

PV 910007

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

CN910007
F612
ANN

INSTITUT SENEGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)

DEPARTEMENT DE RECHERCHES
SUR
LES PRODUCTIONS VEGETALES
(D.R.P.V.)

**PHYSIOLOGIE DE L'ADAPTATION A LA SECHERESSE
RAPPORT DE SYNTHESE 1990.**

D. ANNEROSE

Mars 1990

CENTRE NATIONAL DE
RECHERCHES AGRONOMIQUES
(C.N.R.A.) BAMBEY

I. INTRODUCTION

Cinq grands axes principaux permettent de caractériser pour l'année 1990 les **activités** de l'opération Physiologie de **l'Adaptation à la Sécheresse** :

- i) Les **études** sur la nature des **caractères** et des mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse se sont poursuivies avec pour objectif la création de **variétés** d'arachide mieux **adaptées** aux conditions **pluviométriques**.
- ii) **L'élargissement** de ces recherches à l'étude des modes de réaction à la **sécheresse** chez d'autres plantes avec pour objectif la recherche de mécanismes d'adaptation originaux.
- iii) L'utilisation des données acquises sur les modes de réaction à la sécheresse de l'arachide en condition pluviales pour la mise en place d'un nouveau projet visant à définir les modalités de conduite de l'irrigation de cette **espèce** dans la région du Fleuve Sénégal.
- iv) La **création** d'outils de modélisation pour faciliter la vulgarisation des acquis récents obtenus sur le fonctionnement de la plante en condition de sécheresse et permettant de mieux comprendre les interactions sol x climat x productivité.
- v) La poursuite d'un programme de formation de jeunes chercheurs en physiologie végétale.

II. PHYSIOLOGIE DE L'ADAPTATION A LA SECHERESSE DE L'ARACHIDE.

L'objectif de ces études est d'améliorer notre connaissance du fonctionnement biochimique et physiologique de la plante afin de mieux comprendre la **complexité** des interactions variétés x sécheresse responsables des variations de productivité observées dans les conditions climatiques de la région. La mise en évidence de caractères morphologiques, anatomiques ou **phénologiques** et la description de mécanismes physiologiques et biochimiques adaptatifs facilite, avec la mise au point des tests correspondants, l'identification et la création de matériel mieux adapté à chaque forme de **sécheresse**. L'ensemble des travaux réalisés depuis 1983 dans le cadre de cette opération sont maintenant regroupés dans une **thèse présentée** en 1990 par l'auteur à l'**Université Paris VII** et intitulée "Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea* L.) cultivée au Sénégal. Les résultats les plus **récents** correspondent aux travaux menés sur l'étude des mécanismes de tolérance à la sécheresse de l'arachide.

1. Evaluation de la capacité de tolérance à la sécheresse sur feuilles détachées.

Nos **précédents** travaux ont permis de mettre en évidence l'importante **diversité** génotypique existant pour la capacité de **tolérance** à la dessiccation des membranes cellulaires chez l'arachide. Des liaisons ont **été** mises en évidence entre cette **capacité de tolérance** et le maintien des activités physiologiques et biochimiques **observé** chez quelques **variétés** en condition de sécheresse. Cependant cette **caractérisation** s'effectue à un niveau de complexité **très** fin (cellulaire) qui rend difficile la liaison avec les formes de réaction **observées** à l'échelle de la culture. Nous avons donc essayé d'étudier l'importance de ce mécanisme à un niveau de complexité supérieur (feuille entière). La méthode utilisée **à** consister **à** évaluer la capacité de **tolérance** du **matériel** testé **à** partir de la mesure de la **capacité** de récupération de l'état de turgescence de feuilles préalablement déshydratées. Les résultats obtenus (Tableau 1 et Figure 1) montrent l'existence d'une relation linéaire entre le degré de déshydratation atteint et le niveau de **réhydratation** observé. Des différences variétales significatives sont mises en évidence pour les niveaux de déshydratation-seuil au-dessous desquels les feuilles ne retrouvent pas l'intégralité, ou 80 % , de leur contenu relatif en eau initial. La variété 73-30 qui présente le contrôle stomatique de pertes en eau le plus efficace montre aussi la plus forte tolérance apparente à la déshydratation. Cependant cette relation ne se retrouve pas chez les autres **variétés** et notamment la 57-422 qui constitue le témoin de résistance protolasmique. Il est donc probable qu'à ce niveau de complexité d'autres mécanismes interagissent (pertes métaboliques d'origine respiratoire, contraction des parois cellulaires autour du protoplasme déshydraté, accumulation de solutés . . .) et compliquent l'appréciation par cette méthode du niveau réel de tolérance à la sécheresse.

2. Etudes des relations hydriques chez l'arachide.

A la suite des résultats précédents nous avons essayé de déterminer si l'existence d'une régulation osmotique chez l'arachide pouvait modifier la réponse à la sécheresse de cette espèce. L'**étude** des relations hydriques chez l'arachide a **été** jusqu'alors considérablement limitée par l'impossibilité d'utiliser efficacement la chambre à pression chez cette espèce. Ceci nous a conduit à mettre au point une nouvelle méthodologie bas& sur l'équilibre de tension de vapeur de tissus foliaires suspendus au-dessus de solution de **NaCl** d'osmolalités variables. Les études préliminaires ont permis de définir **précisément** la méthode permettant d'établir des courbes **Pression/Volume (P/V)** sur arachide (Figure 2). Celle-ci a été **utilisée** pour effectuer une première comparaison **variétale** de la capacité de régulation osmotique chez l'arachide. Ce travail a servi de stage de fin d'études pour Mr E. MARONE (INDR) et a fait l'objet d'un mémoire **présenté** par ce dernier pour l'obtention du titre d'ingénieur agronome. Ces premiers **résultats** montrent l'existence d'une régulation osmotique en condition de stress chez les **variétés** 73-30 (1,6 bars) et 55-437 (3 bars) qui ne se manifeste pas chez les variétés 57-422, 69-101 et 73-33 (Figure 3). Celle-ci est induite par un traitement de **préconditionnement** à la sécheresse des plantes. La régulation osmotique persiste 7 jours après la reprise de l'irrigation. Ces niveaux de régulation restent inférieurs à ceux

observees chez d'autres **légumineuses**, comme le **niébé**, mais doivent néanmoins contribuer au maintien d'un meilleur niveau d'adaptation chez des **variétés**, comme **55-437**, qui présentent une faible **capacité de tolérance** à la dessiccation. Les prochains travaux essaieront de **préciser** ce point en tentant d'identifier la nature **précise** du **mécanisme** d'ajustement osmotique chez **cette espèce** au niveau **foliaire** et aussi racinaire. Avec pour objectif d'établir les relations entre ce mécanisme de **régulation** et le maintien des processus primaires de la productivité en condition de **sécheresse**.

3. Evaluation agronomique d'une nouvelle variété d'arachide précoce : GC-8-35

Depuis 1987 une nouvelle **variété** très **précoce** GC-8-35 (80-85 jours) **créé** par le service ARASEC est **testée** en **expérimentation** multilocale. **Malgré** une réduction de son cycle de développement elle a assuré dans ces conditions des rendements supérieurs à ceux de 55-437 (+ 20% à **+36%** au Nord de Bambey; + 16% à Bambey). Afin de préciser la nature des caractères et mécanismes à l'origine de cet avantage vis à vis de 55-437 elle a été testée en 1990 dans les conditions climatiques de Bambey en effectuant un suivi de son développement végétatif et de sa consommation en eau. Malgré une moyenne de rendement en gousse chez **GC8-35** supérieure de 16% à celui obtenu avec 55-437 aucune différence statistique significative entre les 2 variétés n'est mise en évidence pour les rendements en gousses et en fanes (Tableau 2). **Néanmoins GC8-35** se distingue essentiellement de 55-437 par un plus grand nombre de gousses, une proportion plus importante des gousses monocoques produites mais aussi un nombre plus important de gousses non mûres. Le suivi du développement végétatif confirme ces résultats puisque aucune différence n'a **été** observée entre ces variétés pour leur vitesse de croissance relative et leur activité **assimilatrice** nette. Les premières analyses des mesures de consommation en eau indiquent que les 2 **variétés** ont eu une consommation en eau équivalente sur l'ensemble de leur cycle. Il est probable que **GC8-35** a sûrement un potentiel de production inférieur à 55-437 mais qu'elle le conserve mieux **dans** des conditions d'hivernage plus court et moins pluvieux que celui de Bambey en 1990. Cette hypothèse pourra être **vérifiée** l'année prochaine **grâce** au **système** d'irrigation **différentielle** qui permettra de comparer dans des régimes hydriques contrastés les performances de **GC8-35** à celles de 55-437, 73-30 et Grand Chico.

III. ADAPTATION A LA SECHIERESSE CHEZ LES AUTRES LEGUMINEUSES: ETUDE SUR LE POIS D'ANGOLE.

Les mécanismes d'adaptation à la sécheresse chez l'arachide comme nous les avons **mis** en évidence ne reflètent probablement pas la totalité des formes de réaction que l'on peut retrouver chez les plantes **cultivées** en zones semi-aride. L'étude des formes d'adaptation observées chez d'autres **espèces** peut faciliter l'évaluation de l'importance réelle des mécanismes et caractères adaptatifs qui ont **été** jusqu'à présent identifiés. Parmi. celles-ci, le pois d'angole pour sa capacité à poursuivre son développement en

conditions **très sèches** constitue un **modèle** d'étude **intéressant**. Dans une **première** étape les **potentialités** agronomiques de cette **espèce** ont **été évaluées à l'intérieur** d'une petite collection en provenance de l'**ICRISAT** et du **Bénin en conditions** pluviales strictes. Les 33 **variétés testées** mettent en évidence une grande **diversité** des formes de réaction aux conditions de culture chez cette **espèce**. Les rendements en gousses obtenus sont compris entre 4250 et 400 **kg/ha** (Figure 4). Ils ne semblent pas **liés à** des caractéristiques **phénologiques particulières** puisqu'on retrouve **à** ces deux extrêmes deux **variétés précoces** à floraison **déterminée**, ICPL-87 **très** productive originaire d'Inde et PRN-169 en provenance du Kenya. Comme pour l'arachide le nombre de gousses est le **paramètre** de rendement le plus étroitement lié au niveau de production en gousses. Une Première classification **variétale** a **été** effectuée sur la base de ces résultats et les variétés **identifiées** pour leur niveau de **tolérance** ou de **susceptibilité** à la sécheresse serviront dans une prochaine étude des **mécanismes** d'adaptation **à** la sécheresse. Une partie du **matériel** a **été** confiée au Laboratoire d'**Ecologie Générale et Appliquée** de l'**Université** Paris VII (Pr. **VIEIRA da SILVA**) pour une étude des aspects cellulaires de la **tolérance** à la sécheresse.

IV, MISE EN PLACE DU PROJET "CULTURE IRRIGUÉE DE L'ARACHIDE DANS LA RÉGION DU FLEUVE".

Avec le développement de l'irrigation des cultures dans la région du Fleuve Sénégal, l'arachide peut jouer un rôle important **grâce à** la forte valeur **ajoutée** que constituent les filières **privilégiées** d'arachide de bouche et de confiserie. Celles-ci viendraient s'ajouter au rôle vivrier que peut aussi jouer dans le cas de culture **précoce** l'arachide d'huilerie. Ces nouvelles perspectives permettent de valoriser les acquis du programme **dans** le domaine de la physiologie de l'adaptation **à** la sécheresse dans la définition de **critères** optimisés de conduite de l'irrigation. La **très** grande **diversité** des sols rencontrés dans la région et la difficulté qu'il y aurait de les caractériser tous d'un point de vue hydrodynamique nécessite, en effet, de déterminer les besoins en eau de la culture **à** partir de l'estimation directe de son **état** hydrique ou de son activité biophysique et biochimique. Une opération de recherche a **été** ainsi acceptée dans le cadre d'un nouveau projet financé par **STD2/CCE** intégrant **à** la fois des recherches en **sélection** et en agronomie de l'arachide irriguée. L'identification des sites et la définition des protocoles a été **finalisée** et les premiers essais seront mis en place au début de l'**année** 1991.

V. ADAPTATION A LA SECHERESSE ET MODELISATION.

1. Modélisation de la sécheresse agronomique.

Afin de faciliter la **diffusion** et la vulgarisation des acquis dans le domaine de la physiologie de l'adaptation à la sécheresse une action de **modélisation** des résultats disponibles a **été initiée** en 1990. La première étape a consisté à simuler à l'échelle **journalière** les besoins en **eau** et le développement de l'arachide **afin** de définir **précisément** le type de sécheresse agronomique rencontrée par cette **espèce**. Le **modèle développé**, ARABHY (Arachide Bilan Hydrique) prend en compte les **réactions** de la plante vis à vis de la sécheresse afin de **déterminer** ses besoins en eau et de vérifier leur taux de satisfaction. Il a **été** développé en collaboration avec Madiagne DIAGNE (SWBXO) et a fait l'objet de deux articles à **paraître** dans OLEAGINEUX. Il a permis de procéder à une **réévaluation** des types de sécheresse agronomiques rencontrées par l'arachide au Sénégal à partir de la détermination de la durées des cycles satisfaits ainsi que de la date et l'intensité des périodes de sécheresse en cours de cycle. Cette étude a Cd conduite sur les principaux types **variétaux** vulgarisés au Sénégal distingués en fonction de leur longueur de cycle, leur port, leur **développement** végétatif et racinaire. Ce **modèle a été conçu** de façon didactique afin de faciliter l'**intégration** de données d'origine diverse. Il est **prévu** en 1991 de lui adjoindre une interface interactive afin de faciliter son utilisation.

2. Modélisation du développement agronomique de l'arachide.

Depuis 1984 un essai de semis **décalé** de l'arachide sert de référentiel au **programme** afin d'affiner les résultats obtenus en conditions **contrôlées**. Ces **données** ont servi au développement d'un nouveau **modèle** permettant de simuler à partir de données climatiques simples le **développement** agronomique d'une variété d'arachide précoce. Les résultats de la simulation ont permis de **décrire** avec une très bonne **précision** le développement d'une culture d'arachide cultivée à Bambey en 1990 (Figure 5). Ce travail a **été** effectué par Messieurs LOUKOUBAR (INDR) et MATHIEU (ENITA Dijon) qui ont **été** accueillis dans le laboratoire en stage de fin d'étude pour une durée de 6 mois. Il a fait l'objet d'un mémoire présenté par les deux stagiaires **pour** l'obtention de diplôme d'ingénieur. La prochaine étape consistera à poursuivre la validation du modèle et à l'associer dans un même outil de diagnostic au modèle ARABHY déjà développé. Il devrait notamment pouvoir être enrichi avec les résultats agronomiques en milieu paysan attendus de l'opération Phytotechnie conduite par **Mr CLOUVEL**.

VI. FORMATION.

Depuis 1988 le laboratoire a entame un programme de **formation de jeunes étudiants** afin de faire face aux éventuels besoins de l'Institut dans le domaine de la physiologie. Deux **étudiants** de l'**INDR**, Mrs **MARONE** et **LOUKOUBAR**, ont **été** ainsi accueillis dans le laboratoire pour une **période** de 6 mois. Le programme de recherche qui leur a **été** confié a **été** très bien mené et leur a permis de rédiger un rapport de fin d'études présenté pour l'obtention de leur diplôme d'ingénieur agronome. Ce programme de formation se poursuivra en 1991 en appuyant notamment ces 2 jeunes ingénieurs dans la réalisation d'un travail universitaire de 3ème cycle.

TABLEAU 1 : NIVEAUX DE REHYDRATATION DE FEUILLES D'ARACHIDE ATTEINTS APRES UNE DESHYDRATATION RAPIDE.

Relations entre le contenu relatif en eau après réhydratation (CRE_{RH}) et le contenu relatif en eau après déshydratation (CRE_{DH}). Les CRE_{DH} à partir desquels les feuilles récupèrent 100 % et 80 % de leur contenu relatif en eau sont aussi mentionnés.

VARIETE	$CRE_{RH} = f(CRE_{DH})$	CRE_{DH}	
		100 % CRE	80% CRE
73-30	$y = 1.009x + 65.219$ $R^2 = 0.717^*$	34.5 a	14.6 a
KH-149A	$y = 1.326x + 48.841$ $R^2 = 0.843^{**}$	38.6 b	23.5 bc
55-437	$y = 0.847x + 61.203$ $R^2 = 0.743^*$	45.8 c	22.2 bc
57-422	$y = 0.609x + 59.958$ $R^2 = 0.937^{**}$	65.7 e	32.9 d
47-16	$y = 0.004x + 54.240$ $R^2 = 0.946^{**}$	45.6 c	25.6 c
PI-1174	$y = 0.831x + 62.945$ $R^2 = 0.709^*$	44.6 c	20.5 b
CHI CO	$y = 1.191x + 52.290$ $R^2 = 0.949^{**}$	40.1 b	23.3 bc
79-40	$y = 0.724x + 61.300$ $R^2 = 0.900^{**}$	53.4 d	25.8 c
69-101	$y = 0.698x + 64.286$ $R^2 = 0.608^*$	51.2 d	22.5 bc

Les valeurs suivies de lettres différentes indiquent des différences significatives entre variétés ($P = 5\%$).

FIGURE 1 : Relation entre le CRE atteint après déshydratation (CRE 1) et le CRE récupéré après 24 heures de réhydratation (CRE 2). La durée maximale de déshydratation est de 12 heures. Pour la clarté du graphique les points ne sont pas indiqués.

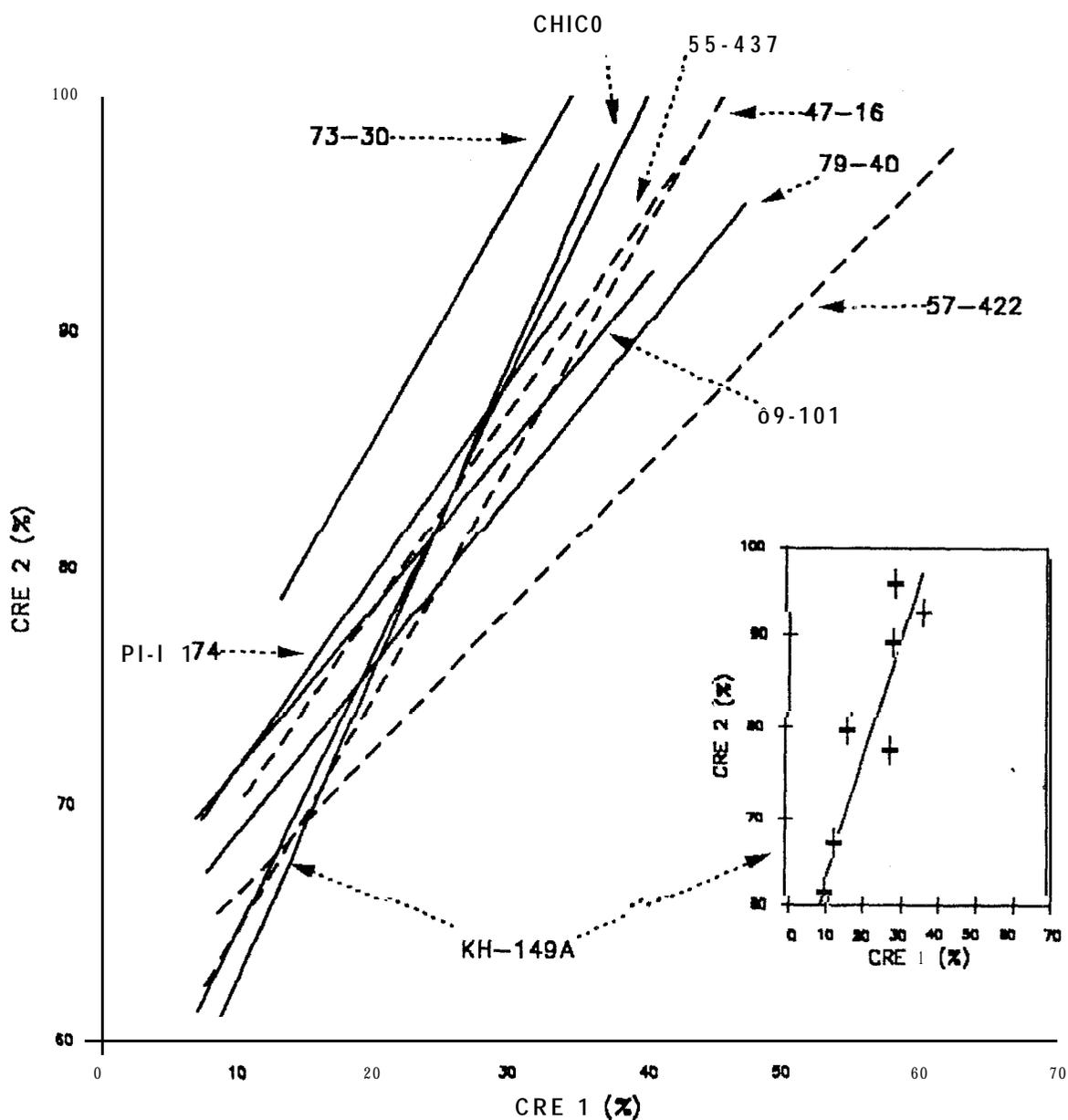
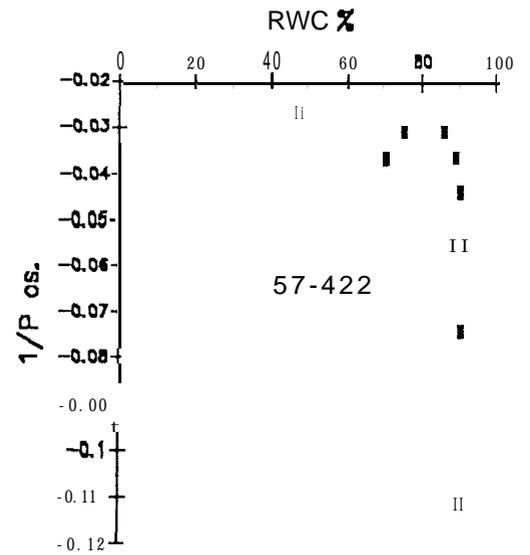
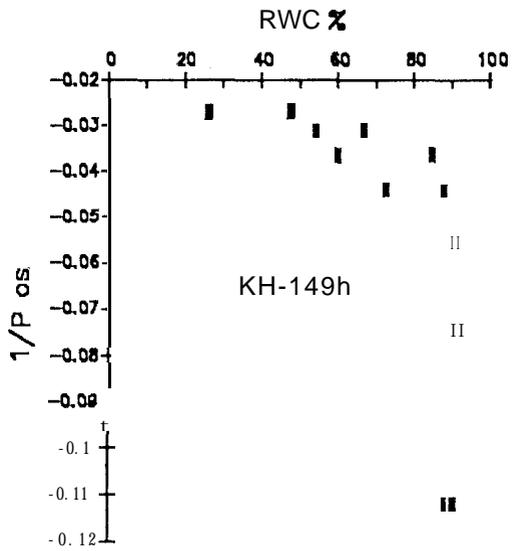
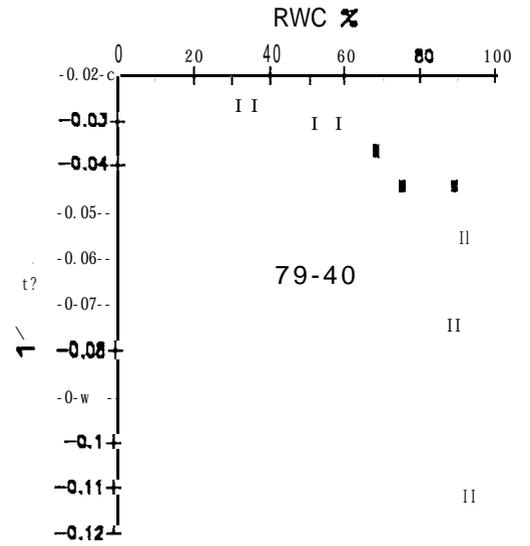
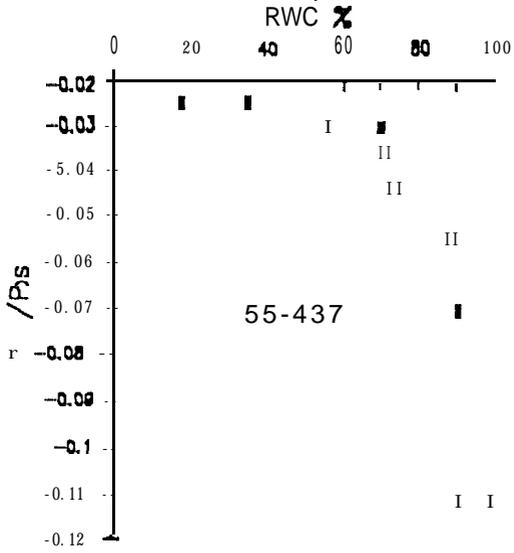
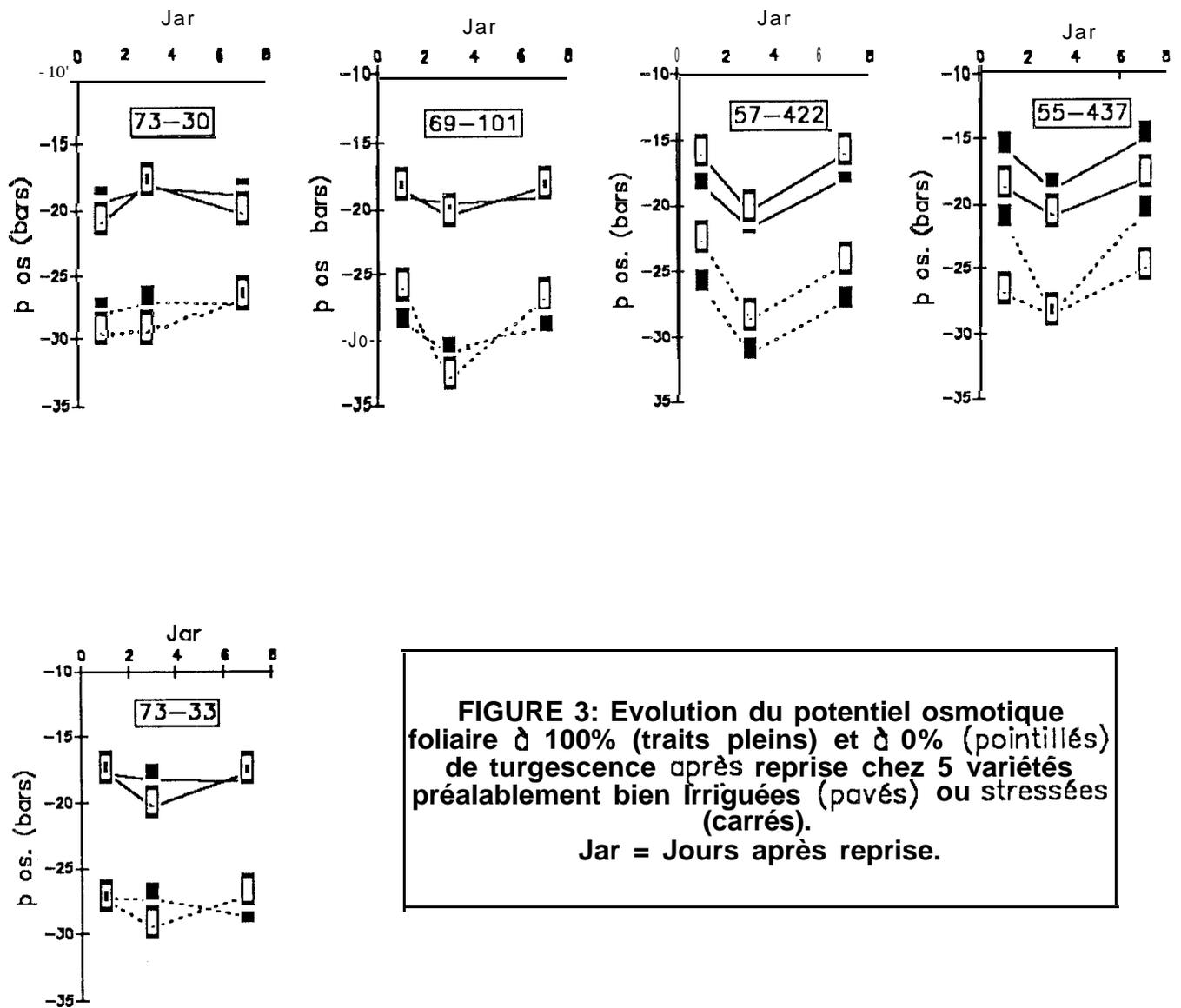


Figure 2: Courbes pression/volume obtenues pour 4 variétés après équilibre de tension de vapeur au-dessus d'une solution de NaCl.





**FIGURE 3: Evolution du potentiel osmotique foliaire à 100% (traits pleins) et à 0% (pointillés) de turgescence après reprise chez 5 variétés préalablement bien irriguées (pavés) ou stressées (carrés).
Jar = Jours après reprise.**

TABLEAU 2
 ESSAI COMPARATIF GC8-35/55-437. BAMBEY 1990
 ANALYSE DE RECOLTE ET DE MATURITE

	RG	RF	NG	NGF	NGNF	NG2	NG1	PGF	PGNF	PG2	PG1	NBT	NBN	NMT	NMN	
55-437	1730	1760	1860	1740	123	1309	429	988	12.4	858.8	153.7	2356	279	390	199	
GC8-35	2010	1780	2010	1810	206	1120	687	983	17.2	757.5	225.3	2545	237	642	394	
F	1.8	0.0	9.4	0.9	4.9	a.0	9.2	1.4	1.4	9.06	20.9	0.2	0.3	14.7	16.8	
	ns	ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	***	ns	ns	**	**	
cv	(%)	16.1	19.3	3.6	6.0	32.2	7.7	21.5	0.6	38.5	5.9	11.7	29.64	42.9	17.9	22.7

Analyse de récolte:

RG: Rdt gousses (kg/ha); RF: Rdt fanes (kg/ha); NC: Nbr gousses/kg; NGF: NG formées; NGNF: NG non formées; NG2: NG à 2 cavités; NG1: NG à 1 cavité; PGF: Poids gousses (PG) formées; PGNF: PG non formées; PG1: à 1 cavité; PG2: PG à 2 cavités.

Analyse de maturité:

NBT: Nbre de bigraines/kg (NB); NBN: NB non mûres; NMT: Nbre de monograines/kg (NH); NMN: NH non mûres.

*, **, ***: Différences entre variétés significatives à 5%, 1% et 1% respectivement; ns: non significatif.

Figure 4: Evaluation pois d'angle.
Rendements en gousses.
Rambeiy 1990

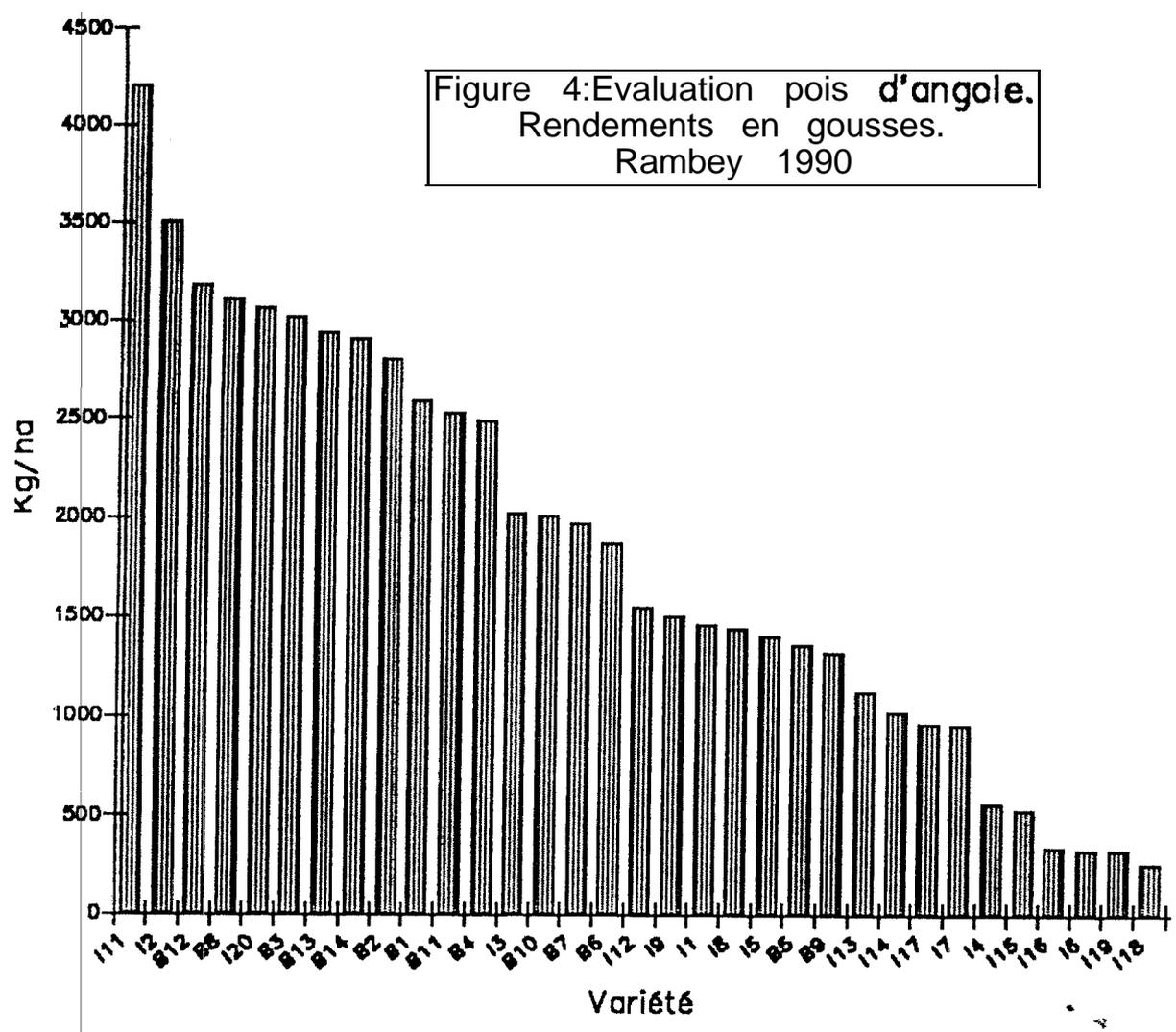


FIGURE 3: Evolution d'un potentiel osmotique foliaire à +00% (traits pleins) et à 0% (pointillés) d'aérogescence après reprise chez 5 variétés préalablement bien irriguées (pavés) ou stressées (carrés). Jar = jours après reprise.

