



PROGRAMME DE RECHERCHE
SUR LA FERTILISATION AZOTEE
DE VARIETES D'ORGE AU MAROC*
(DOCUMENT NO. 2)

J.C. TALINEAU
(DEPARTEMENT D'AGRONOMIE)

Le déficit chronique céréalier du Maroc avoisine deux millions de tonnes chaque année. Au cours des dix dernières années l'accroissement du rendement moyen, actuellement de l'ordre de 12 quintaux à l'hectare, n'a pas atteint 10 %.

A elles seules ces trois données justifient l'attention et les efforts que l'on peut consacrer aux programmes de recherche sur céréales.

Une recherche sur la satisfaction des besoins en éléments nutritifs de ces cultures, en particulier azotés, peut également retenir l'intérêt dans la mesure où l'on dispose et/ou l'on va disposer très prochainement de variétés performantes permettant d'espérer de sensibles gains de rendement.

La proposition est faite de commencer à travailler sur des variétés d'orge, en particulier courtes et demi-naines en provenance de Californie, afin de mettre à profit et de valoriser les importants travaux de sélection et les échanges de matériel végétal réalisés entre l'ICARDA (Syrie) et le CIMMYT (Mexique) d'une part et le Département d'Amélioration des Plantes de l'Institut d'autre part.

L'orge est en fait la céréale dont la culture est la plus répandue au Maroc. Que l'on se rende bien compte que toute amélioration de productivité pour cette espèce devrait se traduire par une libération de surfaces au profit d'autres cultures en particulier le blé.

* Ce document fait suite au précédent "Elements de réflexion pour la mise au point d'un programme de recherche sur la fertilisation azotée des céréales au Maroc" et essaie de tenir compte des critiques formulées. Je remercie très sincèrement les auteurs de ces dernières.

O.R.S.T.O.M.
Fonds Documentaire

N° : 02704 ex 1

Cote B

Date 5 JUI MARC 1960

Ce travail entre dans le cadre général de la recherche sur l'amélioration du potentiel céréalier du Maroc avec un objectif spécifique qui est celui de la formation d'étudiants. Nous ne rejettons pas l'idée de l'étendre progressivement aux nouvelles variétés de blé dur et de blé tendre.

Il ne semble pas très utile de reprendre les fondements, précédemment présentés en des termes un peu trop généraux, du programme proposé, mais bien plutôt de le resituer dans l'ensemble des activités du département et surtout d'examiner un peu plus en détail à la fois le protocole expérimental et la nature et le nombre des observations et mesures à entreprendre.

I. PLACE DE CE PROGRAMME AU SEIN DES ACTIVITES DU DEPARTEMENT

Au sein du bloc des productions végétales de l'Institut on a jusqu'à présent consenti de gros efforts de recherche sur blé aussi bien en matière de blé dur que de blé tendre. Ce n'est que très récemment, sous l'impulsion de MM. CADDEL et GALLAGHER, que des travaux d'amélioration des variétés d'orge ont été entrepris et arrivent à porter leurs fruits avec le double handicap suivant.

- La multiplication, production et distribution des semences d'orge améliorées n'est pas organisée au Maroc. Ce point ne relève pas d'une activité de recherche agronomique.

- Bien des insuffisances subsistent dans la connaissance et la maîtrise des modes de conduite technique de ces nouvelles variétés. Il y a là une lacune à combler rapidement.

Mais il faut bien reconnaître que même dans les études sur blé une attitude particulière a prévalu ces dernières années dans la conduite des expérimentations agronomiques à savoir :

- abandon de l'étude de la variabilité génotypique,
- orientation vers l'analyse approfondie de mécanismes soit de développement, soit de nutrition azotée et cela sur une longue durée.

Ce dernier aspect trouve sa justification dans la nécessité devant laquelle se trouvent bien des enseignants de devoir soutenir une thèse dont le contenu, au moins dans l'esprit d'une majeure partie de responsables universitaires français, doit faire

preuve d'originalité et enrichir les connaissances dans des domaines connexes de l'agronomie tels la physiologie végétale ou la science du sol. Ce faisant on perd souvent de vue le caractère synthétique de la démarche agronomique et surtout la finalité de son action à savoir l'optimisation des interventions de l'homme sur un champ cultivé en vue d'un accroissement de production.

Nous estimons qu'il est possible par une réflexion appropriée d'imaginer des dispositifs expérimentaux et de concevoir une démarche d'observation qui satisfasse, d'une part des objectifs agronomiques, c'est-à-dire permette l'obtention de résultats attendus en priorité et directement vulgarisables sur le terrain, et d'autre part des objectifs d'accroissement de connaissances un peu plus théoriques dans des disciplines scientifiques que certains appellent fondamentales.

En tant qu'agronome nous pensons qu'il est de notre devoir de toujours privilégier le premier de ces objectifs.

II. PRESENTATION DU THEME DE RECHERCHE - CONDUITE DES OBSERVATIONS ET MESURES

La finalité de cette recherche est de contribuer à la mise au point des techniques culturales des quelques variétés d'orge reconnues comme étant les plus prometteuses dans les essais de sélection.

Partant du fait qu'au Maroc l'interaction disponibilité en azote X disponibilité hydrique est probablement la plus déterminante sur les rendements, l'étude expérimentale d'une comparaison de variétés soumises à plusieurs doses d'azote sous différents régimes hydriques s'impose d'elle-même.

On testera donc les réponses des cultures à la fertilisation azotée.

- En condition d'alimentation hydrique optimale, c'est-à-dire avec irrigation de complément à une dose à définir mais probablement comparable aux pratiques habituelles en essayant de fixer les autres facteurs techniques - date de semis, peuplement, désherbage - à des niveaux proches des normes considérées actuellement comme optimales - Il est souhaitable de pouvoir réaliser une telle expérimentation dans deux localités offrant des conditions de milieu différenciées.

- En condition d'alimentation pluviale sous deux régimes de pluviosité et plus généralement de milieu réalisés à Sidi Kacem et Tessaout dont les précipitations moyennes annuelles sont respectivement supérieures à 400 mm et inférieures à 300 mm.

Compte-tenu de la variabilité inter-annuelle de ces précipitations il est probable qu'un essai date de semis devra être envisagé ultérieurement.

Dans une telle recherche on peut se fixer deux objectifs.

- Le premier relève de la simple observation et du constat des différences variétales, souvent appréciées au moment de la récolte, conduisant à classer ces dernières. Ces données constituent des références régionales et il est important de les collecter avec beaucoup de précision et un maximum de contrôle sur les conditions dans lesquelles elles sont obtenues.

- Le second consiste à fournir quelques explications sur la variabilité et le déterminisme des niveaux précédemment constatés. Cela exige un autre rythme et une autre précision dans les observations pour tenter de caractériser et d'expliquer la dynamique évolutive et son résultat final en fonction des conditions de milieu et des facteurs techniques testés.

Examinons ces deux objectifs plus en détail.

2.1. Analyse des niveaux de variabilité variétale

Trois études sont envisageables, la première étant prioritaire et indispensable, les autres dépendant du temps et des moyens disponibles.

2.1.1. Potentialités variétales de rendement

L'analyse est réalisable à la fois dans les essais en sec et irrigué compte-tenu du fait que la gamme de variétés testées ne sera pas exactement la même dans les deux expérimentations.

Elle consiste à étudier les composantes du rendement et de l'indice de récolte établissant des relations entre production de paille et de grains.

Le schéma général de l'élaboration du rendement retenu est le suivant :

$$\text{Rendement/m}^2 = \text{Nombre d'épis/m}^2 \times \text{Nombre de grains/épi} \times \text{Poids d'un grain}$$
et chaque composante pourra être discutée.

- Le peuplement épi sera probablement un facteur moins limitant que dans le cas du blé étant donné la capacité de tallage de l'orge et dans la mesure où l'on espère maîtriser le peuplement pied.

- Il sera intéressant de comparer le nombre potentiel de grains, en principe fixé à la fin de la phase végétative, avec le nombre réel réalisé à la récolte et qui va dépendre principalement des conditions d'alimentation hybride et secondairement des conditions énergétiques - rayonnement et température - caractérisant la phase reproductive.

- Le poids d'un grain est en principe une caractéristique variétale très dépendante en particulier du type d'orge, à deux ou à six rangs mais on peut penser à un effet dépressif des fortes doses d'azote.

On pourra bien entendu établir des significations statistiques mais on ne manquera pas d'étudier les courbes de réponse à l'azote et si possible d'essayer de les ajuster à une loi d'expression mathématique.

Enfin l'existence ou non de relations entre ces composantes et le rendement ainsi qu'entre la production de nombre et de masse des organes reproducteurs sera de nature non seulement à expliquer globalement ou non le rendement mais encore à témoigner ou non de la vulnérabilité de l'appareil reproducteur des variétés en révélant des accidents d'origine climatique ou édaphique lors des processus de floraison, fécondation, nouaison et fructification.

2.1.2. Réponses variétales à l'azote

Dépendante à la fois du temps et des moyens de laboratoire disponibles cette étude pourra se limiter à une station d'étude par exemple Tessaout en irrigué et Sidi Kacem en sec et à deux traitements azotés, par exemple dose moyenne et forte.

Il conviendrait de distinguer :

- L'évolution des teneurs en nitrates, en cours de cycle contrôlée par le dosage de l'azote soluble à l'eau au moyen d'une électrode spécifique. La présence de ces nitrates va être liée à la fréquence des pluies et au fractionnement des apports d'azote. On peut penser que la dernière feuille apparue est le lieu du stockage le plus intense et on peut envisager à priori des prélèvements et analyses sur les 4ème, 5ème et 6ème feuille ; ces prélèvements destructifs seront effectués sur une demi-bordure.

- L'accumulation d'azote total et sa partition dans les différents organes paille et grains - Pour approcher l'efficacité de la translocation des assimilats il semble judicieux d'effectuer l'analyse à deux stades végétatifs par exemple en début floraison et à la récolte ; le premier de ces prélèvements également destructif sera réalisé sur une deuxième demi-bordure.

2.1.3. Adaptation variétale à la secheresse

C'est une étude limitée aux essais en sec qui aurait l'énorme intérêt de permettre le calcul du rapport $\frac{ETR}{ETP}$ ou mieux $\frac{ETR}{ETM}$, exprimant l'intensité de la déficience hydrique, et déterminant la production de matière sèche et plus précisément le nombre et la masse des organes fructifères.

Etant donné l'impossibilité de réaliser des prélèvements destructifs il n'y a pas de mise en relation instantanée entre $\frac{ETR}{ETP}$ et la production de biomasse mais seulement différée au moment de la récolte, on cherchera à estimer des paramètres significatifs en cours de végétation comme la LAI, bien que de mesure difficile dans le cas des céréales, ou le pourcentage d'interception foliaire de la lumière plus directement mesurable.

Il ya donc nécessité de connaître ETR c'est-à-dire la fourniture d'eau aux plantes à partir des pluies et du stock d'eau du sol. Le calcul est relativement aisé quand il n'y a pas drainage, cas hautement probable de la station de Tessaout ; il suffit de délimiter une profondeur de sol exploitée par les racines, éventuellement variable selon les variétés et de réaliser un nombre limité de profils hydriques, malheureusement selon la méthode gravimétrique puisque la sonde à neutrons possédée par le département n'est pas fonctionnelle. En conséquence on ne pourra analyser qu'un nombre limité de traitements sachant de plus qu'il faut au moins quatre répétitions pour évaluer le stock d'eau d'une parcelle.

On peut discuter d'un nombre minimal de profils à réaliser. Outre le profil de départ au moment de la levée il paraît important d'encadrer la réalisation de certains processus physiologiques montrant une sensibilité particulière au déficit hydrique. La phase végétative dont on peut situer la fin au début de l'élongation de la tige du brin-maître, réalisée à 50 %, ne semble pas particulièrement sensible aux conditions hydriques. Par contre les phases suivantes voyant la différenciation des épillets puis leur floraison-fécondation-nouaison enfin leur fructification-maturation doivent être caractérisées par un rapport $\frac{ETR}{ETP}$. En résumé on peut se fixer cinq relevés correspondant aux stades visuels suivants:

- Levée,
- début élongation de la tige du brin-maître,
- fin du gonflement, l'épi fendant la gaine,

- floraison complète, formation des grains,
- grains mûrs.

2.2. Analyse du déterminisme de la variabilité

Il serait trop ambitieux de vouloir donner des explications à toute variabilité. Il semble raisonnable dans une première étape de donner plus d'importance à l'étude du mécanisme du tallage herbacé et épi comme cela avait été amorcé dans le premier document.

Etant donné le volume matériel, probablement imposant, des observations et mesures et le niveau de précision attendu, il vaut mieux limiter à priori la gamme de variabilité en retenant par exemple :

- Deux ou quatre variétés incluant les caractères demi-nanisme, hauteur normale, type deux et six rangs, ou encore précocité différentielle,
- les seuls essais irrigués,
- deux doses d'azote, moyenne et forte.

L'ensemble de la phase végétative et de début de la phase reproductive jusqu'à la fin de l'épiaison devront faire l'objet d'une attention soutenue.

2.2.1 La levée

Ce n'est pas l'objet de l'étude puisque l'on se fixe à priori la peuplement pied et que l'on mettra tout en oeuvre pour obtenir un nombre de plantules fixé à l'avance. Néanmoins, il est probable qu'une certaine hétérogénéité apparaîtra et devra être caractérisée, en termes d'occupation de l'espace sur la ligne par exemple, afin d'apprécier son incidence sur le déroulement des processus ultérieurs de développement.

Il apparaît toutefois utile de réaliser un essai préliminaire de germination in vitro qui, outre la connaissance d'un taux de germination, permettra d'apprécier la vigueur de croissance juvénile - longueur du coléoptile - des différentes variétés. La sélection ayant le plus souvent abouti à ne retenir que des variétés à grosses graines, et la variabilité de ce paramètre étant faible, il semble douteux d'espérer des différences notables fonction de ce paramètre.

2.2.2 Les phases tallage herbacé et épiaison

Le premier objectif est d'être en mesure de repérer et de noter la réalisation des principaux stades allant du début tallage à la fin de l'épiaison.

Etant donné l'éloignement des stations de recherche retenues et le manque de moyens d'observation perfectionnés sur place on se limitera au repérage visuel de stades de développement fondé sur l'extériorisation d'un phénomène de croissance. Toutefois, mettant à profit un essai "pour voir" sur les effets du CCC, installé à Rabat (cf. paragraphe suivant), il est envisageable de préciser des états de différenciation de l'apex du brin-maître et de mettre ces états en relation avec les observations macroscopiques précédentes.

Le rapprochement du déroulement de cette phase végétative avec les conditions de photopériode et de température ne sera que grossier étant donné l'ignorance quasi totale dans laquelle nous nous trouvons vis-à-vis des exigences variétales. Néanmoins, disposant de trois stations d'observations, on peut penser, sur quelques variétés, apporter un début de quantification de la précocité en termes de réaction à certains facteurs du milieu.

Il s'agit dans un deuxième temps de mesurer la croissance végétative afin d'expliquer au mieux l'aboutissement au peuplement épi. Tout n'est pas théorique dans cette étude ne serait-ce que si l'on pouvait par exemple permettre de raisonner le choix entre des variétés à fort tallage mais régressant beaucoup et des variétés à faible tallage mais régressant peu en déterminant les véritables causes de cette régression et leurs poids respectifs.

On pourra ainsi mesurer ^{sur} une distance d'un mètre linéaire par parcelle.

- Le nombre de talles par pied selon une fréquence de l'ordre de 15 jours,
- Les hauteurs des talles au niveau de la ligule de la dernière feuille visible à certains stades caractéristiques comme le début ou la fin du gonflement; plus que la valeur moyenne c'est plutôt la répartition en classes de hauteur associées à l'âge physiologique des talles qui doit retenir l'attention,
- La surface foliaire des trois dernières feuilles, en principe les numéros 5, 6 et 7 au moment où cette dernière atteint son développement total,
- La hauteur de l'insertion de l'épi en fin d'épiaison.

III. PRECISIONS SUR LES PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

Le but est ici de compléter le précédent document en apportant des détails techniques sur la conduite des expérimentations.

3.1. Essais de Sidi Kacem et Tessaout

Le principe de subdivision en deux sous-essais, l'un en sec, l'autre en irrigué, ainsi que la réalisation de quatre répétitions avec regroupement préalable des niveaux de fertilisation sont toujours retenus.

Choix des variétés

On trouvera en page ci-jointe les principaux renseignements sur les variétés retenues concernant leur origine, morphologie, résistance aux maladies et précocité.

Réalisation du peuplement

Afin d'assurer la plus grande homogénéité possible de la levée et compte-tenu des différences variétales on ne choisit pas une quantité de semences à l'hectare mais un nombre de graines par parcelle, identique pour toutes les variétés. Le peuplement souhaité est de 350 pieds par m² en irrigué et 250 pieds en sec.

Dans toute la mesure du possible le semis sera réalisé manuellement.

Conduite de l'irrigation

C'est un problème délicat dans la mesure où la quantité apportée n'est connue que très approximativement. De plus à Sidi Kacem on sera peut-être contraint d'utiliser l'irrigation par aspersion ce qui nous conduit à redouter une forte hétérogénéité de l'arrosage. Enfin en raison de pertes plus élevées et de doses instantanées probablement plus faibles les irrigations y seront plus fréquentes qu'à Tessaout.

Pour le mode de conduite de cette irrigation on se fondera sur les principes suivants :

- On obtiendra la levée à l'irrigation si les précipitations sont inférieures à 30 mm dans les quinze jours suivant le semis.

- Il n'y aura pas d'irrigation pendant la phase végétative de début de cycle sauf sécheresse caractérisée.

- On irriguera au stade début montaison puis début gonflement, enfin début ou mi-floraison et en tout cas, aussitôt après les apports d'engrais. On peut fixer à priori une dose de 80 à 60 mm, compte-tenu des précipitations, à chacune de ces irrigations dans le cas de la station de Tessaout.

NOMENCLATURE ET CARACTERISTIQUES DES VARIETES RETENUES (Tableau rédigé par L. GALLAGHER)

	Origine	Type (nb. de rangs)	Morphologie	Verse	Résistances ! virus de jaun. nanisante	Cidium	Précocité et autres caractéristiques
EN IRRIGUE							
GENOTYPE							
* Arig 8 (905)	Italie	6	Haute(H)	Sensible (S)	S	MS	mi-tardive
UC 75058 (Prato Sib)	Californie	6	Courte(C)	Moy.résist.(MR)	R	S	mi-tardive
UC 77095 (Su/Nu ³) MRNu	"	6	C	MR	R	S	"
UC 76227 (Su ² /Nu)	"	6	C	MR	R	S	"
NK 1412 (Kombyne 25 kr 17)	"	6	demi-naine(DN)	MR	R	S	" ,Harvest index et fertilité élevés
NK 1415 (md/Br/3/Exp. 214)	"	6	DN	MR	R	S	mi-tardive, fort tallage
NK 84 (md/At1/Arv/3/Br)	"	6	DN	MR	R	S	mi-tardive
NK 1311 (md/2br/3/Cm 67)	"	6	DN	MR	R	S	" ,MS et poids de gr.
NK 38 (Sma1)	"	6	C	MR	R	S	élevés mi-tardive
Minnroc 79-36 (M23/Cong//Prong)	Maroc	6	DN	MR	S	S	mi-tardive
* Orge 4	Angleterre	2	DM	MR	S	R	tardive
* Masurka	Pays-Bas	2	DM	Très résist.	MR	R	tardive
EN SEC							
* Arig 8 (905)	Italie	6	H	S	S	S	mi-tardive, adaptée
UC 75058 (Prato Sib)	Californie	6	C	MR	R	S	mi-tardive
CM 67 EB 89.8.155xCM 67 U Sas K 1800	CIMMYT	6	C	-	-	S	Assez précoce
CM 67-11016.2	"	6	C	-	MR	S	Précoce
CM 67xDS ² Apro(CM67/AproxSVO2109-Ma.ri)	"	6	C	-	-	S	mi-tardive
Ba1 16 CM 67xBco Mrt D3 02.391	"	6	C	-	S	S	précoce; feuilles très dressées
NK 1467 (Prim/Sma)	Californie	6	Moyenne(M)	MS	R	S	très précoce
NK 1272 (13911/Nu/Sma)	"	6	"	MS	R	S	Assez précoce
Ahor 880/6	Inde	6	H	S	S	S	précoce
Minnroc 75-46 (Bce Mrt/Esp.)	Maroc	6	M	S	S	-	Précoce
* Orge 1701 (Minnroc/Espérance/Br Maroc)	Maroc	2	M	S	S	R	Très précoce, résiste à la rouille brune
: err							
* 42-2	Maroc (?)	2	M	S	S	R	Mi-tardive, résiste à la sécheresse
* Orge 1	Angleterre	2	M	S	S	R	Mi-tardive, rendement élevé
* Orge 19	Maroc	6	M	S	S	S	Mi-tardive

* - Variétés susceptibles d'être multipliées et vulgarisées à court terme

- - Absence de renseignements

Apports d'engrais

Fumure de fonds

L'apport de phosphore et de potassium se fera avant le travail du sol et le semis sur l'ensemble des parcelles aux doses suivantes :

En sec : 50 unités de P_2O_5 à l'hectare, 100 unités de K_2O à l'hectare

En irrigué : 100 unités de P_2O_5 à l'hectare, 200 unités de K_2O à l'hectare

Fertilisation azotée

Les apports se feront sous forme d'ammonitrate. Les doses retenues et les conditions du fractionnement sont les suivantes :

En sec : Sidi Kacem : 0-30-60-120 unités à l'hectare fractionnées en deux fois : moitié avec l'engrais de fonds, moitié au stade début montaison à l'apparition du 2ème entre-noeud du brin-maître par exemple.

Tessaout : 0-30-60-120 unités à l'hectare apportées en une seule fois avec l'engrais de fonds en raison du risque quasi nul de lessivage.

En irrigué : 0-120-240-360 unités à l'hectare fractionnées en trois apports : 1/3 avant travail du sol, 1/3 au stade début montaison, 1/3 au stade début gonflement.

En raison de la variabilité variétale de la réalisation des stades on se fondera sur le comportement de la variété la plus précoce pour déclencher les interventions. En tout état de cause il serait prudent de ne pas dépasser la date du 15 janvier pour le deuxième fractionnement et celle du 1er mars pour le troisième.

En résumé les diverses interventions techniques concernant l'irrigation et la fertilisation figurent dans le tableau ci-dessous.

TRAITEMENTS

Station	Régime hydrique	Semis	Levée	Phase Végétative	Début Montaison	Début gonflement	Début floraison	fin
Sidi Kacem	Sec	1/2 engrais			1/2 engrais			
	Irrigué	1/3 engrais	Irrigation si pluies faibles	Pas d'irrigation sauf sécheresse	1/3 Engrais Irrigation	1/3 Engrais Irrigation	Irri-ga-tion	Irri-ga-tion
Tessaout	Sec	Engrais						
	Irrigué	1/3 engrais	Irrigation si pluies faibles	Pas d'irrigation sauf sécheresse	1/3 Engrais Irrigation	1/3 Engrais Irrigation	Irri-ga-tion	Irri-ga-tion éventuel-lement

Protection phytosanitaire

Deux protections particulières sont prévues, la première contre l'oïdium dès la manifestation des premiers symptômes, la deuxième contre les attaques de pucerons qui devront être étroitement surveillées.

3.2 Essai de Rabat

Cette tentative a des objectifs tout à fait limités puisqu'elle consiste à se rendre compte d'éventuels effets de l'application d'un régulateur de croissance, en l'occurrence du CCC, à la dose de 1,5 litre à l'hectare appliqué en une fois au moment de l'apparition du 1er nœud.

Cet essai présentera en outre l'avantage d'offrir du matériel végétal observable avec précision dans de bonnes conditions puisque situé à proximité du laboratoire et permettant la mise au point de tests analytiques de laboratoire comme le dosage des nitrates.

On prévoit de tester deux variétés, à paille courte et longue et de précocité comparable, figurant dans les précédents essais qui seront traitées et non avec un régulateur de croissance en réalisant cinq répétitions dont l'une pourra faire l'objet de

prélèvements de pieds en cours de cycle végétatif.

La conduite de cet essai sera conforme à celle retenue en condition irriguée à Sidi Kacem par exemple en choisissant la dose de fertilisation azotée de 240 unités à l'hectare.

Les mesures et l'analyse porteront sur les composantes du rendement auxquelles on adjoindra la hauteur d'insertion de l'épi.