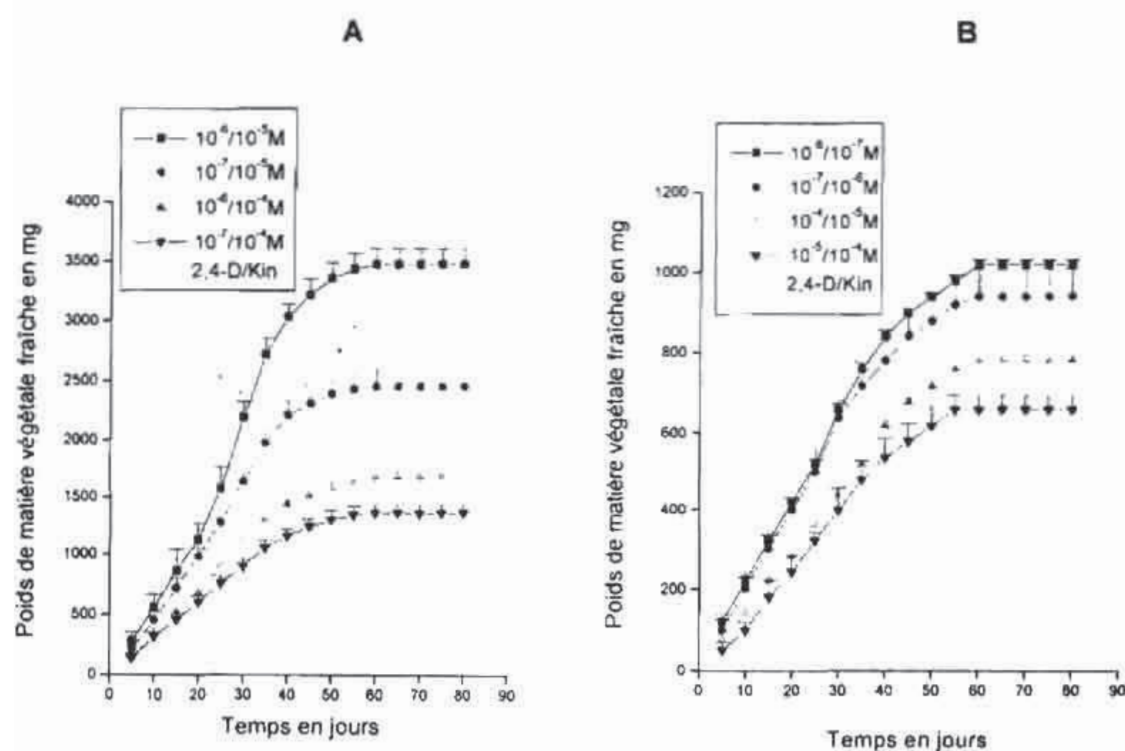


Figure 1 : Effets des différentes concentrations en 2,4-D et kinétine sur l'évolution du poids de la matière végétale fraîche (A, B) des cals de haricot issus des méristèmes intercalaires. (Chaque point est la moyenne de 6 mesures)

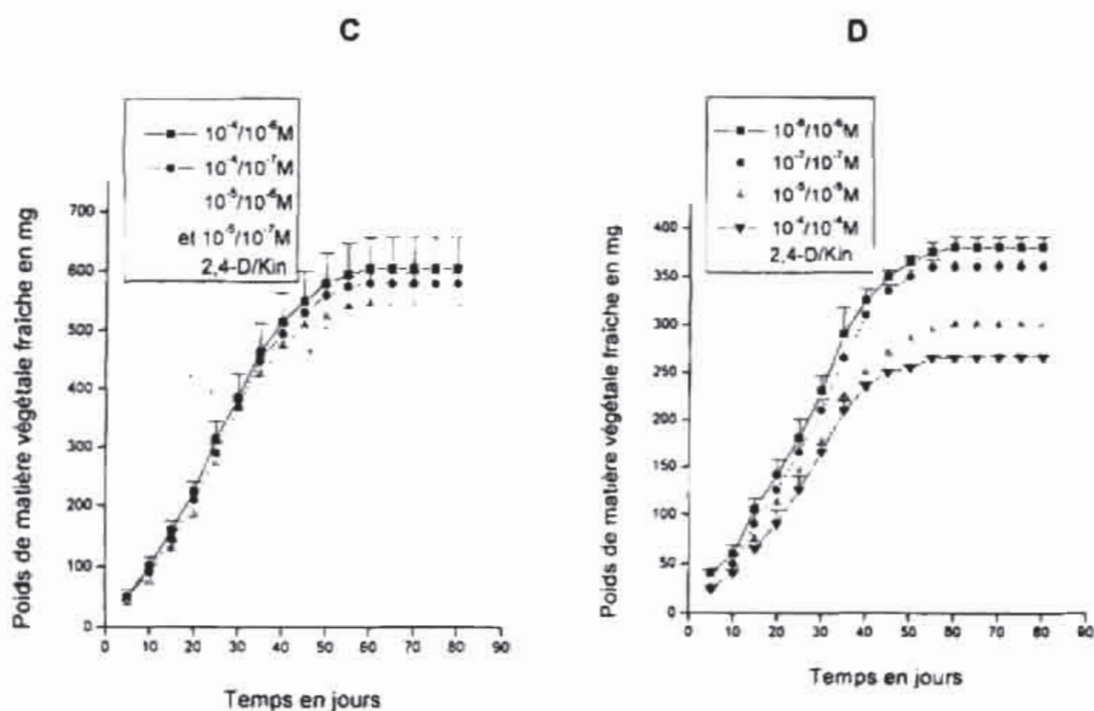


Figure 1' : Effets des différentes concentrations en 2,4-D et kinétine sur l'évolution du poids de la matière végétale fraîche (C, D) des cals de haricot issus des méristèmes intercalaires. (Chaque point est la moyenne de 6 mesures)

3.1.1.2. Méristèmes racinaires

Les courbes de croissance des cals provenant des méristèmes racinaires présentent également une allure sigmoïde (Fig.2).

Seules les faibles doses en 2,4-D combinées aux fortes doses en kinétine ($10^{-6}/10^{-5}$; $10^{-7}/10^{-5}$; $10^{-6}/10^{-4}$; $10^{-7}/10^{-4}$; 2,4-D/Kin) se sont révélées efficaces pour l'obtention des cals mais leur croissance demeure réduite par rapport à celle observée pour les cals issus des méristèmes intercalaires.

Les autres concentrations hormonales n'ont pas d'effets sur la callogenèse. L'obtention des cals à partir des méristèmes caulinaires est généralement favorisée par un apport d'auxine exogène à doses relativement élevées (2,4-D de 10^{-7} à 10^{-5} M), par contre la croissance des méristèmes racinaires nécessite un apport d'auxine très faible (MARGARA, 1989; AL-KHAYRI et al., 1992).

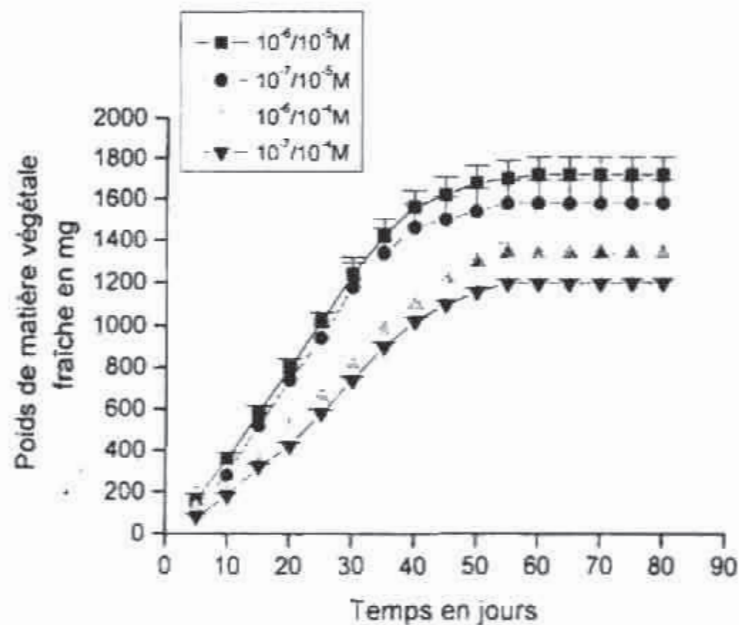


Figure 2 : Effets des différentes concentrations en 2,4-D et kinétine sur l'évolution du poids de la matière végétale fraîche des cals de haricot issus des méristèmes racinaires. (Chaque point est la moyenne de 6 mesures)

3.1.2. Etude de la croissance

L'ensemble des résultats obtenus au cours de la première partie du travail, nous ont permis de déterminer à la fois les concentrations hormonales (2,4-D et kinétine) et la nature de l'explant favorisant une callogenèse optimum. Nous avons choisi pour cette étude, des cals provenant des méristèmes caulinaires (intercalaires) cultivés sur des milieux pauvres en 2,4-D et riches en kinétine ($10^{-6}/10^{-5}$; $10^{-7}/10^{-5}$; $10^{-6}/10^{-4}$ M).

La croissance des cals est déterminée par l'évaluation de la masse de la matière végétale fraîche, de la matière végétale sèche et de la teneur en protéines totales.

3.1.2.1. Poids de la matière végétale fraîche

Nous constatons que la croissance des cals est importante dès les premiers jours de culture pour les trois traitements hormonaux sélectionnés

(Fig.3A). En effet, le poids de matière fraîche augmente très rapidement pour atteindre au 35^{ème} jour 2582 ± 304 mg pour la combinaison hormonale $10^{-6}/10^{-5}$ M, 1980 ± 85 mg pour la combinaison $10^{-7}/10^{-5}$ M et 1360 ± 99 mg pour la $10^{-6}/10^{-4}$ M (2,4-D/Kin). Au-delà du 35^{ème} jour, la croissance ralentit et se stabilise à partir du 55^{ème} jour pour atteindre un maximum au 60^{ème} jour ; 3400 ± 240 mg, 2400 ± 148 mg et 1740 ± 132 mg pour les combinaisons respectives $10^{-6}/10^{-5}$, $10^{-7}/10^{-5}$ et $10^{-6}/10^{-4}$ M (2,4-D/Kin). Ces valeurs demeurent inchangées entre le 60^{ème} et le 80^{ème} jour.

3.1.2.2. Poids de la matière végétale sèche

L'évolution de la matière végétale sèche montre une cinétique similaire à celle observée par la matière végétale fraîche (Fig.3B). Le poids sec est important durant les 35 premiers jours où il atteint 132 ± 18 mg pour la concentration $10^{-6}/10^{-5}$, 102 ± 10 mg pour la $10^{-7}/10^{-5}$ et 65 ± 8 mg pour la $10^{-6}/10^{-4}$ M (2,4-D/Kin). Après le 35^{ème} jour on constate un ralentissement de croissance qui tend à se stabiliser à partir du 55^{ème} jour et atteint une valeur finale au 60^{ème} jour ; 170 ± 15 mg pour la $10^{-6}/10^{-5}$, 128 ± 12 mg pour la $10^{-7}/10^{-5}$ et 82 ± 8 mg pour la $10^{-6}/10^{-4}$ M.

Nous remarquons que l'évolution du poids frais et du poids sec est identique. En effet, le pourcentage d'eau est constant dans les cais pour les différents traitements hormonaux. Ce qui indique que l'accumulation de la matière végétale fraîche n'est pas dû à une hyperhydricité des tissus mais bien à une augmentation de croissance.

3.1.2.3. Protéines totales

Pendant les 20 premiers jours de culture, l'accumulation des protéines est faible (Fig.3C). Durant cette période dite phase de latence, les cais élaborent probablement des systèmes enzymatiques intervenant dans la protéogenèse. Puis, cette accumulation augmente fortement entre le 20^{ème} et le 35^{ème} jour en passant de $164 \pm 36 \mu\text{g.g}^{-1}$ MVF à $447 \pm 65 \mu\text{g.g}^{-1}$ MVF pour la combinaison $10^{-6}/10^{-5}$ M. Cette augmentation est moindre pour la $10^{-7}/10^{-5}$ M puisqu'elle passe de $103 \pm 22 \mu\text{g.g}^{-1}$ MVF à $310 \pm 34 \mu\text{g.g}^{-1}$ MVF alors que pour la combinaison $10^{-6}/10^{-4}$ M, on enregistre une augmentation encore plus faible (de $60 \pm 14 \mu\text{g.g}^{-1}$ MVF à $210 \pm 22 \mu\text{g.g}^{-1}$ MVF). Au-delà du 35^{ème} jour, l'accumulation des protéines ralentit et tend à se stabiliser à partir du 55^{ème} jour pour atteindre son optimum au 60^{ème} jour pour les trois combinaisons hormonales.

La phase exponentielle marquée par une augmentation importante de la matière fraîche, de la matière sèche et de la quantité en protéines totales se situe entre le 20^{ème} et le 35^{ème} jour de culture. Ainsi, la masse

fraîche, sèche et la teneur en protéines acquises pendant cette phase sont la conséquence d'une prolifération et d'une croissance active des cellules du cal. Puis la croissance des cals ralentit et tend à se stabiliser à partir du 55^{ème} jour pour atteindre un optimum au 60^{ème} jour. En effet, une stabilisation de la croissance est marquée par l'apparition d'un plateau entre le 60^{ème} et le 80^{ème} jour de croissance. Ceci est peut être le résultat d'un arrêt de la multiplication cellulaire qui résulterait probablement d'un épuisement en éléments nutritifs dans le milieu de culture puis d'un épuisement des réserves cellulaires entraînant ainsi la mort de la cellule. En effet, l'accroissement rapide acquis durant la phase exponentielle de croissance induit une augmentation des besoins et pose des problèmes d'approvisionnement du milieu (JOUANNEAU, 1973). Nos résultats ont mentionné une réduction de la synthèse protéique pendant la phase stationnaire de la croissance. Par ailleurs, il a été démontré que les activités biochimiques, notamment la synthèse des phospholipides, diminuent durant la phase stationnaire (DA SILVA et FOWLER, 1976; MOORE, 1977; BOULAHIA, 1997). La stabilisation de la croissance des cals pourrait être due également à l'augmentation des substances toxiques (ex : tanins, polyphénols, alcaloïdes) élaborées par le végétal (MARGARA, 1989).

3.1.3. Effets du norflurazon sur la croissance des cals

Le traitement au norflurazon (10^{-7} M ; 10^{-6} M ; 10^{-5} M et 10^{-4} M) a été réalisé sur des cals âgées de 28 jours, période qui correspond à la phase exponentielle de croissance.

L'effet de l'herbicide sur la croissance a été étudié par l'évolution du poids de la matière végétale fraîche, de la matière végétale sèche et de la teneur en protéines totales en fonction du temps.

Sous l'effet du norflurazon, les cals hétérotrophiques de haricot maintiennent la couleur crème pendant les quatre premiers jours du stress. Au-delà de ce temps, un brunissement et un dessèchement général des cellules du cal sont observés.

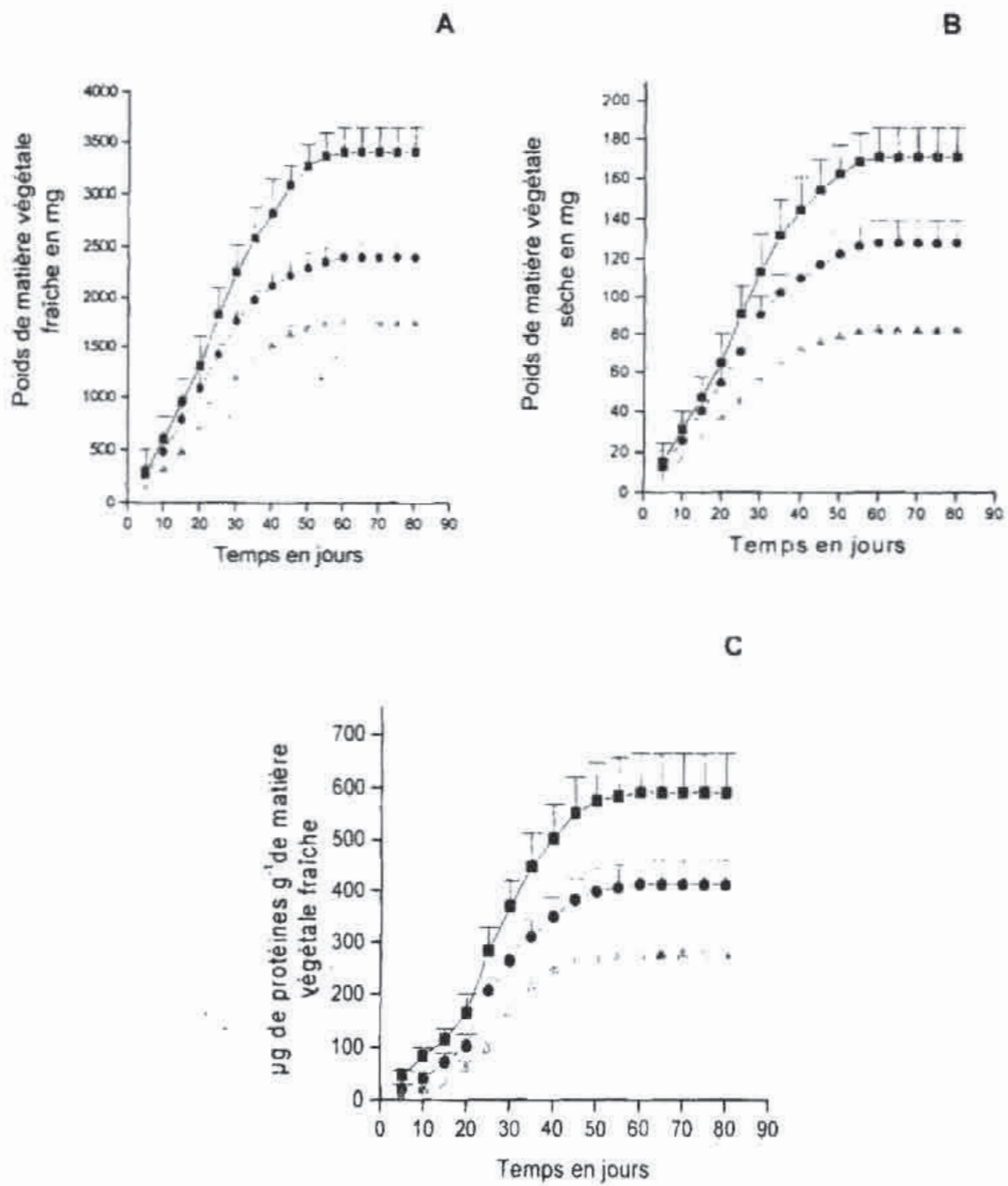


Figure 3 : Evolution de la matière végétale fraîche (A), sèche (B) et de la teneur en protéines, (C) des cals de haricot pour les trois principales combinaisons hormonales de 2,4-D et kinétine en fonction du temps. (Chaque point est la moyenne de 6 mesures). $10^{-6}/10^{-5}$ M (■) ; $10^{-7}/10^{-5}$ M (●) ; $10^{-6}/10^{-4}$ M (▲) ; 2,4-D/Kin.

3.1.3.1. Poids de la matière végétale fraîche

Le poids de la matière végétale fraîche des cals témoins augmente en fonction du temps, il passe de 2219 ± 25 mg le 2^{ème} jour à 2376 ± 49 mg le 4^{ème} jour de culture (Fig.4A). Les cals traités montrent une diminution importante du poids frais pendant les deux premiers jours du stress, suivi d'une tendance à la stabilisation entre le 2^{ème} et le 4^{ème} jours. Cette réduction de croissance est d'autant plus prononcée que la dose en herbicide est élevée. En effet, pendant le 2^{ème} jour du traitement, le poids de matière fraîche passe de 2219 ± 25 mg dans les cals témoins à 740 ± 33 mg dans les cals traités par la forte dose 10^{-4} M. Les pourcentages de réduction du poids frais par rapport au témoin sont 27,7 ; 36,8 ; 41,4 et 66,6 % pour les doses respectives 10^{-7} , 10^{-6} , 10^{-5} et 10^{-4} M.

3.1.3.2. Poids de la matière végétale sèche

L'évolution de la matière végétale sèche (Fig.4B) montre une cinétique similaire à celle observée par la matière végétale fraîche. Ainsi, au 2^{ème} jour du traitement, le poids sec des cals témoins est de 119 ± 8 mg et au fur et à mesure que les concentrations augmentent, le poids de la matière sèche diminue ; il passe à 89 ± 6 mg pour la dose 10^{-7} M et 41 ± 3 mg pour la dose élevée 10^{-4} M, soit une baisse de 25,2 et 65,5 % pour les doses respectives.

Nous remarquons que la diminution du poids frais et du poids sec est identique, ce qui signifie que l'herbicide n'intervient pas dans les mouvements d'eau. En effet, le pourcentage d'eau est constant dans les cals pour les différents traitements d'herbicides. La diminution du poids de la matière végétale fraîche par le norflurazon n'est donc pas due à une déshydratation cellulaire, mais serait le résultat d'un arrêt des activités métaboliques et surtout à des processus intenses de dégradation.

3.1.3.3. Protéines totales

Dans les cals témoins, la quantité de protéines augmente régulièrement en fonction du temps, elle est de 359 ± 16 $\mu\text{g.g}^{-1}$ le 2^{ème} jour et de 406 ± 17 $\mu\text{g.g}^{-1}$ le 4^{ème} jour de croissance (Fig.4C). Sous l'effet du norflurazon, une baisse importante de la teneur en protéines totales est enregistrée pendant les deux premiers jours du traitement ; cette baisse est fonction de la dose administrée. Au-delà de ce temps, une stabilisation de croissance est enregistrée. Contrairement aux plantes entières, le cal étant un amas de cellules, l'herbicide atteint donc rapidement les sites sensibles.

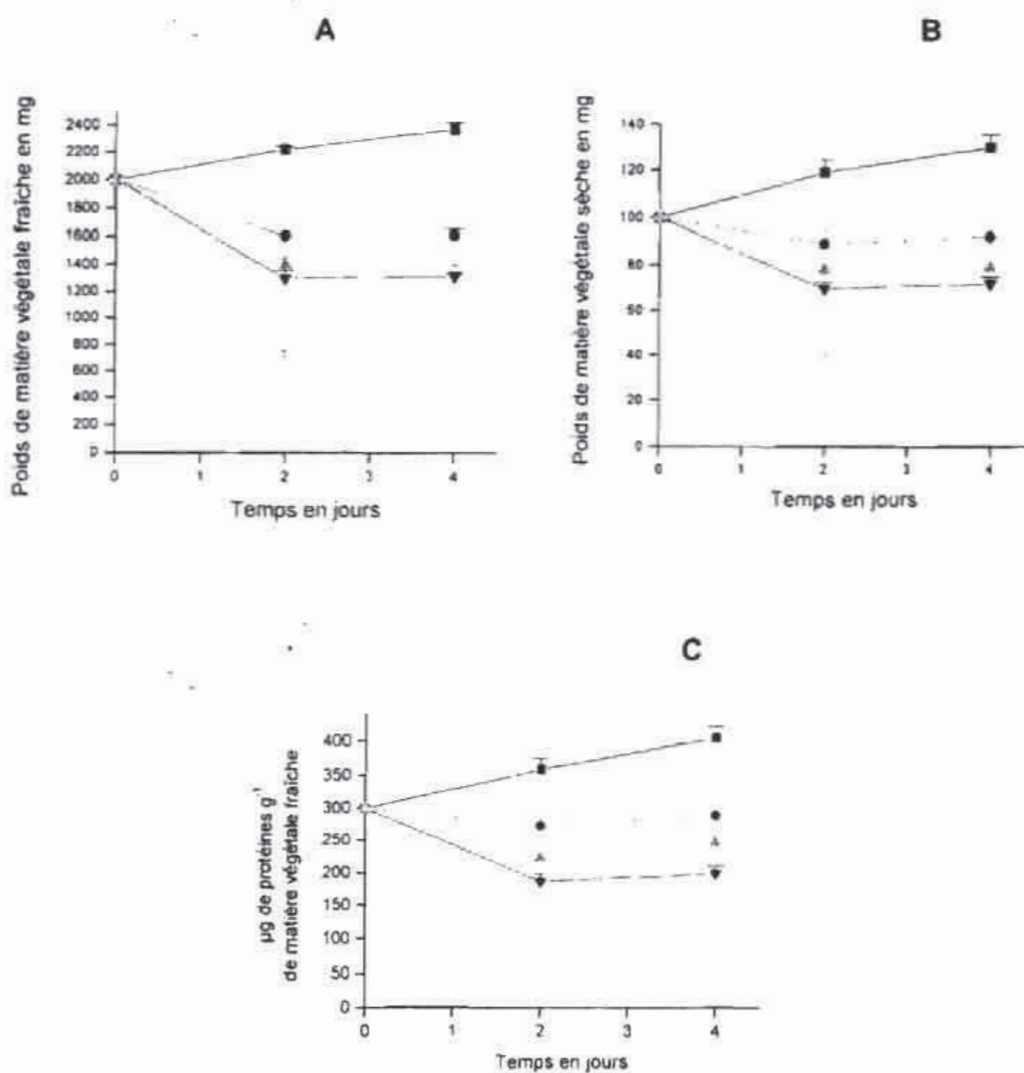


Figure 4 : Effets du norflurazon sur l'évolution du poids de la matière végétale (A), sèche (B) et de la teneur en protéines des cals de haricot. (Chaque point est la moyenne de 6 mesures).
Témoin (■) ; 10^{-7} M (●) ; 10^{-6} M (▲) ; 10^{-5} M (▼) ; 10^{-4} M (-).

Ainsi, durant le 2^{ème} jour du stress, la teneur en protéines varie de $359 \pm 16 \mu\text{g.g}^{-1}$ MVF chez les cals témoins à $151 \pm 12 \mu\text{g.g}^{-1}$ MVF chez les cals traités avec la 10^{-4} M. Le pourcentage de réduction, comparativement au témoin, va de 23,9 % pour la faible dose 10^{-7} M à 57,9 % pour la forte dose 10^{-4} M.

La diminution de la croissance (poids frais, poids sec et protéines totales) des cals par le norflurazon est très importante pendant les deux premiers jours du stress. Contrairement aux plantes entières, le cal étant un amas de cellules, l'herbicide atteint donc rapidement les sites sensibles.

La réduction de la croissance des cals serait due à une diminution de la synthèse protéique et/ou à une hydrolyse des protéines provoquée par le norflurazon. D'après GRONWALD (1991), l'emploi des herbicides provoque généralement une baisse du taux de protéines qui est souvent un effet secondaire à des blocages primaires de certains compartiments de la cellule (chloroplaste, mitochondrie, noyau). Par ailleurs, SAGAR et al, (1988) et OELMULLER (1989) ont montré que les protéines chloroplastiques codées par le génome nucléaire sont sensibles aux pyridazinones. Plus récemment, DAHLIN et FRANZEN (1997) et YURINA et KLOPPSTECH (2001) ont signalé que le norflurazon inhibe l'importation des protéines par les plastes.

4. CONCLUSION

La culture de méristèmes caulinaires et racinaires de *Phaseolus vulgaris* L., en milieu nutritif de MS complet gélosé additionné d'auxine (2,4-D) et de cytokinine (kinétine) à différentes concentrations a permis l'induction et la prolifération des cals provenant des deux types de méristèmes.

Toutefois, les cals caulinaires ont été obtenus pour toutes les combinaisons hormonales utilisées, alors que pour les cals racinaires, ce sont les concentrations faibles en auxine qui se sont révélées efficaces. L'initiation des méristèmes caulinaires est généralement favorisée par un apport d'auxine exogène à concentrations relativement élevées (10^{-7} à 10^{-5} M), tandis que la croissance des méristèmes racinaires demande un apport d'auxine très faible.

Les cals de couleur crème, dits hétérotrophiques sont issues de la dépigmentation totale des cals verts, due à l'accumulation du 2,4-D dans les cellules. Le 2,4-D entraîne à fortes doses, la dégradation de la chlorophylle et l'altération des systèmes thylakoidaux. Le milieu étant riche en saccharose, les chloroplastes peuvent évoluer en amyloplast.

Au cours de ce travail, nous avons montré également qu'une croissance optimale des cals de haricot a été obtenue à partir de fragments de méristèmes caulinaires cultivés sur des milieux pauvres en 2,4-D (10^{-7} et 10^{-6} M) et riches en kinétine (10^{-5} et 10^{-4} M). La faible croissance des cals cultivés sur un milieu riche en 2,4-D (10^{-5} et 10^{-4} M) peut être expliquée par le fait que le 2,4-D, à fortes concentrations, est qualifié d'herbicide auxinique. Ainsi, son accumulation dans les tissus entraînerait des phénomènes de toxicité.

Le norflurazon diminue considérablement la croissance des cals de haricot. En effet, nos résultats montrent une réduction du poids de la matière végétale fraîche, de la matière végétale sèche et de la teneur en protéines totales d'autant plus prononcée que la dose appliquée est élevée. Cette réduction de croissance est très importante pendant les deux premiers jours du stress et se stabilise entre le 2^{ème} et le 4^{ème} jour. La baisse de croissance serait due éventuellement à une diminution de la synthèse des protéines et/ou à une protéolyse intense due au traitement par le norflurazon.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AÏD F., BENADJAOUD A., ACHAB N et KESRI-BENHASSAINE G., 1996.-** Effets des chocs thermiques sur le métabolisme cellulaire des cals de colza (*Brassica napus* L.). 4^{èmes} journées scientifiques de l'URBFA. ISN. USTHB. (Alger). pp 8.
- AL-KHAYRI J. M., HUANG F. H. et MORELOCK T. E., 1991.-** Regeneration of spinach from leaf callus. Hort Sci., 26 (7): 913 - 914.
- AL-KHAYRI J. M., HUANG F.H., MORELOCK T. E. et BUSHARAR T. A.- 1992 -** In vitro plant regeneration of spinach from mature seed-derived callus. In vitro Cell. Dev. Biol., 28: 64 - 66.
- ASHTON F. M. et CRAFTS A. S., 1973.-** Mode of action of herbicides. Wiley-Interscience. New York : 226 - 288.
- BOULAHIA K., 1997.-** Etude de la croissance et des lipides membranaires des cals de haricot *Phaseolus vulgaris* L. : Effets d'un herbicide; le norflurazón. Thèse de Magister. FSB. USTHB. (Alger). pp 105.
- BRADFORD M., 1976.-** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem., 72 : 248 - 254.
- DA SILVA N. S. et FOWLER M. W., 1976.-** The lipid composition of *Acer pseudoplatanus* cells grown in culture. Phytochemistry., 15 : 1735 - 1740.
- Dahlin C. et Franzen L. G., 1997.-** Carotenoid - deficient young wheat etioplasts are able to bind precursor protein on the plastid surface but are impaired in their translocation ability. Physiol. Plant., 99 : 279 - 285.
- DAVIS D. G. et OLSON P. A., 1993.-** Organogenesis in leaf spurge (*Euphorbia esula* L.). In vitro Cell. Dev. Biol., 29 : 97 - 101.
- FITCH M. M. M. et MOORE P. H., 1990.-** Comparison of 2,4-D and picloram for selection of long-term totipotent green callus of sugarcane. Plant Cell, Tissue, Organ. Cult., 20 : 157 - 163.
- FREYSSINET G., 1990.-** Résistance aux herbicides et transfert de gènes. Phytoma., 415 : 9 - 13.
- FRICK H., 1991.-** Callogenesis and carbohydrate utilization in *Lemna minor*. J. Plant Physiol., 137 : 397 - 401.
- GRONWALD J. W., 1991.-** Lipid biosynthesis inhibitors. Weed Sci., 39 : 435-449.

- JOUANNEAU J.P., 1993.-** Contribution à l'étude du rôle moléculaire des cytokinines dans le contrôle de la mitose chez les cellules de tabac. Thèse de Doctorat d'Etat. Paris.
- LAPICHINO G., LEE S.P., CHEN T.H. et FUCHIGAMI L.H., 1991.-** In vitro plant regeneration in *Solanum commersonii*. *J. Plant Physiol.*, 137 : 734 - 738.
- MALIK K.A. et SAXENA P.K., 1991.-** Regeneration in *Phaseolus vulgaris* L. Promotive role of N⁶-benzylaminopurine in cultures from juvenile leaves. *Planta*, 184 : 148 - 150.
- MANOHARAN K., PRASAD R. et GUHA-MUKHERJEE S., 1987.-** Greening and shoot-differentiation related lipid changes in callus cultures of *Datura innoxia*. *Phytochemistry*, 26 : 407 - 410.
- MARGARA J., 1989.-** Bases de la multiplication végétative : les méristèmes et l'organogenèse. INRA. Paris.
- MOORE T.S., 1977.-** Phospholipid turnover in soybean tissue cultures. *Plant Physiol.*, 60 : 754 - 758.
- MURASHIGE T. et SKOOG F., 1962.-** A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15 : 473 - 497.
- NAWA Y. et OHTANI T., 1992.-** Induction of callus from flesh of *Gardenia jasminoides* Ellis fruit and formation of yellow pigment in the callus. *Biosci., Biotech. Biochem.*, 56 : 1732 - 1736.
- OELMULLER R., 1989.-** Photooxidative destruction of chloroplasts and its effect on nuclear gene expression and extraplastidic enzyme levels. *Photochem. Photobiol.*, 49 : 229 - 239.
- RANGA-RAO G.V. et PRASAD N.V., 1991.-** Plantlet regeneration from the hypocotyl callus of *Acacia auriculiformis*- Multipurpose tree legume. *J. Plant Physiol.*, 137 : 625 - 627.
- SAGAR A.D., HORWITZ B.A., ELLIOT R.C., THOMPSON W.F. et BRIGGS W.R., 1988.-** Light effects on several chloroplast components in norflurazon-treated pea seedling. *Plant Physiol.*, 88 : 340 - 347.
- SCALLA R., 1991.-** Les herbicides : mode d'action et principes d'utilisation. INRA. Paris. ISBN.

- WILLIAMS M., FRANCIS D., HANN A.C. et HARWOOD J.L., 1991.-** Changes in lipid composition during callus differentiation in cultures of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Exp. Bot.*, 42 (245) : 1551 - 1556.
- WILLIAMS M., SANCHEZ J., HANN A.C. et HARWOOD J.L., 1993.-** Lipid biosynthesis in olive cultures. *J. Exp. Bot.*, 44 (268): 1717 - 1723.
- YURINA N. P. et KLOPPSTECH K., 2001.-** Accumulation of plastid protein precursors under norflurazon-induced carotenoid deficiency and oxidative stress in barley. *Plant Physiology and Biochemistry.*, 39 (9) : 807 - 814.

IMPACT DES PERTES EN EAU PAR PERCOLATION PROFONDE DANS LES SEGUIAS DE DISTRIBUTION SUR L'EFFICIENCE DE L'IRRIGATION PAR MICRO RAIES

CHABACA. M. N.⁽¹⁾ MESSAHEL. M.⁽²⁾

⁽¹⁾ Département du Génie Rural (INA) El Harrach, Alger.

Mail : m.chabaca@ina.dz

⁽²⁾ ENSH Sòumâa Blida. Mail : messahelmekki@yahoo.fr

R E S U M E

Peu de références sont disponibles sur les sur les pratiques d'irrigation gravitaire en Algérie : dose, teneur en eau, stock, conduite, pertes par infiltration. Elle est pratiquée sous différentes formes: micro-raies, planches, foggaras, épandage des eaux de crues. La prédominance revient aux micro-raies. Elles couvrent plus de 80% des superficies consacrées à l'irrigation gravitaire traditionnelle sur l'ensemble de la SAU irriguée. Pour mieux connaître les paramètres cités plus haut, nous avons réalisé des suivis dans trois exploitations agricoles de la plaine de la Mitidja. Le choix du site est justifié par le potentiel sol et eau qu'il offre à l'agriculture irriguée.

Mots clés : Irrigation gravitaire, micro-raies, eau, efficience.

المخلص

قلة في المراجع هي متوفرة و التي تخلص الكميات المتغيرة القيمة حول تطبيقات السقي الانجذاب في الجزائر الجرعة و ماسك الماء و التخزين و المسلك و خسائر في الماء و هي مطبقة تحت أشكال مختلفة عن طريق شفتين جزني بواسطة ألواح او الفقارة انطلاقا من المياه الجوفية او فرش مياه الفيضانات .

أن الغلبة ترجع الي الشفتين الجزني و هو يغطي اكثر من 80 / من المساحات المخصصة للسقي الانجذابي التقليدي لكافة المساحات الزراعية المستغلة و المسقية ..

و للتعرف على الكميات المتغيرة القيمة المذكورة اعلاه انجزنا من خلال متابعات في ثلاثة مستنمرات فلاحية لسهل متيجة اختيار هذه المنطقة جاء نتيجة تربها و قدرتها سواء من حيث التربة او الماء الذي توفره للزراعة المسقية .

كلمات مفاتيح : السقي الجذابي الشفتين الجزني الماء و فاعلية .

PROFOUND PERCOLATION WATER LOSSES IMPACT IN THE DISTRIBUTION SEGUIAS ON MICRO-LINES GRAVITARY IRRIGATION EFFICIENCY

ABSTRACT

Few references are available on gravitary irrigation practices in Algeria: dose, water content, storage, water losses. These are accomplished by various ways: micro-lines, strips, foggaras from underground water and by distribution of floods. Micro-lines are predominend. They cover more than 80% of the surfaces devoted to gravitary irrigation of the total irrigated UAS.

By order to better aknowledge the parameteres afore mensioned, we have kept tracks in the farming exploitation situated on the plain of Mitidja. The choice of this zone has been dictated by, the soil and water potentiel it provides to irrigated farming.

Key words : gravitary irrigation, micro-lines, water, efficie

INTRODUCTION

Peu de références sont disponibles concernant les pratiques d'irrigation gravitaire en Algérie : dose, teneur en eau, stock, conduite, pertes en eau. Les enquêtes menées récemment sur le potentiel agricole et sur l'agriculture irriguée font ressortir la prépondérance de l'irrigation gravitaire (RGA, 2003 ; CHABACA, 1983 ; 2003). Elle se pratique sous différentes formes: irrigation par micro-raies, par planches, par foggaras et par épandage des eaux de crues. La prédominance revient aux micro-raies.

Elles couvrent plus de 80% des superficies consacrées à l'irrigation gravitaire traditionnelle sur l'ensemble de la SAU irriguée.

Pour mesurer certains paramètres (percolations, dose...), deux campagnes d'irrigation, ont été réalisées avec des suivis dans trois exploitations agricoles de la plaine de la Mitidja.

Le choix de cette plaine se justifie par son potentiel eau et sols. Elle est située dans la région centre Nord de l'Algérie et couvre une superficie de 1450 km² avec une longueur moyenne de 100 km et une largeur variant entre 10 et 18 km. Sa superficie agricole est comprise entre 120 000 et 130 000 ha.

Le climat est de type méditerranéen avec une pluviométrie moyenne annuelle (sur 20 ans) de 600 mm. La plaine de la Mitidja représente 1,5% de la surface agricole utile (SAU) et 8,5% de la surface agricole utile irriguée (SAU.I). Les ressources en eau superficielles, concernent 15,57% du potentiel national et celles souterraines, 16,6% des potentialités nationales. La proportion des volumes d'eau utilisés en agriculture a connu une baisse importante depuis 1993 en raison de la pression urbaine (ANRH, 1993).

Les superficies des exploitations étudiées sont comprises entre 2 et 10 ha. Cette tranche est représentative des classes de superficies dominantes qui est de 50% (RGA, 2003).

MATERIEL ET METHODES

Situation géographique

La première exploitation est située dans la zone Est de la plaine (Rouïba), la deuxième sur le Sahel Algérois (El Alia) et la troisième à Chiffa, dans la zone Ouest de la plaine (Fig. 1).

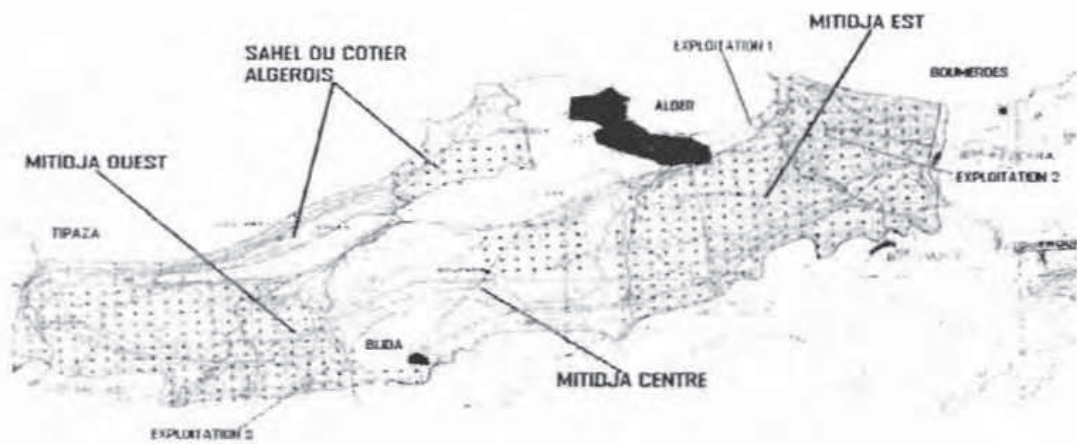


Figure 1 : Limites de la plaine de la Mitidja et situation des exploitations

Le climat

C'est une plaine à climat méditerranéen sub humide. La pluviométrie moyenne annuelle est de 600 mm (Tab. 1)

Tableau 1 : Données climatiques sur la plaine de la Mitidja; station Dar El Beïda (1974-1994)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°C	10,79	12,71	13,11	14,51	17,64	21,58	24,87	25,64	23,40	20,30	15,06	12,32
Hr %	77,82	77,73	77,05	75,92	75,45	71,09	69,48	70,13	71,74	73,57	76,87	75,71
P (mm)	73,20	70,90	61,66	55,96	39,08	10,42	9,34	5,50	30,85	64,82	90,88	91,85
ETO (mm)	1,49	1,79	2,37	3,01	3,82	4,39	5,63	5,26	4,02	2,83	1,70	1,43

Le sol

Les exploitations sont situées sur des sols d'apport alluviaux pour la première, à tendance vertique pour la deuxième et à sesquioxydes de fer pour la troisième (MUTIN, 1977). Les profils pédologiques réalisés sur les trois exploitations, indiquent des sols limoneux-argileux pour l'exploitation 3, limoneux argilo-sableux pour l'exploitation 1 et argilo-limoneux pour l'exploitation 2 (avec des fentes de retraites de 8 à 10 cm de large et 50 cm de profondeur) (Tab.2).

Tableau 2 : Teneurs moyennes en argile, sable et limon des sols des 3 exploitations

Teneurs	Exploitation1	Exploitation 2	Exploitation 3
Argile (%)	22,8	42,33	16,87
Limon (%)	28,2	39,6	64,62
Sable (%)	35,2	11,3	18,5
Classe	Limono argilo sableux	Argilo limoneux	Limoneux argileux

Les cultures

Il y a des maraîchages plein champ et sous serres pour les exploitations 1 et 2, arboriculture et maraîchages plein champ pour l'exploitation 3.

Les ressources en eau et les modes d'irrigation

L'exploitation 1, située en dehors du réseau d'eau d'irrigation du périmètre de la Mitidja Est, a un forage (10l/s ; 60 m de profondeur). La deuxième est desservie par le réseau mais dispose d'un forage (11l/s ; 60 m de profondeur). La troisième, dispose d'une borne d'irrigation et d'un forage (12 l/s ; 80 m de profondeur). La présence des forages écarte pour ces agriculteurs, la contrainte du tour d'eau, mais leurs débits compris entre 8 et 11l/s limitent les superficies irriguées.

Les 3 exploitations pratiquent le mode d'irrigation gravitaire par micro-raies. La longueur des micros-raies varie entre 6 et 10, selon la disposition du terrain et de la pente (CHABACA, 2003). Les raies sont

perpendiculaires à la pente générale de la parcelle. Les écartements varient entre 0,8 m et 1 m, selon le type de sol. Elles sont disposées dans la parcelle en blocs parallèles de 6 à 10 m de large et jusqu'à 300 m de long.

L'eau est ramenée à la parcelle par des gaines plastiques souples ou des conduites en polyéthylène semi-rigide ($\varnothing=50$ mm ; 100 mm ; 150 mm) jusqu'en tête des séguias de distribution pour limiter les pertes par infiltration profonde depuis la tête d'alimentation. Une fois l'eau dans la séguia, sa progression est freinée par la mise en place de batardeaux (diguettes en terre). Elle est ensuite déviée dans deux micro-raies à la fois chez certains agriculteurs, sinon dans une seule chez d'autres (Fig.2). Une fois la ou les micro-raies remplies, le batardeau est détruit ce qui permet l'écoulement de l'eau vers la partie aval de la séguia, pour être à nouveau bloquée par un autre batardeau et ce jusqu'à l'alimentation de la dernière micro-raie. Deux à trois ouvriers conduisent l'irrigation.

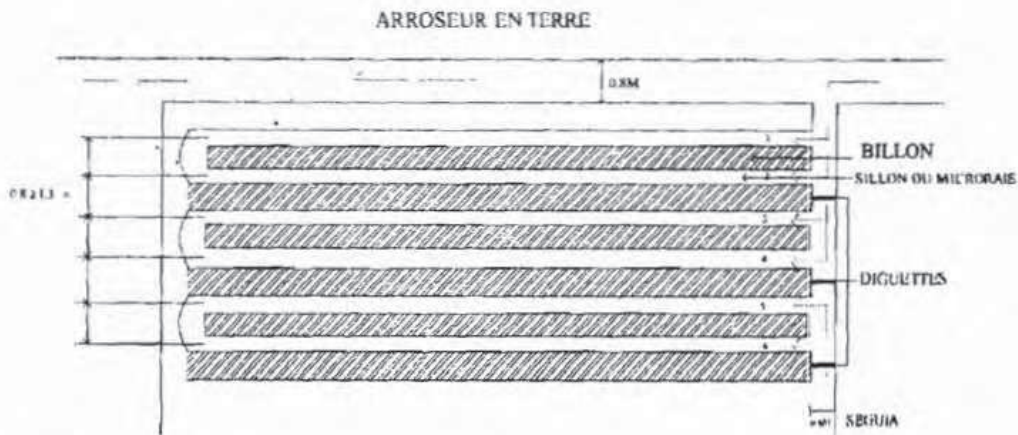


Figure 2 : Dispositif de distribution de l'eau depuis l'arroseur en terre (séguia) en mode micro raies

Dispositif de mesures

Des suivis sur les teneurs en eau et tensions de l'eau dans le sol, les infiltrations linéaires et cumulées, les transports solides dans les séguias de distribution de l'eau vers les micros raies ont été réalisés. Ces mesures n'ont pas été reproduites dans leur totalité au niveau des 3 exploitations.

► Des mesures d'infiltration linéaire dans les séguias, avec des seuils jaugeurs (Flum de 15 l/s maximum) qui permettent par le biais d'un abaque

de connaître les débits transitant en différents points et donc d'en déduire les valeurs d'infiltrations linéaires. Un Flum en tête de séguia et un autre à l'extrémité (106 m) ont été disposés.

► Des mesures d'infiltration verticale cumulée dans un tronçon de séguia de 1,5 m de long, de largeur de fond de 0,4 m et une profondeur moyenne de 0,16 m. Le tirant d'eau $h_0 = 5,8$ cm et le périmètre mouillé ont été déterminés en s'inspirant des travaux de MAILHOL (1990). Le dispositif mis en place est constitué par un jeu de 2 plaques de plexiglas distantes de 15 cm entre elles et placées perpendiculairement à l'axe du tronçon à ses deux extrémités. Le fond et les bords du tronçon sont tapissés d'un film plastique avant qu'il ne soit rempli d'eau à une hauteur $H = h_0 + 2$ cm. Un pointeau est planté au milieu du tronçon et permet de repérer les niveaux H et h_0 pour maintenir une charge constante. Trois tensiomètres à manomètres (IRROMETER) placés sur les cotés du tronçon à 30 cm du bord et aux profondeurs de 30cm, 50cm, et 80 cm, permettent de suivre l'avancée du front d'humectation en profondeur. Le tronçon est rempli d'eau jusqu'à $h_0 + 2$ cm. Les mesures commencent dès le retrait du film plastique de la séguia. Il s'agit de maintenir une charge constante dans le tronçon. A chaque fois que le niveau d'eau atteint h_0 , on remet à niveau à $h_0 + 2$ cm et on note le temps. Les essais ont duré 240 mn.

Caractérisation des parcelles de suivi

Exploitation 1

Elle a une superficie de 4,5 ha. La parcelle de suivi couvre 0,56 ha. Elle porte une culture de poivron plein champ de saison, variété *Lipari* mise en place du 20 Mars 2001 au 30 Août 2001. Elle est située sur la zone sud est de l'exploitation (Fig.3).

La campagne d'irrigation a débuté le 4 Juin et s'est terminée le 25 Août. L'alimentation en eau est assurée directement en tête de parcelle à partir du forage distant de 50 m, par le biais d'une conduite en polyéthylène (\varnothing 100 mm).

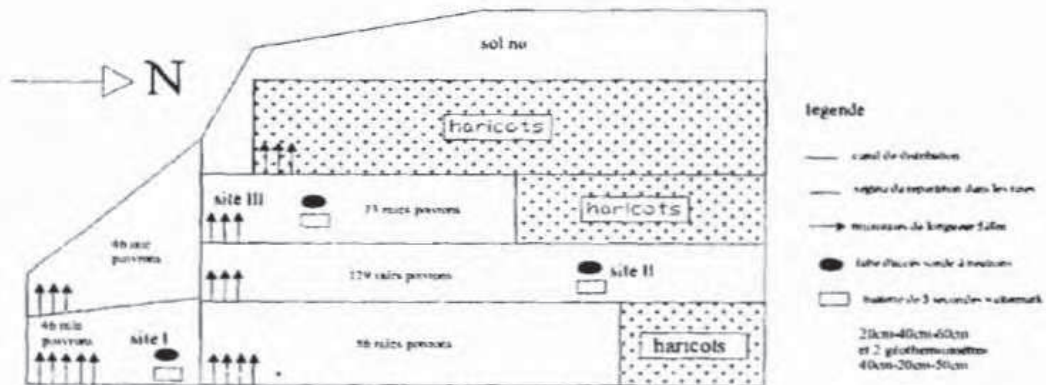


Figure 3 : Parcelle de suivi dans l'exploitation 1

Exploit

Elle couvre 2 ha. La parcelle de suivi est située dans la partie sud-est de l'exploitation. Sa superficie est de 0,35 ha avec une culture de tomate de plein champ (variété Joker) plantée en double densité. Le repiquage a eu lieu le 30 Mars 2005, la fin de récolte le 30 Août 2005 (Fig.4).

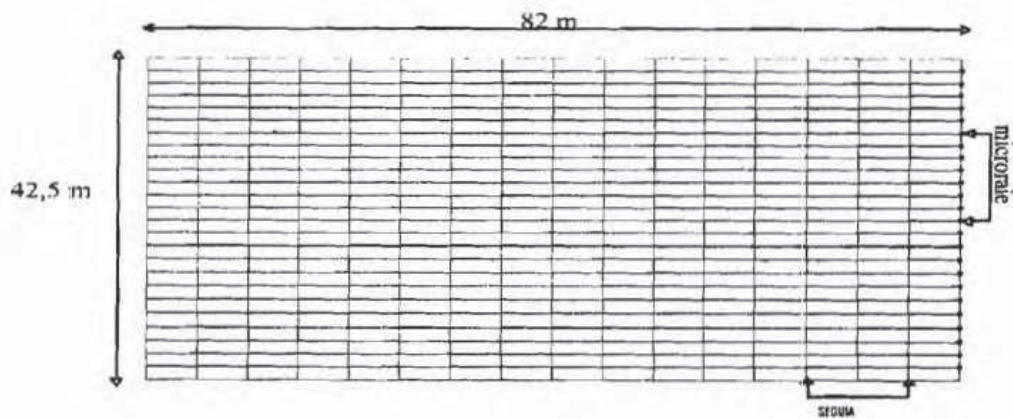


Figure 4 : Parcelle de suivi dans l'exploitation 2

Exploitation 3.

Elle couvre 10 ha. La parcelle de suivi de 0,77 ha est située dans la zone sud-ouest de l'exploitation. Elle comprend un jeune verger d'agrumes de 1ans et une culture intercalaire de pastèques (Mars 2004 à Août 2004). Cette parcelle est irriguée par le gravitaire traditionnel par micro raie et le système localisé (Fig.5).

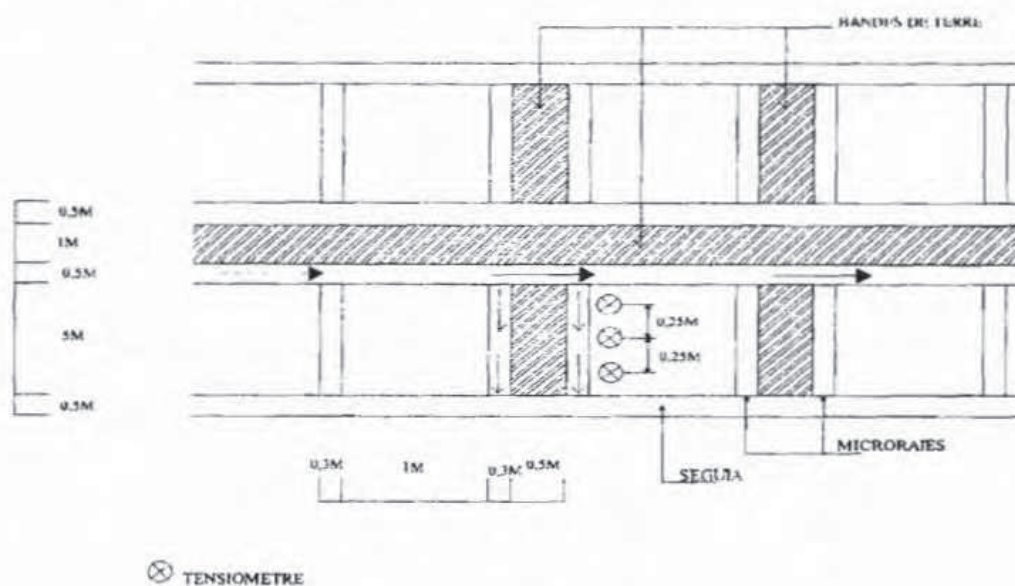


Figure 5 : Parcelle de suivi dans l'exploitation 3

RESULTATS

Exploitation 1

Efficiencce hydraulique du système

Les mesures ont été réalisées sur une séguia de 150 m de long. Le premier Flum était en tête de séguia, le deuxième 106 m plus bas. La pente est de 1,5%. Les micros raies sont perpendiculaires à la séguia et à la pente générale de la parcelle. Sur ce tronçon de 106 m il y a 132 micro raies distantes entre elles de 0,8 m.

Nous avons procédé à une mesure de hauteur de la lame d'eau dans les Flum. La relation hauteur-débit est donnée par la formule suivante :

$$Q = 0,2637 Ha^{1,600}$$

(1)

Avec :

Q : débit en l/s

Ha : hauteur d'eau en cm

Les valeurs de débits obtenues au niveau de la séguia sont présentées ci-dessous (Tab.3) :

Tableau 3 : Mesures des débits avec des Flum en tête et à 106 m en aval dans la séguia de distribution

Unité	Débit amont	Débit aval	Infiltration
l/s	8,42	6,69	
l/mn	505,2	401,4	0,98 l/m/mn

L'infiltration linéaire moyenne est de : 0,98 l/m/mn

Si l'on considère la durée moyenne d'irrigation d'une micro raie égale à 0,6 mn les 132 micros raies seraient irriguées en 70 mn (1,1 h). Ce qui nous permet de déterminer le volume perdu par infiltration au niveau de la séguia (2) :

$$(2) \quad \text{Infiltration linéaire} \times \text{Durée de l'irrigation} \times \text{Distance}$$

$$(l/m/mn) \quad 70 \text{ mn} \quad 106 \text{ m}$$

Soit : 7,3 m³

Le débit mesuré, délivré en tête de séguia est de 8,42 l/s sur une durée de 1,1 heures. Il fournit un volume global de 39,4 m³

Cette infiltration engendre des pertes d'eau de 18,5%. Cependant dans ce cas on ne peut parler de perte au sens strict du terme, car l'infiltration s'effectue de façon bidimensionnelle. L'infiltration latérale profite aux micros raies situées de part et d'autre de la séguia.

► **Efficience hydraulique à l'échelle de la parcelle**

Si on raisonne au niveau de l'efficience du système à la parcelle, dans la mesure où l'eau est ramenée directement en tête on ne tiendra compte que des pertes au niveau des séguias situées dans la parcelle.

L'efficacité hydraulique est donnée par la relation (3):

$$\lambda = (Q_{\text{im}} / \text{Surface} - Q_{\text{pertes}} / \text{Surface}) / \text{Surface} / (Q_{\text{im}} / \text{Surface})$$

(3)

Le débit d'irrigation en tête de séguia est de 8,42 l/s, celui des pertes est de 1,55 l/s, la surface de la parcelle est de 0,56 ha.

Nous obtenons une efficacité de 80%. Malgré 18,5% de perte au niveau des séguias, cette valeur peut être considérée comme satisfaisante.

► Infiltration cumulée dans le tronçon de séguia

Sur le tronçon de séguia décrit dans la partie matériel et méthode, nous avons procédé à des mesures d'infiltration durant 4 heures. La figure 6, présente l'allure générale de la courbe d'infiltration cumulée.

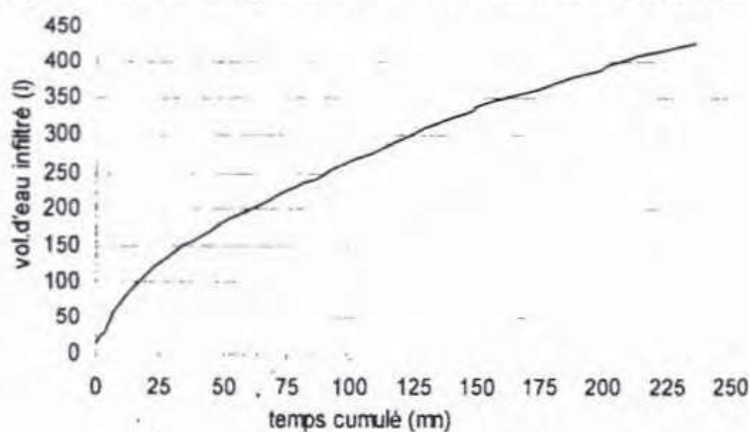


Figure 6 : Infiltration cumulée durant 4 h sur un tronçon de Séguia

Exploitation 2

Uniformité de distribution de l'eau dans les micros raies

Le débit en tête est destiné par le biais de la séguia à irriguer les 24 micro raies qui lui sont rattachées. La parcelle comprend 15 séguias de distribution (Fig.4). Les pertes par infiltration linéaires pour ce type de sol, sont estimées à 0,62 l/m/mn. Avec un débit en tête de séguia de 11 l/s, l'infiltration linéaire et le temps de remplissage de chaque micro raie, nous avons déterminé le débit approximatif délivré à chacune des 24 micro raies et les volumes stockés (Fig.7).

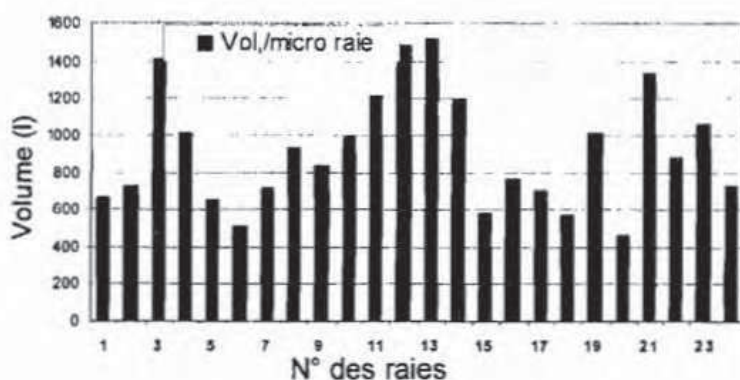


Fig. 7 : Distribution de l'eau dans les micros raies

Les volumes d'eau distribués varient du simple au triple (152 l pour la micro raie 12 et 460,2 l pour la 20). Les écarts sont très importants, d'où une répartition hétérogène de l'eau pour les 24 micros raies. Cela n'est pas du uniquement à la diminution du débit le long de la séguia suite aux infiltrations linéaires, mais aussi à l'appréciation visuelle (temps de remplissage des micros raies) par l'irrigant. Malgré des débits réduits de 40% au niveau des 5 dernières micro raies nous avons des volumes délivrés (4 742 l) presque identiques à ceux des 6 premières (4 453 l). Le débit de 11 l/s délivré en tête de séguia enregistre des pertes dues aux infiltrations latérales et verticales de l'ordre de 42 % sur une distance de 39 m (Fig.8).

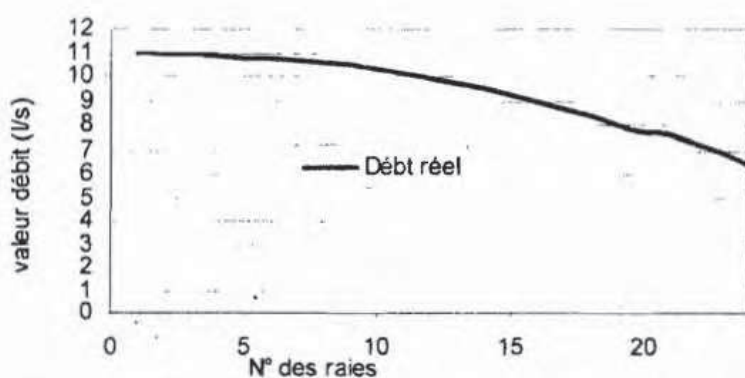


Figure 8 : Influence de l'infiltration linéaire sur le débit de séguia

Pour pallier à cette hétérogénéité qu'il devine, l'agriculteur a mis en place un système de rotation de la pratique d'irrigation au niveau de sa parcelle : Lors de la première irrigation au niveau de la séguia il alimente la première micros-raies et termine par la 24^{ème}; l'irrigation suivante il commence par la 24^{ème} et termine par la première. Le principe est appliqué pour les 15 séguias qui alimentent les micros raies de sa parcelle. Ainsi de cette manière l'agriculteur pense rétablir une certaine équité dans les volumes distribués sur l'ensemble de la parcelle durant la campagne d'irrigation.

Exploitation 3

Uniformité de distribution de l'eau dans les micros raies

La première irrigation a duré deux jours. Le premier jour le débit délivré gravitairement (charge variable) depuis le bassin était estimé à 4 l/s, le deuxième jour à 3 l/s. Nous avons à partir de l'infiltration linéaire, identique à celle de l'exploitation 1 (même type de sol) estimé les débits délivrés sur un ensemble de 8 micro raies. Le premier jour sur un débit en tête de 4 l/s délivré à la première micro raie, la huitième reçoit 2,75 l/s. La perte en eau sur cette longueur est estimée à 31% ce qui est important vu la distance parcourue (17 m). Le deuxième jour sur un débit en tête de 3 l/s délivré au niveau de la première micro raie, la huitième reçoit 1,78 l/s soit une perte en débit de 42%. Il semblerait que plus le débit en tête est petit dans ce mode de distribution d'eau et sur ce type de sol, plus les pertes par infiltration linéaires sont élevées (Fig. 9 et 10).

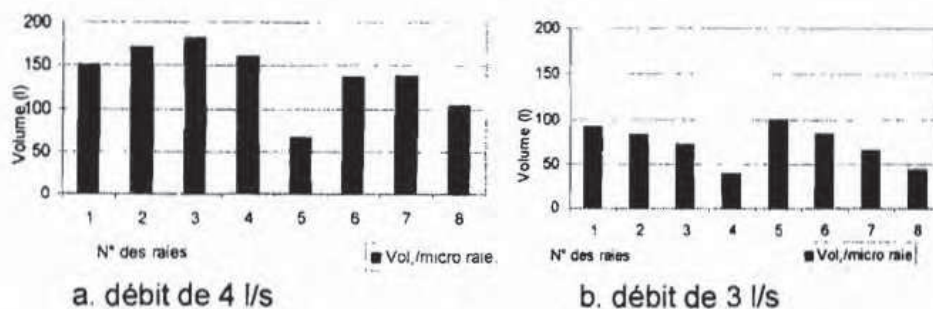


Figure 9 : Distribution des débits dans les micros raies

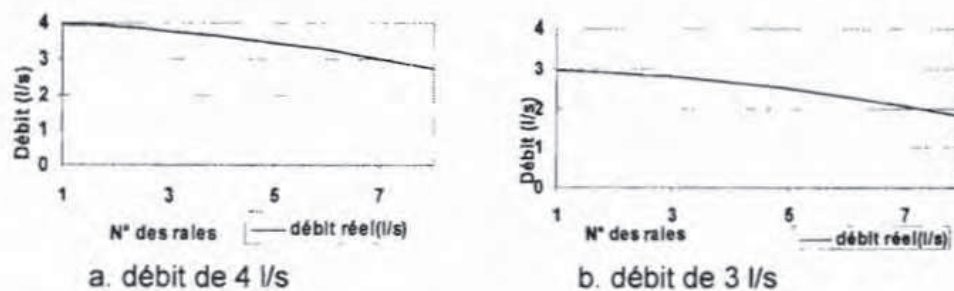


Figure 10 : Pertes par infiltration des débits dans la séguia de distribution

DISCUSSION

Nous aborderons cet aspect à deux niveaux :

Niveau de l'exploitation

En prenant exemple sur l'exploitation 1, la perte de débit estimée est de 18,5%. Le volume globale en eau que l'agriculteur a délivré durant la campagne d'irrigation (Mai, Juin, Juillet, Août) sur sa parcelle de poivrons déterminé sur la base de 12 irrigations, avec une durée moyenne pour chacune de 9 heures, un débit horaire pompé de 30,24 m³/h, est de 3 447,36 m³ dont 638 m³ (18,5%) sont perdus par infiltration profonde dans les séguias. Ramené à l'hectare ce volume serait de 7494 m³/ha et les pertes de 1 386 m³/ha. L'exploitant dispose de 4,5 ha irrigués en gravitaire, soit une perte totale de 6 250 m³, ce qui lui aurait permis d'irriguer 1,2 ha supplémentaires.

Sachant que le prix du m³ d'eau pompé est estimé entre 10 et 12 DA (AGID, 2003), le coût de cette perte serait compris entre 62 500 et 75 000 DA. Si l'agriculteur est alimenté par le réseau d'irrigation du périmètre dont le prix du m³ d'eau a été relevé depuis Janvier 2005 de 1,2 à 2,5 DA, le coût de cette perte serait de 15 625 DA. Cette perte en eau permettrait l'économie de 2 irrigations sur l'ensemble de la campagne.

Niveau de la plaine de la Mitidja

Le suivi ayant été fait sur 3 exploitations de celle-ci, nous la prendrons comme exemple pour estimer le volume d'eau perdu par

infiltration sur les superficies irriguées par le mode micros raies. La superficie totale irriguée en gravitaire dans la Mitidja et le Sahel Algérois est de 43 834 ha y compris les superficies hors Mitidja des willayate de Boumerdes et Tipaza (Tab.4).

Tableau 4 : Répartition des modes d'irrigation et des superficies par willaya dans la plaine de la Mitidja

Modes	Tipaza	Alger	Blida	Boumerdes
Gravitaire (ha)	9608	11787	20823	1619
Aspersion (ha)	187	1044	1189	2591
Localisé (ha)	395	1310	3018	2267
Total (ha)	10190	14141	25027	6477

Source : RGA, 2003

Sur ces superficies irriguées en gravitaire, globalement 80% sont irriguées par micro raies, le reste par micro planches et cuvettes pour l'arboriculture soit 35 067 ha. Les pertes en eau estimées précédemment à 1 386 m³/ha ramenées à l'ensemble de cette surface seraient de 48 600 000 m³. Le volume théorique nécessaire pour la culture de poivrons sur la base de 13 irrigations est de 5 683 m³/ha pour l'ensemble de la campagne. Les pertes estimées à l'échelle de la Mitidja et du Sahel pour ce mode d'irrigation permettraient l'irrigation de 8 550 ha supplémentaires en maraîchages.

CONCLUSION

L'irrigation gravitaire en Algérie couvre plus de 60% des superficies irriguées soit 372 412 ha sur 620 687 ha (RGA, 2003). Ce mode d'irrigation traditionnel dans la totalité de sa pratique est exigeant en eau. L'aléa climatique et les politiques actuelles de gestion de la ressource eau aggravent cette situation. Nous avons estimés les volumes d'eau perdus par infiltration profonde dans les réseaux de distributions (séguis) à l'échelle de la parcelle, au niveau de la plaine de la Mitidja. Elles s'élèvent à 48,6 millions de m³. Sur l'ensemble des superficies irriguées par micro raies en Algérie, ces pertes s'élèveraient à 300 millions de m³ soit 12% des volumes d'eau stockés actuellement dans les 61 barrages en exploitation.

Il est impératif que des mesures d'amélioration de cette pratique soient envisagées à travers des campagnes de sensibilisation des

agriculteurs aux économies d'eau. La solution n'est pas de remplacer dans sa totalité, ce mode par d'autres techniques dites modernes tel que l'aspersion ou le localisé. Le gravitaire a beaucoup d'avantages que ce soit financier ou environnementaux. Les Etats-Unis d'Amérique ont encore à ce jour, 70% des superficies irriguées par le gravitaire mais sous une forme moderne.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANRH., 1993.-** Document technique sur les ressources hydrauliques. Alger 15p.
- CHABACA M.N., 1983.-** Influence des débits et longueurs de rigoles sur le rendement de la pomme de terre et de la tomate et sur la température du sol au niveau des racines. Thèse de magister. INA Alger 85p.
- CHABACA M.N., 2004.-** L'irrigation gravitaire par micro raies en Algérie. Propositions pour une amélioration de la pratique ou une modernisation de la technique ? Quelles alternatives ? Séminaire sur : Modernisation de l'agriculture irriguée dans les pays du Maghreb. 19-21 AvrilRabat.
- GUEMRAOUI M., 2003.-** Efficience de l'irrigation dans les grands périmètres irrigués en Algérie. Séminaire Fanco-Algérien sur les ressources en eau. Ghardaïa 1-3 Mars.
- IMACHE A., 2004.-** Caractéristiques socio-économiques de la gestion de l'eau d'irrigation dans la Mitidja ouest. Thèse de DEA; Montpellier, 61p.
- MAILHOL J.C., 1990.-** Logiciel CALRAYH : résolution de l'équation de Manning-Strickler pour calculer A_0 ou PM (section et périmètre mouillés à l'origine dans le cas de la raie trapézoïdale ou rectangulaire).
- MAILHOL J.C., 2001.-** Contribution à l'amélioration des pratiques d'irrigation à la raie par une modélisation simplifiée à l'échelle de la parcelle et de la saison. Thèse de Doctorat. Université Montpellier II ; 276p.
- MUTIN , 1977.-** La Mitidja, décolonisation et espace géographique. OPU, Alger 597p.
- RGA, 2003.-** Rapport général sur les résultats définitifs du Recensement Général de l'Agriculture.DSASI, MADR, Juin 2003, Alger, 127p.

REGULATION DU METABOLISME DES SUBSTANCES PHENOLIQUES CHEZ LE SOJA (*GLYCINE MAX L.*) :

1 – EFFETS DE L'OBSCURITE

LASSOUANE N., BELKEBIR A et AID F.

Physiologie Végétale / Laboratoire de Biologie et Physiologie des Organismes (LBPO), Faculté des Sciences Biologiques, USTHB, BP 32, El Alia, 16111. Alger.

Tél : (213) 021-24-79-50 au 64 / Fax : (213) 021-24-79-51

RESUME

Le métabolisme des substances phénoliques a été étudié à l'obscurité et à la lumière chez des plantules de soja (*Glycine max L.*) durant trois stades de développement (plantules âgées de 10, 17 et 24 jours). Indépendamment de tout stress, nous constatons que la teneur en acides phénols et en flavonoïdes, plus particulièrement les anthocyanes augmente en fonction du stade physiologique de la plante. Par ailleurs l'absence de la lumière a peu d'effet sur la teneur en flavonoïdes (anthocyanes et aglycones flavoniques) ; en revanche, la teneur en acides phénols est fortement affectée ; cette diminution est due probablement à une réorientation du pool des acides cinnamiques vers la biosynthèse des flavonoïdes plutôt que vers celle des acides phénols. Sur les plantules âgées de 17], nous avons montrés que l'obscurité entraîne une diminution importante de l'activité de la phénylalanine ammonia-lyase (PAL) enzyme clé de la synthèse des substances phénoliques. De plus, les plantules de *Glycine max L.* développées à l'obscurité présentent un étiolement suivi de chloroses qui se traduit par la diminution de la teneur en pigments photosynthétiques

Mots clés : *Phénylalanine ammonia-lyase (PAL), flavonoïdes, anthocyanes, aglycones flavoniques, acides phénols, lumière, obscurité, Glycine max L.*

ملخص

قد درست في حالتها (*Glycine max L*) استقلاب المواد الفينولية عند نباتات الصويا الظلام والضوء وذلك خلال ثلاث مراحل من تطور النباتات. دون إخضاع النباتات (يوم 24 و 14، 10) لأي إجهاد، واستنتجنا أن محتوى الأحماض الفينولية والفلافونية خصوصا الأنتوسيانات يتراكم بدلالة الطور الفيزيولوجي للنبات، فضلا عن ذلك، غياب الضوء له تأثير ضعيف **Anthocynes** الأنتوسيونات (**Flavonoïdes**) على محتوى الفلافونات ، وبالتالي محتوى (**Aglycones flavoniques**) والأقليكونات الفلافونية الأحماض الفينولية يتأثر تأثيرا كبيرا ، هذا الإنخفاض يمكن أن ينسب إلى استعمال في بناء الفلافونات عوضا (**Acides cinnamiques**) الأحماض السينامية عن إنتاج الأحماض الفينولية . يوما ، أظهرنا أن الظلام يؤدي إلى إنخفاض كبير في 17 عند النباتات التي عمرها . إنزيم مهم لإنتاج المركبات الفينولية (**PAL**) لياز حشاش الفينيل الأئين أمونيا علاوة عن ذلك ، الظلام له تأثير سلبي على نباتات الصويا حيث لا نلنا نقص في حيوتها متبوع باصفرار الدال على إنخفاض محتوى اليخضور

الكلمات المفتاحية: فينيل الأئين أمونيا لياز (**PAL**) ، الفلافونات ، الأنتوسيات ، الأقليكونات الفلافونية ، الأحماض الفينولية ، الظلام ، الصويا (*Glycine max L*)

SUMMARY

The metabolism of the phenolic substances was studied at the darkness and at light in seedlings of soya (*Glycine max* L) during three stages of development (old seedlings of 10, 17 and 24 days). Independently of any stress, we note that the contents of acid phenols and flavonoids, more particularly the anthocyanes, increases according to the physiological stage of the plant. In addition the absence of light has little effect on the content of flavonoids (anthocyanes and flavonic aglycones) ; a contrario, the acid phenolic content is strongly affected ; this reduction is due probably to a reorientation of the pool of the cinnamic acids towards the biosynthesis of the flavonoides rather than towards that of the acids phenols. In 17 days old seedlings, we showed that the darkness involves a significant reduction in the activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) key enzyme of the synthesis of the phenolic substances. Moreover, the seedlings of *Glycine max* L developed at darkness present an etiolation followed by chlorosis which results in the reduction in the content of photosynthetic pigments.

Key words : *Phenylalanine ammonia-lyase (PAL), flavonoids, anthocyanes, aglycones flavonic, acid phenols, light, darkness, Glycine max L.*

1. INTRODUCTION

Les substances naturelles ou métabolites secondaires illustrent les formidables capacités de synthèse des plantes qui, collectivement synthétisent plusieurs dizaines de milliers de molécules différentes reflétant la diversité des espèces végétales.

Ces composés ont été regroupés dans la catégorie des métabolites secondaires d'une part parce qu'ils dérivent des métabolites primaires mais aussi parce qu'ils ne sont pas nécessaires au fonctionnement de base de la cellule. Ils ont été ainsi parfois assimilés à des produits de déchets ou d'excrétion.

Les travaux de ces trois dernières décennies contribuent à démontrer que ces molécules, au-delà d'un intérêt industriel certain, sont actuellement connues comme étant des métabolites ayant une grande importance dans les processus biochimique et physiologique des plantes ; par ailleurs, ils sont étroitement impliqués dans les interactions plante-environnement (Harborne, 1988 ; Rosenthal et Berenbaum, 1991).

Les plantes pilotent leur développement en réponse aux signaux environnementaux et cette « plasticité phénotypique » est une caractéristique fondamentale du règne végétal. Les contraintes de l'environnement ou stress auxquels sont soumises les plantes peuvent être groupées en quelques grands types : sécheresse (stress hydrique), carence en éléments nutritifs, abondance de substances chimiques, contraintes mécaniques, éclaircissement excessif ou insuffisant, températures trop basses ou trop élevées... etc. Les plantes manifestent une capacité remarquable à percevoir les paramètres physico-chimiques de l'environnement et peuvent déclencher des spectres parfois très complexes de réponses moléculaires, morphogénétiques et métaboliques ; parmi ces derniers, citons les modifications du métabolisme des substances phénoliques.

La régulation de la biosynthèse des composés phénoliques est très complexe et certainement différente d'une espèce à une autre. De nombreux facteurs biotiques (infections parasitaires, bactériennes, fongiques ou virales...) et abiotiques (température, salinité, stress hydrique, lumière UV...etc) interviennent dans la régulation des voies de biosynthèse des substances phénoliques (Benveniste et al., 2000)

Dans ce contexte, il nous a semblé intéressant d'étudier l'effet de l'obscurité sur la régulation du métabolisme des substances phénoliques (flavonoïdes et acides phénoliques), du soja [*Glycine max* L.] en étudiant :

- L'activité de la phénylalanine ammonia-lyase (PAL), enzyme clé du métabolisme des substances aromatiques. Elle est responsable de la transformation de la phénylalanine en acide cinnamique, précurseur de la biosynthèse des composés phénoliques.
- La quantité de flavonoides (anthocyanes et aglycones flavoniques)
- La quantité d'acides phénols

2. MATERIELS ET METHODES

Ce travail a été effectué sur des graines de soja, *Glycine max L.*, variété sponsor, fournies par Rustica-semences Mondonville-France.

2.1. Mise en culture

Les graines de soja sont désinfectées avec de l'eau de Javel pendant dix minutes. Elles sont ensuite rincées abondamment à l'eau, puis imbibées dans de l'eau distillée pendant trois heures. Les graines sont ensuite mises à germer dans des boîtes de pétri tapissées d'une double couche de papier absorbant, et arrosées tous les jours avec de l'eau distillée. Dès la percée de la radicule, les germinations sont transférées dans des pots contenant du terreau ; ces derniers sont séparés en deux lots :

- ❖ Le premier lot est placé à la lumière dans une chambre culture avec une photopériode de 16/8. J/N et une thermopériode de 24°C le jour, 18°C la nuit ; il est considéré comme lot témoin.
- ❖ Le deuxième lot est placé dans une chambre de culture, totalement à l'obscurité avec une thermopériode de 24°C le jour, 18°C la nuit.

2.2. Méthodes utilisées

2.2.1. Extraction et dosage de la phénylalanine ammonia-lyase (PAL)

L'extraction de la PAL est réalisée selon la méthode de Hoagland et al. (1979) sur les premières feuilles trifoliées de soja.

L'activité de la PAL est déterminée par la quantité d'acide cinnamique formée (à partir d'une quantité donnée de son précurseur, la phénylalanine) par heure et par quantité de protéines.

Une courbe étalon est réalisée en parallèle à l'aide d'une solution mère d'acide cinnamique à 0.1 mg mL^{-1} .

2.2.2. Extraction et dosage des flavonoïdes

Le protocole d'analyse repose sur l'hydrolyse acide des hétérosides du matériel végétal suivie d'une extraction des aglycones (Bath-Smith, 1954, Lebreton et al., 1967 amélioré par Laracine, 1984). Il permet à la fois le dosage des anthocyanes et des aglycones flavoniques.

2.2.3. Extraction et dosage des acides phénols

Les acides phénols sont extraits et dosés selon la technique de Ribereau-Gayon (1968), qui consiste à réaliser une hydrolyse alcaline des composés phénoliques naturels du matériel végétal, libérant les acides phénols de leurs combinaisons esters (-CO-O-C-) suivie d'une hydrolyse acide destinée à rompre les liaisons acétals (-C-O-C-) intervenant dans les combinaisons de type hétérosidique des acides phénols. Ces derniers sont séparés de la phase aqueuse par de l'éther diéthylique.

La courbe étalon est établie à partir d'une solution mère d'acide gallique à 0.15 mg mL^{-1} , acide phénol de la série des acides benzoïques.

2.2.4. Extraction et dosage des pigments foliaires

L'extraction des pigments foliaires est faite par l'acétone, les teneurs en chlorophylles et en caroténoïdes sont déterminées selon les équations de Lichtenthaler (1987).

2.2.5. Analyse statistique

Tous les tests sont calculés à partir de l'application STATISTICA 5.1 pour Windows.

3. RESULTATS

3.1. Effet de l'obscurité sur la morphologie des plantules de soja

Les plantules croissant à la lumière (témoins) sont vigoureuses et présentent des feuilles de couleur verte. Seule les premières feuilles sont unifoliées, les feuilles qui naissent après sont trifoliées (Fig. 1).

Comparativement aux plantules témoins, les plantules croissant à l'obscurité sont démesurément allongées et plus frêles ; en effet, nous constatons une augmentation de la taille des plantules en longueur par prolongement excessif des entre-nœuds par rapport au témoin et une diminution de l'épaisseur des tiges. De plus, leurs feuilles sont réduites, dépigmentées et de couleur jaunâtre.

3.2. Effet de l'obscurité sur la teneur en pigments chlorophylliens des feuilles des plantules de soja

Suite à l'étiollement observé, nous avons étudié le taux des pigments chlorophylliens dans les feuilles des plantules de soja de 17 jours.

Les résultats de la figure 2 montrent que chez les plantules de soja témoins, les taux des chlorophylles *a*, chlorophylles *b* et des caroténoïdes atteignent respectivement $1.970 \pm 0.066 \mu\text{g.g}^{-1}$, $0.885 \pm 0.138 \mu\text{g.g}^{-1}$ et $0.524 \pm 0.033 \mu\text{g.g}^{-1}$ de matière végétale fraîche (MVF). Chez les plantules mises à l'obscurité, le taux de chlorophylles *a* et *b* et caroténoïdes diminuent de manière hautement significatives (au seuil de 1%) par rapport à leur témoin respectif, cette teneur est de $0.023 \pm 0.008 \mu\text{g.g}^{-1}$ pour la chlorophylle *a*, $0.013 \pm 0.003 \mu\text{g.g}^{-1}$ pour la chlorophylle *b* et de $0.064 \pm 0.011 \mu\text{g.g}^{-1}$ de matière végétale fraîche pour les caroténoïdes.

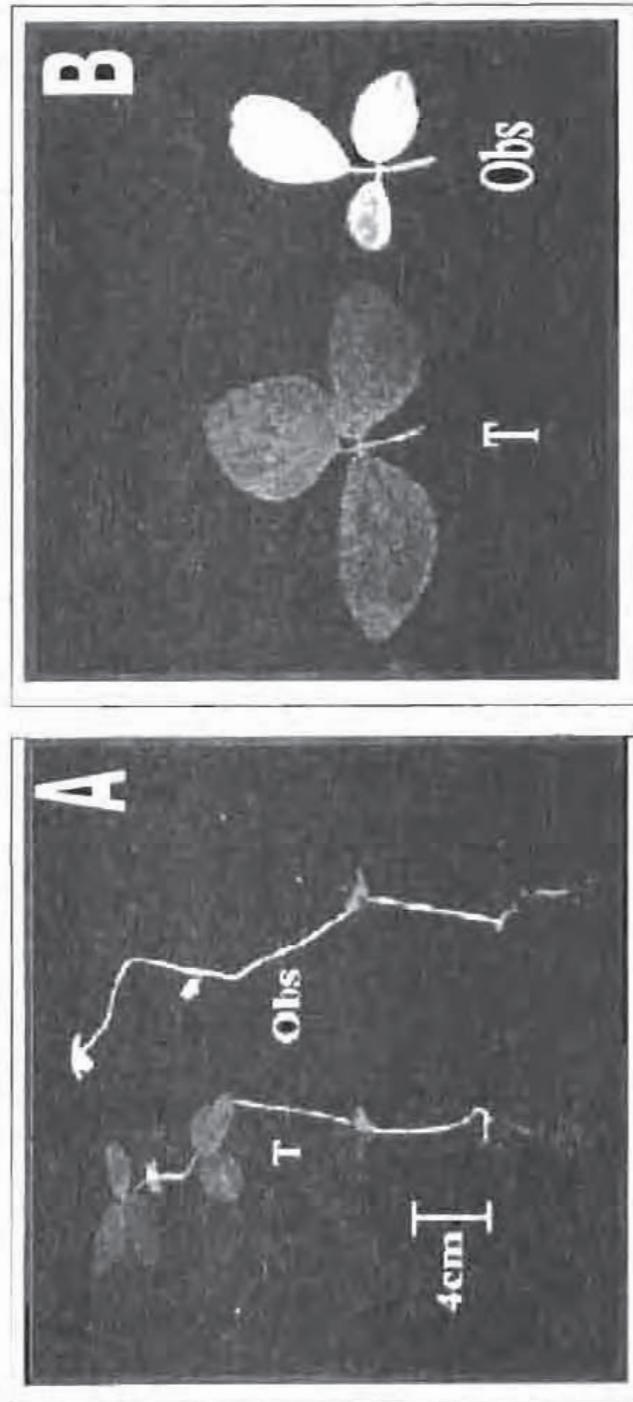


Figure 1 : Effet de l'obscurité sur la morphologie des plantules (A) et feuilles (B) de soja.

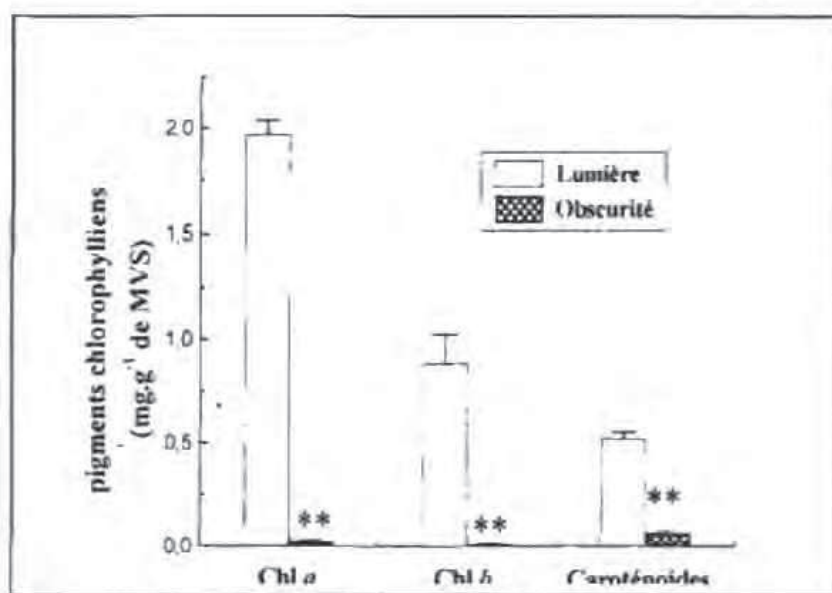


Figure 2 : Teneur en chlorophylles a et b et en caroténoïdes des feuilles des plantules de soja âgées de 17 jours à la lumière et à l'obscurité (Extraction à l'acétone et calculs selon les équations de Lichtenthaler, chaque valeur est la moyenne de trois manipulations différentes, **P < 0.01 représente le niveau de significativité entre le témoin et le traité)

L'obscurité provoque une réduction de 98% de la teneur en chlorophylles a et b et de 86% pour la teneur en caroténoïdes dans les feuilles de plantules de soja.

Nos résultats montrent que l'obscurité provoque une diminution de la teneur en caroténoïdes et une absence quasi-totale de chlorophylles, entraînant le phénomène d'étiollement. En effet, les plantules développées à l'obscurité ne synthétisent pas les chlorophylles, mais accumulent plutôt son précurseur : la protochlorophyllide (Schoefs et al., 2000). La transformation de la protochlorophyllide en chlorophylle nécessite obligatoirement de la lumière. Des études ont montré également que les plantes qui se sont développées à l'obscurité, peuvent contenir de petites quantités de chlorophylles (Durchan et al., 1992). Cependant, cette chlorophylle n'est probablement pas synthétisée au cours de cette période, mais proviendrait plutôt d'un reliquat de la chlorophylle contenue dans l'embryon (Bóddi et al., 1999).

3.3. Effet du stade de développement sur la teneur en substances phénoliques

Nous avons suivi l'évolution de la quantité des substances phénoliques (anthocyanes, aglycones flavoniques et acides phénols) durant trois stades de développement des feuilles des plantules de soja.

Du point de vue pondéral, les anthocyanes occupent la majeure partie des substances phénoliques étudiées (aglycones flavoniques et les acides phénoliques).

La quantité d'anthocyanes des feuilles témoins augmente en fonction de l'âge de la feuille, elle est de $5.13 \pm 0.37 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche (MVS) chez les feuilles jeunes (de 10 j), puis elle augmente de 26% pour atteindre une valeur de $6.93 \pm 1 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche chez les feuilles de 17 j avec une différence significative au seuil de 5%. Les anthocyanes s'accumulent fortement pour atteindre une valeur de $10.00 \pm 2.02 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche chez les feuilles de plantules de 24j, soit le double de la quantité trouvée dans les feuilles des plantules jeunes (Fig. 3) avec une différence hautement significative au seuil de 1%.

Chez les plantules témoins nous remarquons une augmentation de la teneur en acides phénols en fonction de l'âge des feuilles. Elle est de $0.260 \pm 0.008 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche chez les feuilles jeunes, par la suite elle augmente pour atteindre $0.39 \pm 0.02 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche et $0.46 \pm 0.05 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche respectivement chez les feuilles des plantules âgées de 17 et 24 j (Fig.3).

Les feuilles des plantules plus âgées sont caractérisées par une forte accumulation d'anthocyanes et d'acides phénols en fonction du stade physiologique.

Concernant l'évolution des aglycones flavoniques nos résultats montrent que les feuilles jeunes des plantules témoins âgées de 10 jours accumulent une quantité importante d'aglycones flavoniques $0.49 \pm 0.02 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche, celle-ci ne varie pas de manière significative chez les feuilles âgées de 17 j atteignant une valeur de $0.43 \pm 0.12 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche, puis nous notons une réduction de 60% chez les feuilles les plus âgées (24 j) soit $0.27 \pm 0.04 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche avec une différence hautement significative au seuil de 1% pour ce dernier (Fig. 3). Chez les plantes témoins, la quantité d'aglycones flavoniques diminue avec le vieillissement.

Il est intéressant de noter également que la diminution de la quantité d'aglycones flavoniques est parallèle à l'augmentation des anthocyanes et des acides phénols.

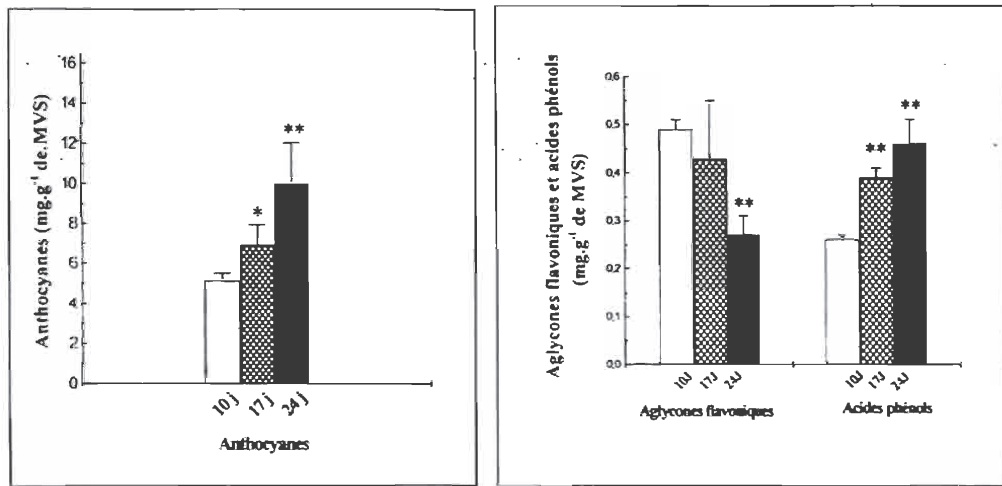


Figure 3 : Teneur en composés phénoliques (anthocyanes, aglycones flavoniques et acides phénols) en fonction du stade de développement des feuilles des plantules de soja (chaque valeur est la moyenne de trois manipulations différentes, **P< 0.01 et *P< 0.05 représente le niveau de significativité entre le témoin et le traité).

En effet, la concentration des composés phénoliques chez les espèces végétales varie en fonction du stade physiologique des plantes, et de la répartition des carbohydrates entre le métabolisme primaire et secondaire (Matsuki, 1996)

Elle varie aussi entre les types de plantes, les organes, les tissus, et également par l'action des facteurs environnementaux (Bohm, 1987, Waterman et Mole, 1989, Dixon et Paiva, 1995)

3.4. Effet de l'obscurité sur les composés phénoliques des feuilles des plantules de soja

3.4.1. Effet de l'obscurité sur l'activité de la PAL des feuilles des plantules de soja

Cette étude a été réalisée sur des plantules de soja de 17 jours, dans des conditions normales de luminosité (16/8, J/N) et à l'obscurité.

L'activité de la PAL est importante à la lumière ; elle est de l'ordre de $54.14 \pm 14.35 \mu\text{g h}^{-1} \text{mg}^{-1}$ de protéines. Cette activité est réduite à l'obscurité : ($12.74 \pm 1.7 \mu\text{g h}^{-1} \text{mg}^{-1}$ de protéines), cette différence est hautement significative au seuil de 1% comparativement au témoin (Fig.4)

En effet, nous constatons une baisse de 76% par rapport au témoin. Ces résultats montrent que l'activité de l'enzyme est lumière dépendante.

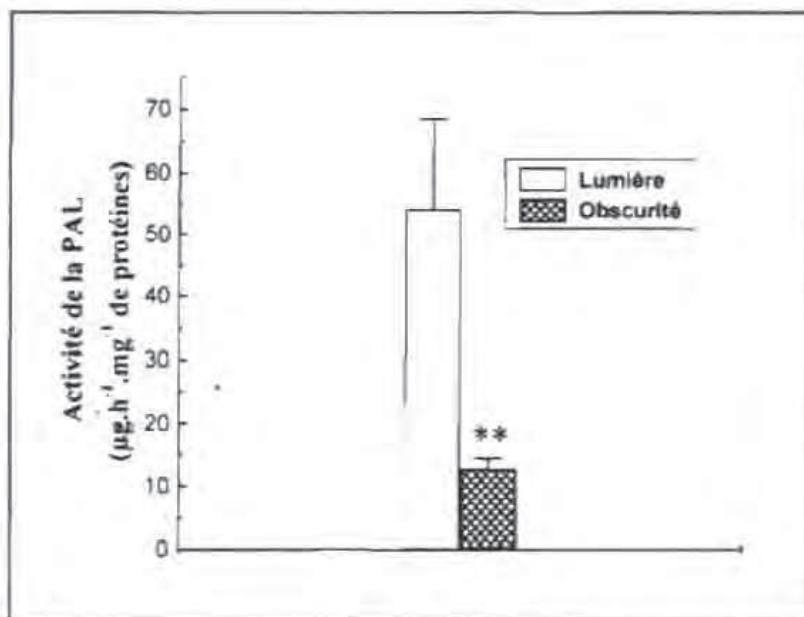


Figure 4 : Effet de l'obscurité sur l'activité de la PAL des feuilles des plantules de soja (chaque valeur est la moyenne de trois manipulations différentes, **P< 0.01 représente le niveau de significativité entre le témoin et le traité)

3.4.2. Effet de l'obscurité sur la teneur en anthocyanes des feuilles de plantules de soja

Chez les feuilles étiolées l'accumulation des anthocyanes durant les différents stades de développement se fait de la même manière que chez les feuilles témoins, en effet le taux d'anthocyanes chez les plantes témoins et étiolées varie peu.

La teneur en anthocyanes des feuilles des plantules de soja étiolées, est de $5.90 \pm 0.45 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche, $7.28 \pm 0.05 \text{ mg.g}^{-1}$ de MVS et de $9.43 \pm 0.45 \text{ mg.g}^{-1}$ de matière végétale sèche respectivement pour les feuilles des plantules de soja stressées de 10 j, 17 j et 24 j (Fig.5)

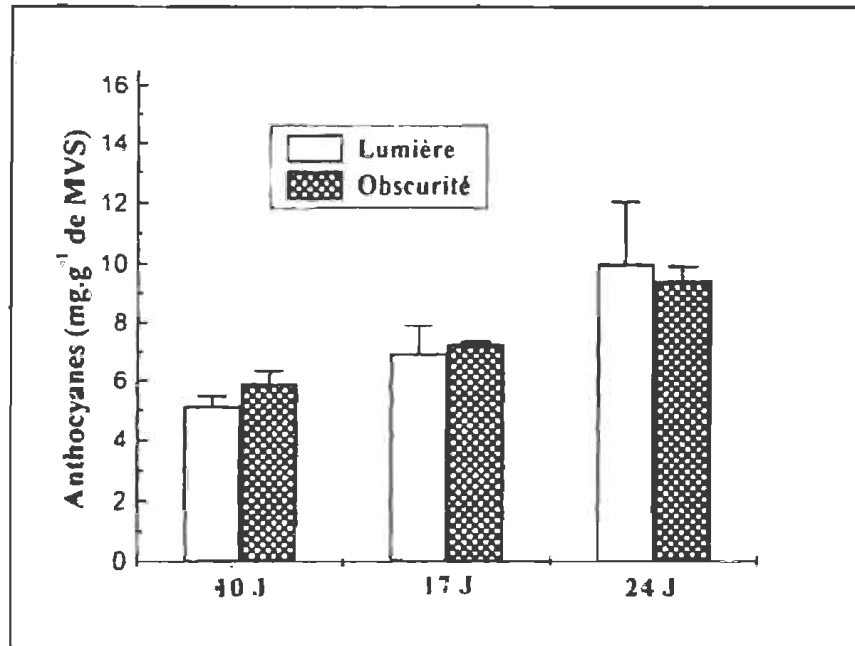


Figure 5 : Evolution de la teneur en anthocyanes dans les feuilles des plantules de soja durant la croissance à la lumière et à l'obscurité (chaque valeur est la moyenne de trois manipulations différentes, le niveau de significativité est nulle).

Les tests statistiques montrent qu'il n'y a pas de différences significatives (au seuil de 5%) entre les plantules témoins et les plantules stressées ; la synthèse des anthocyanes n'est pas affectée par l'absence de la lumière

Chez les plantules étiolées, le taux d'aglycones flavoniques évolue de manière différente à celui des plantules témoins. En effet nous notons une augmentation de la teneur en aglycones flavoniques en fonction du stade de développement, cette teneur est de 0.38 ± 0.05 mg.g⁻¹ de matière végétale sèche et 0.60 ± 0.1 mg.g⁻¹ de matière végétale sèche respectivement pour les plantules stressées âgées de 10 et 17 j, ensuite cette teneur augmente de manière hautement significative au stade 24 j pour atteindre 0.75 ± 0.05 mg.g⁻¹ de matière végétale sèche, soit une augmentation de 64% comparativement au témoin.

3.4.3. Effet de l'obscurité sur la teneur en aglycones flavoniques des feuilles des plantules de soja

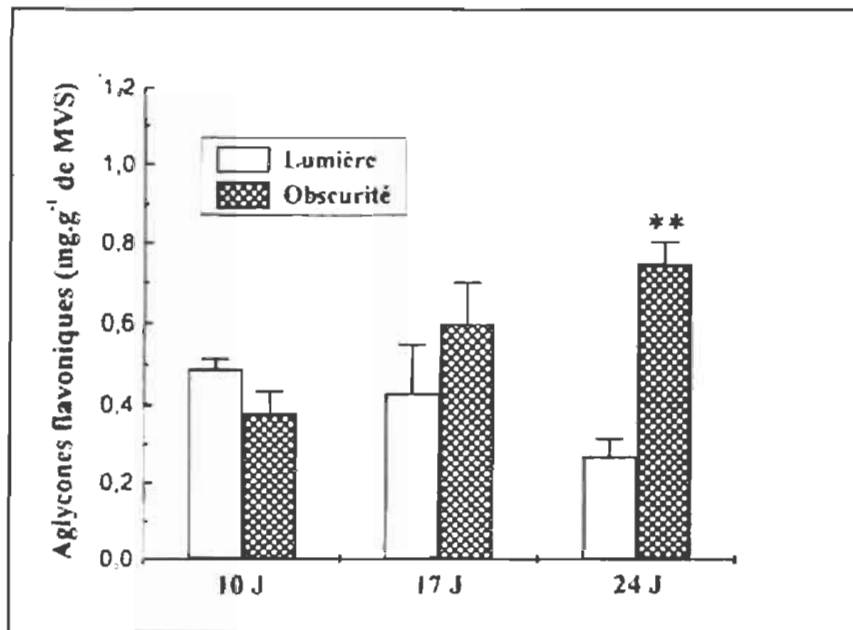


Figure 6. Evolution de la teneur en aglycones flavoniques dans les feuilles durant la croissance des plantules de soja témoins et mises à l'obscurité (chaque valeur est la moyenne de trois manipulations différentes, **P < 0.01 représente le niveau de significativité entre les témoins et les traités).

3.4.4. Effet de l'obscurité sur la teneur en acides phénols des feuilles des plantules de soja

Le taux d'acides phénols chez les plantules mises à l'obscurité est très faible, quelque soit le stade de développement, il est de $0.087 \pm 0.003 \text{ mg.g}^{-1}$, $0.116 \pm 0.003 \text{ mg.g}^{-1}$ et de $0.085 \pm 0.002 \text{ mg.g}^{-1}$ respectivement pour les feuilles des plantules de 10, 17 et 24 j. Les différences entre les témoins

et les stressées sont hautement significatives au seuil de 1% durant les trois stades de développement (Fig.7).

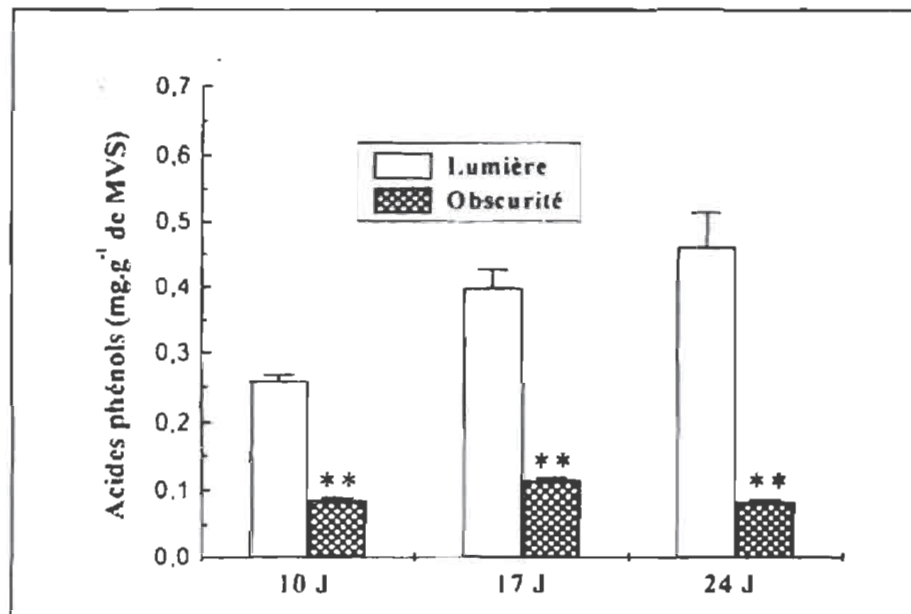


Figure 7 : Evolution de la teneur en acides phénols dans les feuilles durant la croissance des plantules de soja témoins et mises à l'obscurité (chaque valeur est la moyenne de trois manipulations différentes, ****P < 0.01** représente le niveau de significativité entre les témoins et les traités)

4. DISCUSSION – CONCLUSIONS

Lors de la première partie de notre travail nous avons montré que les plantules privées de lumière présentent des décolorations dues à la disparition des chlorophylles et un allongement spectaculaire des entrenœuds, c'est le phénomène d'étiollement. Cette croissance en longueur est réalisée au dépend de la croissance en épaisseur.

A l'obscurité, les mécanismes accumulateurs et transformateurs d'énergie (photosynthèse et respiration) sont perturbés, ce qui a pour conséquence l'absence de l'énergie nécessaire à la synthèse des différents composants de la matière vivante et donc de la paroi, ainsi, la fragilité de la plante est aussi due à une paroi très fine (Tissut et Severin, 1984).

La perturbation de la croissance et la diminution de la biomasse des feuilles est due à une baisse d'accumulation du carbone due à la réduction de la capacité photosynthétique, l'abaissement du pool de carbone aurait pour conséquence une inhibition de la synthèse des protéines. Par ailleurs, la croissance des plantules peut-être aussi affectée par la modification du métabolisme durant l'exposition des plantules à l'obscurité, due à l'orientation du pool de carbone vers la voie des phénylpropanoïdes plutôt que vers celles des métabolites primaires (sucres, protéines,... etc) (Laakso et al., 2000).

Le passage du métabolisme primaire au métabolisme secondaire se fait grâce à la phénylalanine ammonia-lyase (PAL), qui est considérée comme étant l'enzyme clé de la synthèse des composés phénoliques. En présence de la lumière, l'activité de la PAL des plantules de soja augmente, alors qu'elle diminue fortement à l'obscurité. La PAL est donc une enzyme lumière dépendante (Richter, 1993). La compréhension de la régulation de cette enzyme est compliquée davantage parce que l'enzyme est présente sous forme de plusieurs isoenzymes et dans différents emplacement subcellulaires, chacune d'entre elles est responsable d'un pool d'acides cinnamiques particulier, (Nishizawa et al., 1979).

Nous avons remarqué chez les plantules témoins que la diminution de la quantité d'aglycones flavoniques en fonction de l'âge des plantes est parallèle à l'augmentation des anthocyanes et des acides phénols. Nous pouvons souligner qu'indépendamment de tout stress, il existe une régulation liée au stade de développement des feuilles permettant de favoriser certains composés phénoliques par rapport à d'autres (Matsuki, 1996).

Les plantules privées de lumière présentent une diminution importante de la quantité d'acides phénols, alors que celle des flavonoïdes est peu affectée. L'obscurité inhiberait l'isoenzyme PAL responsable du pool d'acides cinnamiques intervenant dans la synthèse des acides phénols ce qui entraînerait une diminution de ces derniers et serait sans influence sur l'isoenzyme PAL, responsable du pool d'acides cinnamiques qui interviennent dans la synthèse des flavonoïdes (Fig 8).

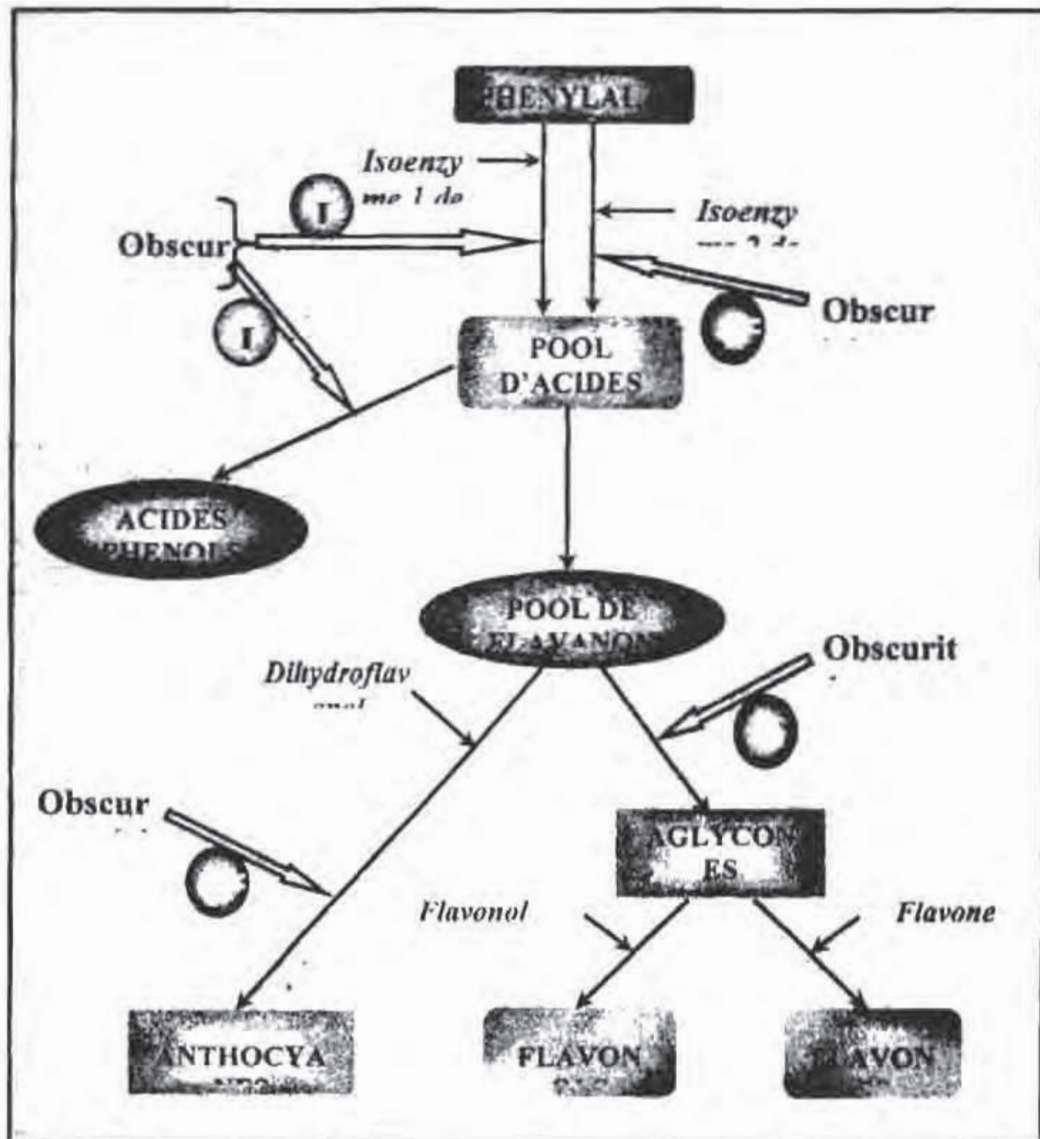


Figure 8 : Schéma représentant l'effet de l'obscurité sur le métabolisme phénolique (A : accumulation, I :

L'obscurité n'altère pas la synthèse des anthocyanes des plantules de soja, car leur quantité évolue comme celles des plantules développées à la lumière, mais elle stimule celle des aglycones flavoniques, le taux de ces derniers augmente avec la croissance des plantules et atteint son maximum chez les plantules adultes, cela est probablement dû à la stimulation des enzymes responsables de la synthèse des aglycones flavoniques.

Nos résultats ont montré que les plantules de soja étiolées présentent une diminution importante de la quantité d'acides phénols par rapport aux plantules témoins, alors que celle des flavonoïdes est peu affectée. Cette variation de la quantité de ces composés serait due à leur compétition pour le même substrat, ou à une sous régulation par la présence de plusieurs isoenzymes de la PAL, qui oriente le taux de cinnamate vers la voie de la biosynthèse des flavonoïdes. (Tegeberg et Julkunen-Tiitto, 2001)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATH-SMITH E.C., 1954.-** Leucoanthocyanidins formed from leucoanthocyanins in plant tissues. *Biochem. J.*, **58** : 122 – 125.
- BENVENISTE P., BOUDET A.L., DOUCE R. et JOYARD J., 2000.-** La dynamique du métabolisme. In *Le monde végétal : du génome à la plante entière*, Chap3. Douce R. ed., Tec et Doc, Londre-Paris-New york., pp 212.
- BÖDDI B., LINDSTEN A et SUNDQVIST C., 1999.-** Chlorophylls in dark-grown epicotyls and stipula of pea *J. Photochem Photobiol. B : Biol* **48** : 11 – 16.
- BOHM B.A., 1987.-** Intraspecific flavonoid variation. *Bot. Rev.*, **53** : 197 – 279.
- DIXON R.A. et PAIVA N.L., 1995.-** Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*, **7** : 1085 – 1097.
- DURCHAN M., PAKSHINA EV. et LEBEDEV N.N., 1992.-** Traces of chlorophyll *a* and the spectral forms of protochlorophyll(ide) *a* in etioled Cucumber cotyledons. *Photosynthetica*, **28** : 567 – 572.
- HARBORNE J., 1988.-** Introduction to ecological biochemistry. 3rd ed. New York : Academic Press.
- HOAGLAND R.F., DUKE S.O. ET ELMORE C.D., 1979.-** Effects of glyphosate on metabolism of phenolic compounds III. Phenylalanine ammonia-lyase activity, free amino acids, soluble protein and hydroxyphenolic compounds in axes of dark-grown soybeans. *Plant Physiol.*, **46** : 357 – 366.
- LAAKSO K., SULLIVAN J.H. et HUTTUNEN S., 2000.-** The effect of UV-B radiation on epidermal anatomy in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) and scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Plant Cell and Environment*, **23** : 461 – 472.
- Laracine C., 1984.-** Etude de la variabilité flavoniques infraspecific chez deux Conifères le *Pin sylvestre* L et le *Juniperus communis* L. Thèse 3^{ème} cycle. Université Claude Bernard Lyon I.
- LEBRETON PH., JAY M., VOIRIN B. et BOUCHEZ M.P., 1967.-** Analyse qualitative et quantitative des flavonoides. *Chim. Anal*, Vol.49., **7** : 375 – 383 *Cell*, **5** : 171 – 179.

- LICHTENTHALER H.K., 1987.-** Chlorophyll and caroténoid pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*, **vol.148**.
- MASTUKI M., 1996.-** Regulation of plant phenolic synthesis from biochemistry to ecology and evolution. *Aust. J. Bot.*, **44** : 613 – 634.
- NISHIZAWA A.N., WOLOSUIK R.A. ET BUCHANAN B.B., 1979.-** Chloroplast phenylalanine ammonia-lyase from spinach leaves. Evidence for light-mediated regulation via the ferredoxin / thioredoxin system. *Planta*, **145** : 7 – 12.
- RIBEREAU-GAYON., 1968.-** Les composés phénoliques des végétaux. Dunod, Paris.
- RICHTER G., 1993.-** Métabolisme des végétaux. Physiologie et biochimie. Presses Polytechniques et Universitaire Romandes. Pp 544.
- ROSENTHAL G.A. ET BERENBAUM M.R., 1991.-** Herbivores Their Interactions With Secondary Metabolites. Vol.1. *The Chemical Participants* 2nd ed. San Diego : Academic Press.
- SCHOEFS B., HUČEK S. ET HUSAK M., 2000.-** Determination of the parameters of the unit cell constituting the prolamellar body. *Proceedings of the 12th European Congress on Electron Microscopy*. Sous press.
- TEGELBERG R. ET JULKUNEN-TIITTO R., 2001.-** Quantitative changes in secondary metabolites of dark-leaves willow (*Salix myrsinifolia*) exposed to enhanced ultraviolet-B radiation. *Physiologia Plantarum*, **133** : 541 – 547.
- TISSUT M. ET SEVERIN F.,1984.-** Plantes, herbicides et desherbage, Association de coordination agricole, Paris : 251.
- WATERMAN P.G. ET MOLE S., 1989.-** Extrinsic factors influencing production of secondary metabolites in plants. In : Bernays E.A [ed] *Insect-plant interaction*, vol.1 CRC-press, Boca Raton, FL, pp 107 – 134.

ESSAI D'APPLICATION DE LA METHODE DES INDICATEURS DE LA DURABILITE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES (IDEA) DANS LE CONTEXTE DE L'ELEVAGE BOVIN LAITIER DE LA ZONE SEMI ARIDE DE SETIF (ALGERIE)

YAKHLEF H.⁽¹⁾, GHOZLANE F.⁽¹⁾ et BIR A.⁽¹⁾, BENIDIR M.⁽¹⁾

⁽¹⁾ Institut National Agronomique, Departement de Zootechnie, El-Harrach 16200 Alger

R E S U M E

Avec l'émergence du concept du développement durable, il s'est avéré que la recherche agronomique doit prendre en considération les aspects fondamentaux de ce concept qui relève de l'écologique, du social et de l'économique afin de mieux comprendre le fonctionnement des systèmes de production agricoles pour assurer leur durabilité. Dans cette optique, plusieurs méthodes ont été développées par beaucoup de pays.

Cette étude qui s'inscrit dans cette nouvelle approche porte sur l'évaluation de l'un des piliers fondamentaux de l'agriculture durable, à savoir la durabilité agroécologique des exploitations laitières de la zone semi aride sétifienne par la méthode des indicateurs de durabilité des exploitations agricoles (IDEA).

Les enquêtes menées sur 42 exploitations laitières ont permis d'analyser la pertinence des indicateurs de l'échelle agroécologique de la méthode IDEA. Ainsi, plusieurs observations concernant les 17 indicateurs de cette échelle ont été formulées. Parallèlement, de nouvelles composantes pour certains indicateurs ont été proposées pour le contexte algérien.

Mots clés : Développement durable ; Agriculture durable ; Durabilité agroécologique ; Indicateurs ; Exploitations laitières.

ملخص

إن بروز مفهوم التنمية المستدامة الأمر الذي يجعل من الواجب الأخذ في الحسبان الجوانب الأساسية لهذا المفهوم من طرف البحث الزراعي و الخاصة بالجانب البيئي و الاجتماعي و الاقتصادي قصد الفهم الجيد لسيرورة أنماط الإنتاج الفلاحي لضمان ديمومتها. و في هذا النطاق من طرف عدة دول.

نتناول هذه الدراسة التي تندرج في المنهجية الجديدة تقييم احد الأعمدة الأساسية للفلاحة المستدامة ألا وهي ديمومة للفلاحة البيئية للمستثمرات المنتجة للحليب في المناطق شبه الجافة لناحية سطيف بواسطة طريقة مؤشرات ديمومة المستثمرات الفلاحية.

سمحت لنا التحقيقات الميدانية علي مستوى 42 مستثمرة منتجة للحليب بتحليل فعالية المؤشرات لسلّم الفلاحي البيئي لطريقة مؤشرات ديمومة المستثمرات الفلاحة و كذاك عدة ملاحظات الخاصة بأن 17 مؤشر في هذا المجال تمت صياغتهم أو تكوينهم إلى جانب هذا تم اقتراح عدة مكونات لهذه المؤشرات و الخاصة بالوضعية الجزائرية.

SUMMARY

With the emergence of the concept of the sustainable development, it proved that the agronomic research must take into account the fundamental aspects of this last which raises of the social one, of ecological and economic in order to better understanding the functioning of the agricultural systems of production to ensure their sustainability. Accordingly, several methods were developed by many countries.

Our study enrol under this new approach which consists in evaluating one of the fundamental pillars of sustainable agriculture to knowing the agro-ecologic sustainability of the dairy farms of the setefiane semi arid zone by the Indicators of the Sustainable agricultural Farms (IDEA) method.

The surveys carried out into 42 dairy farms made it possible to analyze the relevance of the indicators of the agro-ecologic scale of IDEA method. Thus, several critics concerning the 17 indicators of this scale were formulated. In parallel, new components for some indicators were proposed for the Algerian context.

Key Words : Sustainable development ; Sustainable agriculture ; Agro-ecologic sustainability ; Indictors ; Dairy farms.

INTRODUCTION

Grâce à l'innovation technique et au progrès technologique, l'agriculture d'aujourd'hui est performante et productive. Cependant, et parallèlement à cette réussite technique, des problèmes d'ordre sociaux et environnementaux sont apparus comme l'incertitude sur la qualité des aliments et la dégradation de l'environnement. Cette situation a amené les acteurs du milieu agricole à développer le concept d'une nouvelle agriculture appelée agriculture durable (BONNY, 1994). Cette agriculture cherche à joindre la notion de respect de l'environnement et de l'homme à celle de la productivité et de la rentabilité économique, seuls critères pris en compte jusqu'alors. C'est dans ce contexte général que plusieurs méthodes d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles ont été proposées par plusieurs pays.

Cette étude porte d'une part, sur l'évaluation de l'une des composantes de l'agriculture durable qui est la durabilité agroécologique des exploitations laitières de la zone semi aride sétifienne par la méthode des indicateurs de durabilité des exploitations agricoles (IDEA) et, d'autre part, sur l'analyse critique de la pertinence des indicateurs de l'échelle agroécologique de cette méthode dans le contexte algérien

I. MATERIEL ET METHODES

1. LA GRILLE IDEA

L'hypothèse principale de la méthode repose sur l'idée qu'il est possible d'évaluer la durabilité d'un système agricole à travers l'ensemble de ses caractéristiques (techniques, spatiales, économiques et humaines) en les quantifiant (VILAIN, 2000). C'est une démarche d'autoévaluation de la performance globale en considérant que la note + 1 représente une unité élémentaire de la durabilité agricole c'est-à-dire un tout petit progrès de l'humanité vers un développement agricole et rural durable et la note - 1 une toute petite atteinte à la durabilité et au progrès de l'humanité. Il est ensuite possible de pondérer les informations obtenues puis de les agréger pour obtenir un score ou performance globale, reflet plus ou moins fidèle d'une situation réelle. C'est la combinaison des indicateurs entre eux qui caractérise le système alors que la valeur d'un seul indicateur ou d'un groupe d'indicateurs (ceux concernant l'élevage par exemple) n'a aucun sens considéré isolément parce que dans un système, une action sur un élément peut entraîner de nombreuses conséquences induites sur d'autres

systèmes. Pour tester cette méthode qui comprend trois échelles (agro-écologique, socio territoriale et économique), notre choix s'est porté uniquement sur la dimension agroécologique qui prend en compte toutes les pratiques agricoles jugées favorables ou non à la durabilité des exploitations d'un point de vue environnemental (Tableau 1).

Tableau 1 : Description de l'échelle agroécologique et de ses composantes

	Composantes	Indicateurs	Note
ECHELLE AGROECOLOGIQUE	Diversité	A1 - Diversité animale	15
		A2 - Diversité des cultures annuelles et temporaires	15
		A3 - Diversité des cultures pérennes	15
		A4 - Valorisation des races régionales	5
	Organisation de l'espace	A5 - Assolement	10
		A6 - Dimension des parcelles	8
		A7 - Zone de régulation écologique	12
		A8 - Actions en faveur du patrimoine naturel	2
		A9 - Chargement	5
		A10 - Gestion des surfaces fourragères	3
	Pratiques agricoles	A11 - Fertilisation	12
		A12 - Traitement des effluents	4
		A13 - Pesticides	12
		A14 - Bien-être animal	3
		A15 - Protection des sols	3
		A16 - Irrigation	3
		A17 - Dépendance énergétique	3

Source : VILAIN (2000)

2. CHOIX DE LA REGION ET DE L'ECHANTILLON D'ETUDE

Le choix s'est porté sur la wilaya de Sétif qui se caractérise par une grande diversité des systèmes de production dont le plus dominant est le système céréaliculture-élevage mais aussi par l'existence de trois zones distinctes: la zone semi aride supérieure avec une pluviométrie supérieure à

450 mm, la zone semi aride moyenne avec une pluviométrie comprise entre 250 et 450 mm et la zone semi aride inférieure avec une pluviométrie inférieure à 250 mm.

De la centaine d'exploitations laitières recensées au niveau des différents organismes agricoles de la wilaya de Sétif, il a été fait le choix de 42 d'entre elles réparties sur les 3 zones soit 14 exploitations par zone. Les critères de choix sont la diversité des systèmes de production, la dominance de la vocation laitière, l'importance de la surface agricole et la disponibilité de l'information.

3. LES ENQUETES

Ce sont des enquêtes directes, basées sur un questionnaire comprenant des questions précises qui répondent aux objectifs assignés à ce travail.

4. PRINCIPES DE CALCUL

La grille de calcul de la méthode IDEA a été utilisée pour l'attribution des scores à chaque indicateur.

Le bilan apparent de l'azote est déterminé annuellement et résulte de la différence entre les entrées de l'azote (engrais, aliments et animaux achetés, effluents importés, fixation atmosphérique...) et les sorties (produits végétaux et animaux, effluents exportés) (SIMON et LE CORRE, 1992).

Le bilan énergétique est calculé par la formule rapportée par VILAIN (2000):

EFH (Equivalent Fioul par Hectare) = Σ (Fioul+N+KWh+Gaz) / (47×SAU)
avec :

1Kg de fioul = 47 MJ;

1 unité d'azote = 56 MJ;

1KWh = 9.5 MJ;

1Kg de gaz = 51MJ

5. TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des données brutes recueillies a été réalisé grâce à un tableur (Excel 2003).

II. RESULTAT ET DISCUSSION

1. ANALYSE DESCRIPTIVE ET PERTINENCE DES COMPOSANTES PRINCIPALES DE L'ECHELLE AGROECOLOGIQUE DANS LE CONTEXTE DES HAUTES PLAINES SETIFIENNES

1.1. LA COMPOSANTE DIVERSITE

La figure 2 montre que les notes de la composante diversité varient de 14 à 33. Ces performances sont liées essentiellement à la nature des systèmes de production qui sont globalement très diversifiés avec la dominance du système de production polyculture-élevage. En effet, l'élevage bovin, ovin et caprin d'une part, et les cultures annuelles et temporaires (céréaliculture, production fourragères et culture maraîchères) d'autre part, constituent les pratiques les plus courantes dans la zone enquêtée.

La notion de l'espèce comme composante principale est surestimée dans les trois premiers indicateurs (A1: diversité animale, A2: diversité des cultures annuelles et temporaires et A3: diversité des cultures pérennes) puisque souvent, plusieurs espèces appartiennent à la même famille ce qui inévitablement leur permet l'obtention de notes maximales. De ce fait, il paraît plus approprié d'introduire la composante famille zoologique ou botanique à la place de l'espèce. Enfin, il semble également que l'indicateur A4 (valorisation des races régionales et des variétés locales) devrait avoir une note importante puisqu'en Algérie, le patrimoine génétique local est mal valorisé à cause de l'introduction des races améliorées (Montbéliard, Holstein, ... etc.).

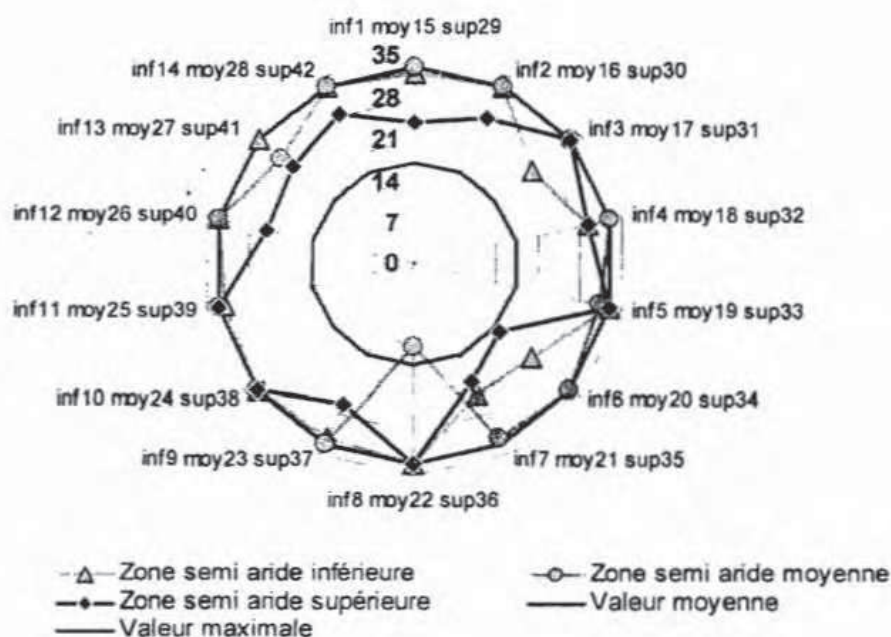


Figure 2 : Représentation graphique de la composante diversité (n=42)

1.2. LA COMPOSANTE ORGANISATION DE L'ESPACE

La figure 3 montre que les notes de la composante organisation de l'espace varient de 2 à 30. Si le seuil de 17 est considéré comme l'objectif à atteindre, il apparaît que sur les 42 exploitations enquêtées, 26 ont dépassé ce seuil grâce aux indicateurs A5 (assolement), A6 (dimension des parcelles) et A7 (zones de régulation écologique) qui ont des poids importants par rapport aux autres indicateurs de cette composante (30/34). Pour cette composante, les seuls indicateurs qui restent pertinents sont les indicateurs A6 (dimension des parcelles) et A7 (zones de régulation écologique). Toutefois, dans le contexte de la zone semi aride, l'introduction des cultures et des vergers non traités comme composante de l'indicateur A7 semble appropriée puisqu'ils contribuent à l'équilibre écologique

(hébergement de la faune sauvage). Par contre, tous les autres indicateurs présentent certaines limites dans notre contexte d'étude.

Ainsi :

- Pour l'indicateur A5 (assolement), toute exploitation qui a une culture qui dépasse 50 % de la surface assolée aura une note de 0. De ce fait, les exploitations spécialisées (élevage - fourrage et élevage - céréales) de la zone semi aride sétifienne sont pénalisées puisque la majeure partie de la surface de ces exploitations est constituée soit de prairies temporaires dont il est impossible de distinguer le nombre d'espèces qui les composent soit de cultures céréalières. De ce fait, ces exploitations obtiennent des notes médiocres pour cet indicateur, non justifiées du point de vue environnemental.

- Pour l'indicateur A8 (action en faveur du patrimoine naturel), la méthode IDEA considère le respect du cahier des charges comme seule composante pour avoir la note de 2 pour cet indicateur. Mais, en Algérie, le seul cahier des charges existant est celui du FNRDA auquel la majorité des exploitations enquêtées ne sont pas adhérentes. De ce fait, le moyen le plus adéquat pour évaluer cet indicateur reste l'utilisation de l'approche visuelle d'une part, des paysages de l'exploitation et de ses environs et d'autre part, des pratiques des agriculteurs.

- pour l'indicateur A9 (chargement), la méthode IDEA rapporte le chargement à la surface fourragère principale. Dans le contexte algérien, les chaumes et les pailles sont considérés comme des fourrages à part entière. De ce fait, la notion de surface fourragère principale et les normes relatives au chargement sont à revoir afin d'adapter cet indicateur au contexte algérien.

- pour l'indicateur A10 (gestion des surfaces fourragères), la note attribué est relativement faible et cet indicateur est essentiellement basé sur la présence de prairies permanentes. Ors, le problème de gestion des surfaces fourragères se pose avec acuité en Algérie du fait des surfaces réduites destinées aux cultures fourragères et de la diversité limitée des espèces fourragères.

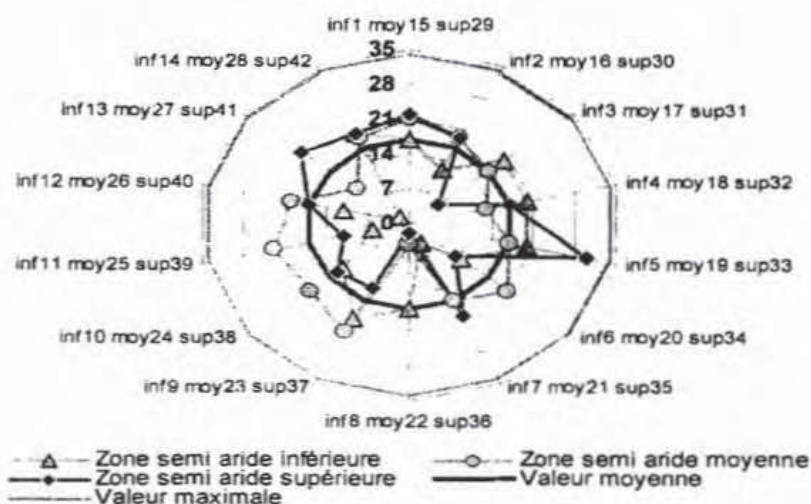


Figure 3 : Représentation graphique de la composante organisation de l'espace (n=42)

1.3. LA COMPOSANTE PRATIQUES AGRICOLES

La figure 4 montre que les notes de la composante pratiques agricoles varient de 16 à 33.

Pour cette composante, le seul indicateur qui reste toujours pertinent est l'indicateur A17 (bilan énergétique). Par contre, les autres indicateurs doivent être adaptés au contexte algérien. Ainsi:

- Pour l'indicateur A11 (fertilisation), si en Europe, le problème de pollution des eaux par la lixiviation des nitrates se pose avec acuité ce qui explique pourquoi la méthode IDEA attribue à cet indicateur une note élevée, pour la zone semi aride sétifienne dont les sols sont de nature calcaire, c'est surtout la fertilisation organique (fumier) qui est utilisée. De plus, les conditions climatiques difficiles (aridité) impliquent une moindre utilisation des engrais minéraux.

- Pour l'indicateur A12 (traitement des effluents), la méthode IDEA encourage l'utilisation du fumier et du compost. Par contre, elle sanctionne l'utilisation du lisier et le rejet direct des effluents dans la nature s'il y a des redevances pollution. En Algérie, la majorité des exploitations utilisent le fumier mais elles rejettent les effluents dans la nature sans redevances pollution.

- Pour l'indicateur A13 (pesticides), la méthode IDEA lui attribue une grande importance sachant que l'utilisation des pesticides génère de sérieux problèmes environnementaux pour l'agriculture européenne ; c'est pourquoi la méthode IDEA lui attribue une grande importance. Dans le contexte algérien, l'utilisation des pesticides est très limitée en raison de leur cherté et de leur indisponibilité sur le marché.

- Pour l'indicateur A14 (bien-être animal), en plus des composantes que la méthode IDEA utilise pour évaluer le bien-être animal, il apparaît nécessaire d'intégrer d'autres composantes comme la quantité et la qualité des aliments et de l'eau distribués, l'état sanitaire des animaux (mesures prophylactiques et hygiéniques) et l'état des bâtiments d'élevage.

- Pour l'indicateur A15 (protection des sols), la méthode IDEA lui attribue une note en fonction du pourcentage de la surface où la technique non labour est appliquée par rapport à la surface assolée et du pourcentage des sols nus. En plus, elle sanctionne le brûlage des pailles. En Algérie, la technique non labour n'est pas utilisée et le pourcentage des sols nus en zone semi aride est très élevé. Ainsi, les composantes qui nous semblent plus appropriées dans le contexte algérien sont la présence d'aménagements anti-érosifs, la mise en place des cultures intercalaires, la mise en place des cultures dérobées, l'application de la technique paillis et l'application de la technique enherbement des cultures pérennes.

- Enfin l'indicateur A16 (irrigation), ne paraît pas convenir au contexte algérien car l'eau est un facteur limitant. Aussi, la note devrait être élevée et attribuée en fonction des composantes suivantes:

- * Pas d'irrigation ou irrigation raisonnée (note maximale),
- * Disponibilité de l'eau : les exploitations seront classées en trois groupes :
 - les exploitations qui disposent de sources externes : note maximale,
 - les exploitations qui disposent de puits ou de forages peu profonds : note moyenne,
 - les exploitations qui disposent de sondes ou de forages profonds : note minimale.
- * Présence de dispositifs de lutte contre le sirocco (brises vents).

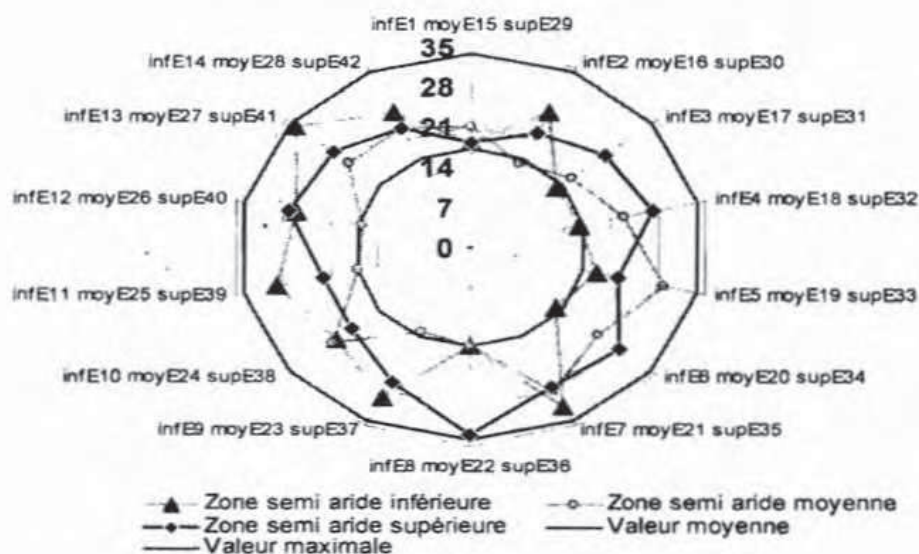


Figure 4 : Représentation graphique de la composante pratiques agricoles (n=42)

2. ANALYSE DE LA DURABILITE AGROECOLOGIQUE

Les notes de l'échelle agroécologique obtenues par l'addition des notes de ses différents indicateurs varient de 35 à 82 (Figure 5). La durabilité agroécologique moyenne de l'ensemble des exploitations enquêtées est évaluée à 70/100. Cette performance des exploitations s'expliquerait par leurs systèmes de production diversifiés et leurs pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. En effet, les systèmes polyculture – élevage permettent d'arriver aux meilleurs résultats en terme de diversité (Figure 6).

La sommation des notes obtenues par les indicateurs pose toutefois un problème. En effet, dans la méthode IDEA, les trois composantes de l'échelle agroécologique (diversité, organisation de l'espace et pratiques agricoles) ont des valeurs théoriques maximales respectivement de 50, 40 et 40 et sont plafonnées respectivement à 33, 34 et 33. De ce fait, il apparaît que la méthode IDEA surestime la durabilité agroécologique. C'est pourquoi, il est nécessaire de revoir le plafonnement des notes de chaque

composante de l'échelle agroécologique pour qu'elles soient identiques aux notes théoriques ainsi que la pondération des indicateurs afin qu'il y ait une certaine homogénéité.

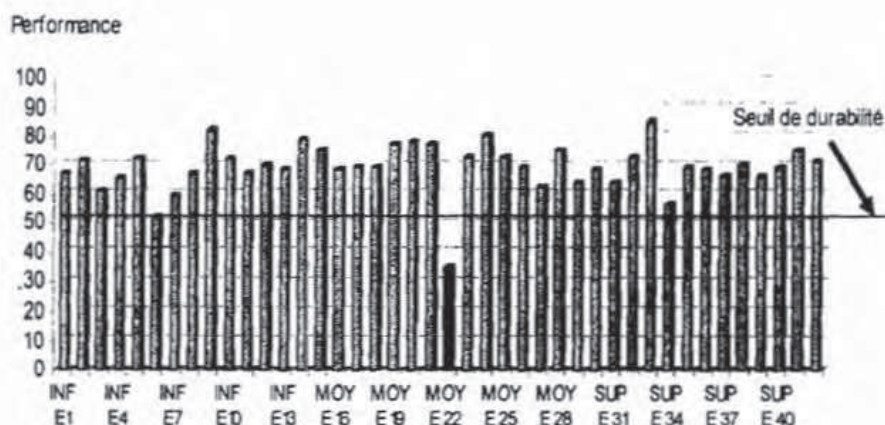


Figure 5 : Représentation graphique de la durabilité agroécologique des exploitations enquêtées

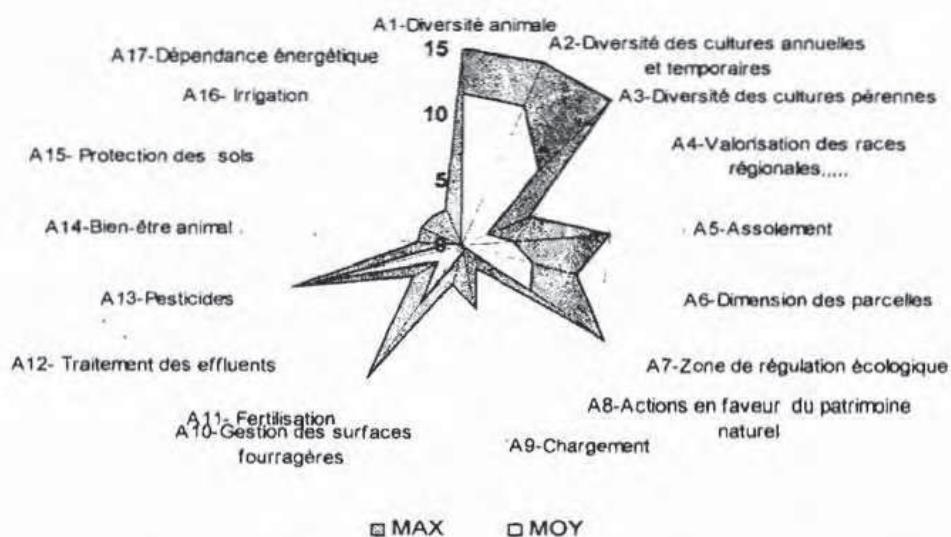


Figure 6 : Représentation graphique des indicateurs agroécologiques pour la zone de Sétif.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude consiste d'une part, à évaluer la durabilité agroécologique des exploitations agricoles laitières de la zone semi aride sétifienne en utilisant la méthode IDEA et, d'autre part, en une analyse critique des indicateurs de l'échelle agroécologique.

Les résultats obtenus montrent que l'application de la méthode IDEA dans le contexte algérien se heurte à deux difficultés majeures: celles posées par les indicateurs étudiés individuellement et celles relevant de leur sommation pour l'obtention de notes synthétiques.

Par ailleurs, il apparaît que l'interprétation des notes synthétiques des trois composantes de l'échelle agroécologique n'est pas toujours évidente. En effet, une perte d'informations dans les trois notes globales de cette échelle est souvent observée par suite du manque d'homogénéité entre les valeurs théoriques maximales et les valeurs plafonnées des trois composantes ce qui se traduit par une surestimation de la durabilité agroécologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BONNY S., 1994.-** Les possibilités d'un modèle de développement de développement durable en agriculture. Le cas de la France, *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, n°23, p. 5-15.
- SIMON J.C., LE CORRE.L. 1992.** Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole : méthodologie, exemple de résultats. *Rev. Fourrages* N° 129. AFPP Editions. Paris. pp 79-94.
- VILAIN L., 2000.** La méthode IDEA : indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. Guide d'utilisation. Educagri Editions, Dijon. 100p.

SOMMAIRE

- BENADJAOUD A. et AID F.- Impacts de la deshydratation et de la rehydratation sur le métabolisme cellulaire des plants de *Parkinsonia aculeata* L.** 001
- BERKANI M.L., GHALEM Z. et BENYOUCEF M.T.- Contribution à l'étude de l'homogénéité de la race locale « *Apis mellifera intermissa* » dans les différentes régions du nord de l'Algérie** 015
- BOULAHIA K., AÏD F., ABROUS O. et KESRI-BENHASSAINE G.- Etude de l'effet d'un herbicide (Norflurazon) sur la croissance des cals de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.)** 033
- CHABACA. M.N. et MESSAHEL. M.- Impact des pertes en eau par percolation profonde dans les seguias de distribution sur l'efficacité de l'irrigation par micro raies** 055
- LASSOUANE N., BELKEBIR A et AID F.- Régulation du métabolisme des substances phénoliques chez le soja (*Glycine max.* L.) : 1 – Effets de l'obscurité** 073
- YAKHLEF H., GHOZLANE F. et BIR A., BENIDIR M.- Essai d'application de la méthode des indicateurs de la durabilité des exploitations agricoles (IDEA) dans le contexte de l'élevage bovin laitier de la zone semi aride de Sétif (Algérie)** 095