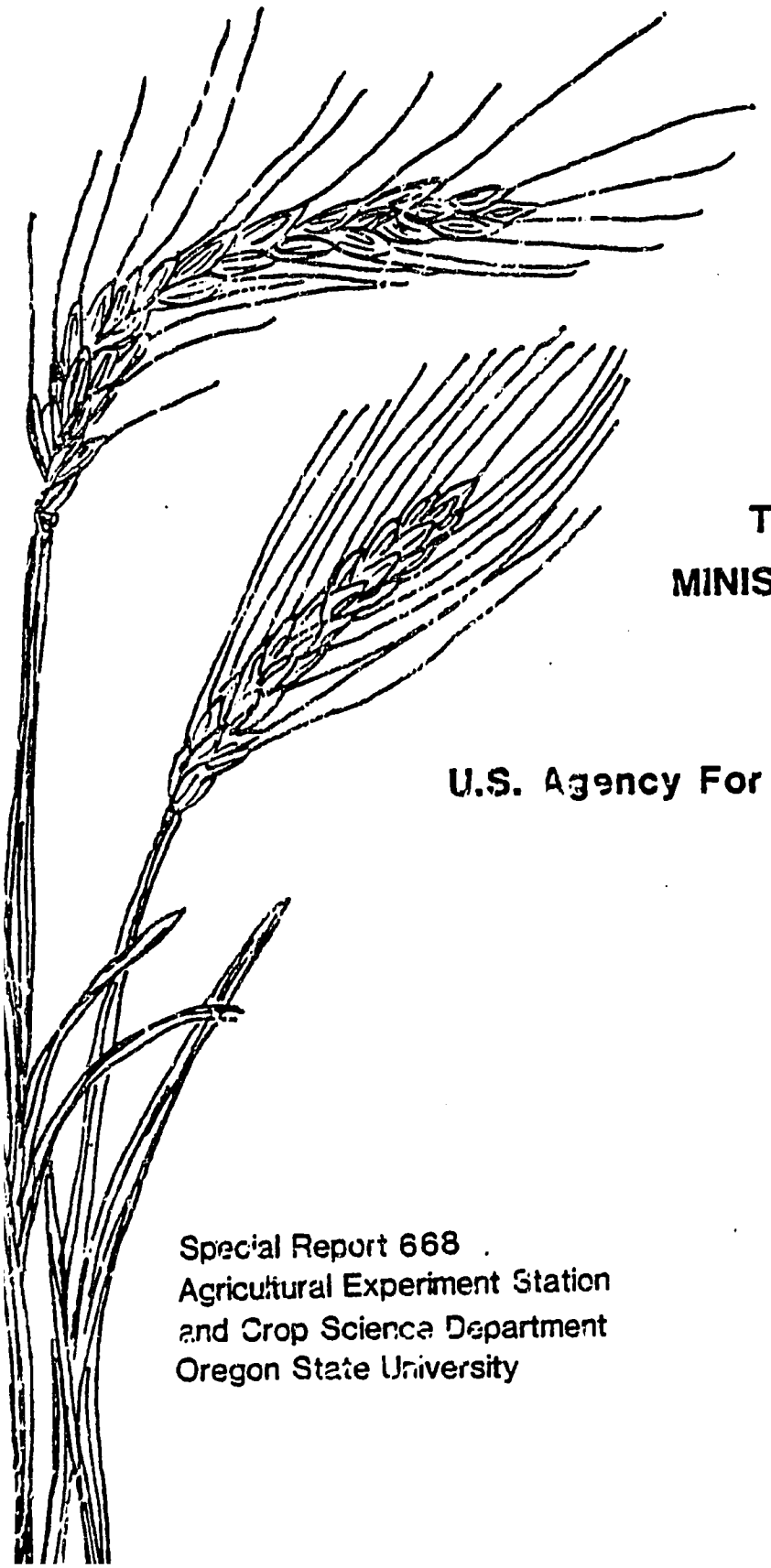
PN-AAQ-983

5

TUNISIA CEREAL BREEDING AND PRODUCTION SYMPOSIUM



TUNIS, TUNISIA

APRIL 12-16, 1982

TUNISIA REPUBLIC
MINISTRY OF AGRICULTURE

U.S. Agency For International Development
CONTRACT AID/ta-c-1352

Special Report 668
Agricultural Experiment Station
and Crop Science Department
Oregon State University

PN AA 0 983
IAN 36495

REUNION TECHNIQUE SUR L'AMÉLIORATION DES CÉRÉALES

12 - 16 AVRIL, 1982

ORGANISÉE PAR

l'Institut National Agronomique de Tunisie

l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie

l'Office de Céréales de Tunisie

l'Ecole Supérieure d'Agriculture d'El Kef

et l'Université de l'Etat d'Oregon

LOCALITE

l'Institut National Agronomique de Tunisie
El Menzah, Tunis, Tunisie

Les comptes rendus sont presentes dans deux sections, distinctes, la section francais apparant en premier sur papier blanc suivie de l' anglais sur papier bleu.

The proceedings are presented in two distinct sections, the French appearing first on white paper and the English second on blue paper.

PRÉFACE

Le programme international de l' amélioration du blé printemps x hiver localisé à l' Oregon State University (OSU), financé par l' agence U.S. pour le developpement international (USAID) et étroitement lié au centre international de l' amélioration du maïs et du blé (CIMMYT) coopère actuellement avec environ 130 programmes dans 54 pays

Les 3 principaux objectifs de ce programme sont: 1) la création et la distribution du germplasme blé d' hiver agronomiquement superieur, 2) la formation de jeunes chercheurs dévoués, et 3) le développement de symposiums nationaux où tous les aspects de l' augmentation de la porduction céréalière seraient analysés pour chaque pays particulier. Une association étroite entre les chercheurs, les étudiants et les administrateurs de l' OSU et de la Tunisie a conduit au choix de Tunis, Tunisie pour le symposium céréales tenu du 12 au 16 Avril, 1982.

L' accord de 1967 entre l' USAID et le Ministère Tunisien de l' Agriculture a prévu des bourses d' études pour la formation d' étudiants tunisiens en vue de l' obtention des diplomes M.S. et Ph.D. au niveau des états unis. Conjointement avec le financement de l' USAID pour la formation, un programme accéléré d' amélioration des céréales a été initié en Tunisie en 1968 entre le CIMMYT et le Ministère Tunisien de l' Agriculture. Le financement de ce programme était assuré par l' USAID et la Fondation Ford. De jeunes chercheurs dévoués ont été séléctionnés et envoyés pour la formation dans le programme céréales de l' OSU au cours de l' année 1969. Ceci a permis l' establissement de relations entre les chercheurs des instituts de recherche.

En Tunisie, la production céréalière est principalement consacrée au type blé de printemps et d' orge semés en automne, cependant, le tiers ouest du pays, adjacent à la frontière algerienne, experience occasionnellement des températures basses et de gelées printanières tardives; necessitant ainsi des types de cultivars semi-hiver ou alternatifs. Des lignées améliorées de ce type, résultant des croisements hiver x printemps développés a l' OSU, ont été envoyées à la Tunisie au cours des douze dernières années sous forme de génération précoce de populations en ségrégation, de pépinières d'

observations et plus recemment, d' essais de rendements. Les chercheurs tunisiens ont évaluéle germplasme au niveau des differents lieux à l' Ouest et au centre de la Tunisie et plusieurs cultivars prometteurs sont en essais de rendements avancés pour leur cession comme variétés.

Ce symposium a été organisé en commun avec le Dr. A. Daaloul, directeur du departement agronomie de l' Institut National de l' Agriculture Tunisien (I.N.A.T.). Le Dr. Daaloul a obtenu les diplomes de M.S. de Ph.D. à l' OSU en tant que membre du programme de l' amélioration des céréales. Il a non seulement participé physiquement à la conduite de la recherche céréalière mais a également eu un aperçu global sur le développement international et l' échange de germplasme. Dr. Daaloul et ses collègues de l' INAT sont à féliciter pour l' excellente organisation des réunions. Notre appréciation va également à Mr. Amor Yahiaoui pour l' organisation et la coordination des reunions au cours des tournées de champs.

Il y avait environ 50 participants au cours des sessions ordinaires, representants les differentes agences intégrées dans la recherche et la production céréalière. La liste des agences présentes et des chercheurs contribuant aux présentations est incluse. Les deux jours de tournées aux champs à travers Beja, Bou Salem, Kef, Jendouba, Sbietha, Pont Fahs et le retour à Tunis ont été trés instructifs et ont permis une discussion approfondie entre les participants.

Les manuscrits de toutes les présentations, a l' exception de deux, sont inclus en anglais et en francais. Les comptes rendus sont presentés dans deux sections distinctes, la section francais apparant en premier sur papier blanc suivie de l' anglais sur papier bleu

Le symposium a été apprécié par tous les participants et ont tous conclus que les objectifs fixés ont été atteints: exchanges d' informations, coordination des programmes nationaux des céréales, et ouverture des futures voies de communications dans et entre les programmes internes et externes d' amélioration céréalière. Nous avons été satisfaits d' avoir eu parmi nous trois membres représentant l' USAID, agence de financement de l' OSU pour le programme international des céréales.

Les recommandations découlant de ce symposium ont été discutées avec les administrateurs concernés et sont incluses dans les comptes rendus.

ORGANISMES

D.E.R.V.	Direction de la Formation de la Recherche et de la Vulgarisation
I.N.A.T.	l'Institut National Agronomique de Tunisie
I.N.R.A.T.	l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie
E.S.A.K.	l'Ecole Supérieure d'Agriculture d' El Kef
O.C.-M.O.A.	l'Office de Céréales de Tunisie Ministère Tunisien de l'Agriculture
O.S.U.	l'Universite de l'Etat d'Oregon
U. of N.	l'Universite de d'Nebraska
U.S.A.I.D./T.	l'Agence U.S. Pour le Developpement International/Tunisie
U.S.A.I.D./W.	l'Agence U.S. Pour le Developpement International/Washington D.C.

OBJECTIFS DU SYMPOSIUM

1. Revoir les differents aspects de la recherche en relation avec l' amélioration et la production y compris les activites de vulgarisation associes avec la production de blé et d' orge en Tunisie.

2. Promouvoir l' effort coordonné de coopération et de support entre les differents organismes nationaux travaillant sur les divers aspects relatifs au ble et à l' orge.

3. Renforcer les aspects de cooperation avec le programme d' amélioration du blé Hiver x Printemps de l' OSU-USAID, la mission locale de l' USAID et les institutions du Ministere Tunisien de l' Agriculture (MOA) pour l' amélioration mutuelle de la production céréalière sur les zones céréalières et notamment sur les regions Ouest et Centre de Tunisie.

4. Encourager la selection et la formation d' un personnel qualifié de recherche et de vulgarisation. Formation de courte durée et formation post universitaire.

TABLE DES MATIERES

	Page
Preface	1
Organismes	4
Objectifs du symposium	5

Cérémonie d' ouverture

Discours de bienvenue: Directeur A. Jerraya, INAT

1 E E SESSION

LA CEREALICULTURE EN TUNISIE ET EN OREGON

President: A. Jerraya, INAT

Production céréaliere en Tunisie
M.L. Mouafak, l'Office de Céréales de Tunisie
(article non parvenue a temps pour la publication)

Production et recherche en Oregon — 9
W. L. McCuistion, Oregon State University

2 EME SESSION

AMELIORATION VARIETALE

Président: H. Ketata, INAT

Techniques de selection dans l'amélioration des céréales — 16
W. E. Kronstad, Oregon State University

Methodes de selection et d'analyse de données utilisées en Tunisie
A. Daaloul et H. Ketata, INAT (article non parvenue a temps pour la publication)

Amelioration du blé pour les zones subhumides — 26
M. Deghais et A. R. Maamouri, INRAT

3 EME SESSION

PROGRAMME D'AMELIORATION EN TUNISIE

Président: W. E. Kronstad, Oregon State University

Objectifs et techniques d'amelioration pour les zones semi-arides — 39
A. Yahyaoui, L'Ecole Superieure d'Agriculture d'El Kef

Technologie des céréales — 50
Ben Salem, INAT

Programme d'orge de l'INRAT — 62
M. El Falah, INRAT et El Ahmed, ICARDA

4 EME SESSION

MULTIPLICATION DES SEMENCES

Président: Z. Rhouma, E.S.A. du Kef

Multiplication, certification et vulgarisation des nouvelles variétés — 68
D. Brewer, Oregon State University

Page

Multiplication et production de semences en Tunisie 75
M. El Ghanmi, l'Office de Cereales de Tunisie

5 EME SESSION

FORMATION ET COOPERATION

Président: A. Yahyaoui, E.S.A. de Kef

Le programme de formation de l'Oregon 78
W. E. Kronstad, Oregon State University

Programme l'amélioration des blés hiver X printemps 82
W. L. McCuistion, Oregon State University

Recherches et travaux de 3e cycle relatifs a l'amélioration des céréales de l'I.N.A.T. 86
H. Ketata & A. Daaloul, INAT

6 EME SESSION

ASSOLEMENTS ET TECHNIQUES CULTURALES

Président: W. L. McCuistion, Oregon State University

Techniques de production céréales en conditions semi-arides 91
F. Bolton, Oregon State University

Desherbage des céréales en Tunisie 124
L. Ettounis, l'Office de Cereales de Tunisie

Techniques de desherbage 138
A. Appleby, Oregon State University

Fertilité des sols 144
D. M. Glenn, Oregon State University

7 EME SESSION

ASSOLEMENTS ET TECHNIQUES CULTURALES (suite)

Président: H. Halila, INRAT

Fertilisation des céréales en Tunisie 158
S. Rezgui, l'Office de Céréales de Tunisie

Aspects fondamentaux de l'assolement medicago-blé 167
A. Dahmane, INAT

Experimentation medicago-blé 179
A. Haddad, l'Office de Cereales de Tunisie

8 EME SESSION

VULGARISATION ET ASPECTS ECONOMIQUES

Président: D. Brewer, Oregon State University

Actions menées pour la promotion du secteur céréalier 190
A. Godbane, l'Office de Céréales de Tunisie

Aspects économiques 195
M. Ben-Sania, Economiste en agriculture recemment de retour de formation aux U.S.A.

Page

9 EME SESSION

CONCULSIONS ET RECOMMANDATIONS

Présidents: W. E. Kronstad et A. Daaloul

Résumé des conclusions et recommandations 198

VISITES

Résumé des lieux visités 201

FINAL SESSION

Résumé final des participants internationaux au symposium 203

LA RECHERCHE ET LA PRODUCTION EN OREGON

Willis L. McCuistion

L'état d'Oregon se situe à l'extrême Nord Ouest des Etats Unis, limité à l'Ouest par l'Ocean Pacifique, au Nord par l'état de Washington, à l'est par l'état de l'Idaho et au sud par l'état de la Californie.

Il y a trois instituts majeurs de l'éducation supérieure au niveau de l'état: Portland State University à Portland, Oregon; Oregon State University à Corvallis; et University of Oregon à Eugene.

Oregon State University est située à l'extreme Nordouest de l'état d'Oregon à soixante dix miles à l'est de l'Océan Pacifique et à environ 50 miles à l'ouest de la chaine de montagnes élevées (Cascades). Située à Corvallis, Oregon, l'université est un institut de recherche, d'enseignement et de vulgarisation. L'effectif total s'élève à 17.460 etudiants (y compris les étudiants en post graduation) qui sont repartis dans 14 chaires. La chaire d'agriculture comprend 1357 étudiants repartis dans 12 departements et le departement des sciences agronomiques qui abrite le programme des céréales comprend 114 etudiants dont 48 en post-graduation.

La production de produits agricoles constitue une source majeure de revenus pour l'état de l'Oregon. Les trois chaines de montagnes traversant l'état du Nord au Sud contribuent à diversifier les zones climatiques, et par voie de consequence, à diversifier lesproduits agricoles.

Anterieurement, les produits forestiers constituaient la plus importante source de revenus. Cependant, actuellement la production et la vente des produits agricoles dépassent les produits forestiers.

L'importance de l'agriculture dans l'économie de l'Oregon peut être vue dans le tableau suivant, qui indique la valeur des ventes en millions de dollars, pour des années choisies entre 1964 et 1981.

Produits Agricoles de l'Oregon
Valeur des Ventes (Millions de Dollars)

1963	1967	1971	1974	1978	1981
$418,8	523,3	587,5	1,000,6	1.285,0	1.760,0

Les 1.760 millions de dollars des ventes agricoles brutes de l'état en 1981 se repartissent en: 1.148 millions de dollars provenant des differentes cultures et 612 millions de dollars provenant de l'élevage.

Plus de 170 produits agricoles sont produits au niveau de l'état. Il y a 85 produits agricoles principaux qui représentent un revenu agricole brut de plus de 1 million de dollars et un nombre égal de cultures en pépinière ou en serre avec un revenu global moindre. En ce qui concorne les cultures comestibles, les céréales sont de loin la plus importante source de revenus, avec 345, 2 millions de dollars, et le blé est la principale culture céréalière de la zone. Le tableau suivant fait état de la production globale:

Espece	Superficie Recoltée (ha)	Rendement kg/ha	P^{n} Totale (tonnes)	Revenus Bruts Millions de $
Blé	587.250	4032	2.367.792	302,2
Orge	82.296	2928	240.963	26,6
Avoine	22.692	2839	64.422	8,1
Autres	12.960		57.000	8,3
	708.198		2.730.177	345,2

15% seulement du blé tendre blanc prédominant produit en Orégon est consommé localement, le reste étant destiné pour le marché exterieur.

Au niveau de l'état d'Oregon, il y a plusieurs centres de recherche agricole; cependant la recherche céréalière est limitée à 8 stations experimentales citées dans le tableau 1. Les principaux sites experimentaux sont Sherman County (Norte central Oregon, 200 mm de pluie), Pendleton (Nordest Oregon, 500 mm de pluie) et Corvallis (Ouest central Oregon, 1000 mm de pluie). Les principaux aspects de la recherche et de la production céréalières que l'on aborde dans cet article sont: a) Amélioration et genetique, b) production et techniques culturales, c) protection végétale y compris maladies et mauvaises herbes, d) multiplication et distribution des semences, e) récolte, stockage transport et distribution, f) amélioration de la saveur et des propriétés nutritionnelles des produits finis, et g) service de vulgarisation.

Genetique et selection

La principale activité de recherche céréaliere est effectuee par le secteur public grâce à des fonds provenant de l'état de l'Oregon, de l'USDA (ministère US de l'agriculture), USAID (Aide US pour le developeement international), NSF (Fondation Nationale des Sciences), NIH (Institut National de la Santé), NASA (Administration nationale de l'espace et de l'aeronotique) et les subventions de compétition.

Le germplasme et le developpement varietal enregistrent des progrès dans les blés tendres blancs d'hiver (Soft White Winter Wheats), les blés rouges d'hiver (Hard Red Winter Wheats), les croisements hiver x printemps, l'orge de brasserie, et les grains pour alimentation du bétail comprenant le blé, l'orge, les avoines, les triticales et le sorgho. La superficie et le pourcentage des classes de blé actuellement cultivé en Oregon sont comme suit:

Superficies totales et pourcentage des classes de blé cultivé en Oregon

Classes Commerciales	Hectares	% du total
Tendre blanc	571.336	97,4
Rouge dur d'hiver	13.282	2,2
Rouge dur de printemps	2.632	0,4
Total	487.250	100,0

Production et techniques de Conduite

Un nombre de variétés de blé et d'orge à hauts rendements, développées par le programme de génétique et d'amélioration sont disponibles pour la production. Dans le but de maximiser la production à partir de ces variétés il a été necessaire de conduire une recherche sur les modes de semis ainsi que sur la date, la dose et la profondeur de semis. Le traitement approprié des semences, l'entretien du sol ainsi que les systèmes de cultures sont aussi importants. Pour atteindre des hauts rendements au niveau des zones agricoles les plus importantes, il est necessaire de veiller à l'application opportune des herbicides pour le controle des mauvaises herbes. A cause de la diversite des conditions climatiques prévalant au niveau de l'état, les methodes de récolte et de stockage sont d'une importance capitale pour le maintien de la haute qualité des semences. Des chercheurs qualifiés travaillent sur ces aspects cités et une approche interdisciplinaire a été adoptée pour entreprendre la recherche relative aux divers sujets de céréales.

La diversité à l'interieur de la zone céréalière a nécessité de nombreuses pratiques culturales. La region à pluviometrie élevée à l'Ouest de l'Oregon a une predominance de sols lourds qui sont inondés tout au long des mois d'hiver. Le faible pH du sol peut induire la toxicite en aluminium qui réduit la production potentielle de céréales. Aussi, le chaulage est une pratique commune. L'incidence élevée des maladies est aussi communement observée à l'interieur de cette zone. L'irrigation par grands cercles à pivot central a été développée au Nord central de l'Oregon, utilisant l'eau de Columbia River. La région, antérieurement couverte de végétation spontanée, a un sol de texture légère et plusieurs nouveaux problèmes relatifs aux sols et aux maladies ont été rencontrés. Dans la zone à pluviometrie intermediaire, 500 mm environ, aux alentours de Pendleton dans le nord est de l'Oregon, ontrouve communement la rotation céréales - légumes secs y compris le poiset le haricot. La zone un peu plus sèche (200 mm), constitue la plus grande zone de production céréalière. Dans cette zone la technique culturale adoptée est la rotation céréales - jachère. Durant l'annee de jachère, l'humidite est conserveé grâce à un labour propre, utilisant une couverture de chaumes (stubble mulch) afin de protéger le sol contre l'érosion éolienne et l'érosion par l'eau. Une recherche extensive est est actuellement conduite pour developper les techniques de labour minimum ou de zéro-labour afin de reduire les coûts élevés d'entretien durant l'année de jachère. Plusieurs problèmes relatifs à ces systemes sont actuellement rencontrés, telsque la mise en place appropriée des cultures et le controle des mauvaises herbes persistantes à l'interieur de la couverture de chaumes.

La protection vegetale

1. Maladies - La plupart des maladies majeures des céréales peuvent être observées à l'interieur des diverses zones céréalieres de l'état d'Oregon. Les céréales produites dans la zone à pluviometrie élevée sont sujettes à la rouille brune, la rouille jaune, les especes de Septoria, le mildiou, le nanisme jaune de l'orge (virus), le piétin verse et le piétin echaudage. Dans les zones plus sèches, plusieurs de ces maladies occurent en plus de Fusarium, Pythium, et Cephalosporium.
2. Controle des mauvaises herbes - Un certain nombre d'herbicides chimiques hautement efficaces sont disponibles pour le controle des mauvaises herbes monocots et dicotyledones des céréales. Ces herbicides ont été obtenus grâce à une recherche trés efficace conduite par la section controle des mauvaises herbes du département des sciences agronomiques. Les herbicides utilises sont selectifs pour les mauvaises herbes specifiques rencontrées

sur les céréales. Les especes majeures de mauvaises herbes qui restent difficiles à controler dans les zones à faible pluviométrie sont Bromus tectorum, Elymus L. et Aegilops cylindrica.

Multiplication et Distribution des Semences

Les séléctionneurs sont responsables pour le developpement initial des épis lignes pour la génération de départ (Breeder seed). Les semences de base (Foundation seed) sont ensuite prises en charge par la section appelée projet de semences de base au sein du département des sciences agronomiques. La semence est ensuite remise à l'association de l'amélioriation des cultures, au sein de l'université, qui est responsable de l'augmentation finale des semences certifiées pour leur vente aux agriculteurs. Le developpement et la multiplication varietaux one été maintenus au niveau du secteur public depuis plusieurs annees, et il n'y a pas beaucoup de compétition de la part du secteur prive dans l'état de l'Oregon.

Récolte, stockage, transport et distribution

Des coûts considerables auraient été accumulés au moment où l'agriculteur atteint la periode de recolte, aussi, il doit protéger la culture avec une récolte efficace et un stockage approprié du grain. Puisque l'agriculteur en Oregon peut avoir de 100 à 1000 hectares de céréales à récolter, il était devenu necessaire de mechaniser la récolte et le transport du grain. Un pourcentage élevé du grain est stocké à l'interieur des petites unites de stockage au niveau des fermes ou dans les grands silos situés dans les regions céréalieres importantes. La plupart du grain de la partie est de l'etat est transporte via Columbia River par chaloupes vers le port de Portland. Des agences de commerce hautement organisées ont été mises en place pour assurer le transport et la distribution des céréales à l'interieur de Etats Unis et vers le marché exterieur.

Amélioration de la saveur et des propriétés nutritionnelles des produits finis

Puisqu'à l'interieur de l'état les cereales sont utilisées pour la consommation humaine, l'alimentation du betail et pour les produits de brasserie, differentes normes de qualite sont appliquées.

Les blés tendres blancs sont utilisés premièrement pour les pâtisseries et l'exportation pour les pâtes Japonaises. Pour répondre aux normesde qualité, les céréales développées doivent avoir une faible teneur en proteines, un

rendement élevé en farine, une bonne texture, une viscosité et un diamètre appreciable du gateau. Le blé dur rouge d'hiver (Hard Red Winter) doit au contraire avoir une teneur élevée en proteines, une bonne force du gluten et des propriétes balancées de mouture et de cuisson. Les céréales développées pour l'alimentation du bétail doivent avoir une vegetation appetissante et une teneur élevée en proteines dans le grain. Les exigences trés rigoureuses de l'orge de brasserie réduisent le nombre de cultivars accéptés par l'industrie de bière. Toutes les normes de qualite sont controlées de près dans le programme du développement variétal du projet céréales.

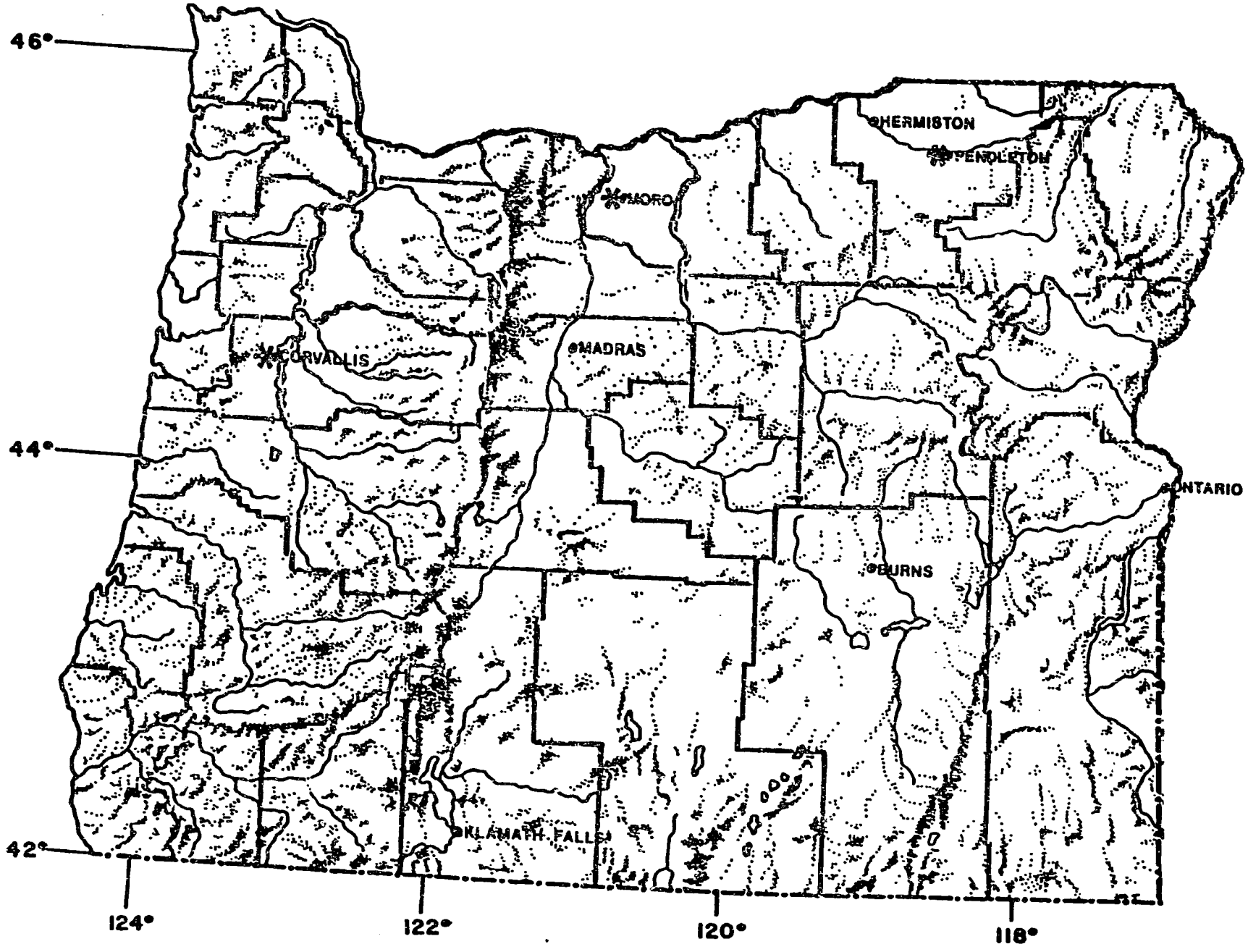
Le service de vulgarisation

Un specialiste pour la vulgarisation des céréales, membre du département des sciences agronomiques, est responsable de la coordination des activites de vulgarisation à travers les régions céréalières de l'état. Des agents de vulgarisation sont basés au niveau de chaque commune produisant des céréales et leur responsabilite est d'être directement en contact avec les agriculteurs pour les tenir au courant des recommandations actuelles et de toute information nouvelle resultant de la recherche. Les agriculteurs (céréaliers) de l'état de l'Oregon sont trés actifs et supportent vivement les activites de recherche et de vulgarisation en céréales.

Pour que la recherche et la production céréalières aillent de pair avec les besoins du producteur, une intéraction étroite est indispensable entre le chercheur, le vulgarisateur et l'agriculteur. Pour augmenter la production céréalière, une approche interdisciplinaire est indispensable. Le programme céréale à l'Oregon State University encourage fortement cette approche pour subvenir aux besoins futurs de la population croissante.

FIGURE 1.

Experimental sites ~ Oregon



LES TECHNIQUES DE SELECTION POUR L'AMÉLIORATION DES CÉRÉALES

Warren E. Kronstad

Quelques physiologistes ont estimé qu'il devrait être possible, sous des conditions idéales, d'obtenir des rendements de 20 tonnes de blé à l'hectare. Malheureusement, le rendement moyen mondial est inferieur à 2 tonnes à l'hectare en blé et en orge. Ainsi, il apparait clairement qu'il y a plusieurs facteurs limitant les rendements y compris les contraintes dûes à l'environnement qui bloquent l'obtention de rendements maxima. Le rôle du séléctionneur est de créer une variabilite génétique utilisable et d'identifier les cultivars qui seraient resistants ou tolérants aux differents facteurs qui limitent la production, réduisant ainsi les risques auxquels est confronté l'agriculteur. Le premier aspect implique la création d'une variabilité génétique utilisable. Ceci est suivi par l'application des pressions de séléction appropriées pour qu' une lignée desirée puisse être identifiée dans les populations en ségrégation. Une fois les lignées isolées,elles doivent être évaluées. L'étape finale consiste en la multiplication et la distribution des nouvelles variétés. Il doit être souligné que ce n'est que lorsque ces nouvelles variétés sont multipliées et distribuées aux agriculteurs que l'on peut dire que le séléctionneur a atteint son but.

L'améliorateur de céréales fait face à deux décisions. La première concerne l'identification des combinaisons les plus prometteuses des parents à croiser et par là, créant la fréquence la plus elevée de la variation génétique utilisable. Deuxièmement, l'améliorateur doit développer des pressions de séléction efficaces et des techniques d'identification des descendances agronomiquement supérieures dans les populations en ségrégation. Pour le blé et l'orge, le potentiel de combinaisons hybrides est presque infini. Ici, peut être plus que dans n'importe quel autre programme, l'améliorateur doit bien connaître le fond génétique des parents potentiels ainsi que leur capacité de combinaison. Ceci n'est acquis que par plusieurs années d'experience. Pour les traits simplement hérités, tel que la résistance aux maladies, la maturité et la hauteur des plantes, la décision quant aux parents à croiser est évidente. Neanmoins pour les traits

quantitativement hérités, tel que le rendement, la décision est difficile. Dans le but d'obtenir la fréquence la plus élevée des caractères desirés dans les populations suivantes, il a été trouvé que l'utilisation des croisements à trois ou quatre voies est trés bénéfique. Généralement dans les croisements à trois voies, le troisième parent serait croiser à la F1 qui représente une variété ou séléction avec une capacité de combinaison prouvée pour les caractères désirés.

D'autres facteurs additionnels doivent être prisen compte pour le choix des combinaisons parentales correctes. Par exemple, la technique particulière de conduite auquelle serait soumis le cultivar proposé. Dans un certain nombre de pays, le blé et l'orge sont utilisés dans un système d'interculture où ils sont intersemés entre les cultures tels que le maïs, la pomme de terre douce, le soja etc... Dans les climats plus doux et où l'irrigation est généralement possible, les céréales sont fréquemment incluses dans un systeme de cultures multiples. Dans quelques zones à pluviométrie plus limitée (moins de 450mm) le système de jachère d'été peut être adopté. Ce système consiste à n'avoir qu'une seule culture tous les deux ans sur une parcelle donnee.

Un certain nombre de contraintes du milieu, qui tendent à limiter la production maximum de céréales, peuvent ou peuvent ne pas être associées aux techniques de conduite spécifiques. L'amélioration des plantes pour les contraintes dûes au milieu peut, en effet, être la fonction majeure du séléctionneur. Quelques unes de ces contraintes peuvent être citées: 1) températures extrêmes, 2) l'eau, limitée ou excessive, 3) qualité et quantité de la lumière, 4) durée de la période de croissance, 5) les repousses aux champs quand les pluies occurent durant la periode desmoissons, 6) le vent, 7) la grêle, 8) la pollution de l'air, 9) les mauvaises herbes, 10) les nombreux problèmes du sol, 11) ainsi que plusieurs maladies et insectes nuisibles.

Aprés la décision sur les croisements à faire, le séléctionneur doit maintenant prendre la deuxième décision majeure qui consiste à déterminer la procédure de selection à suivre. Le progrés dans la selection dependra d'un certain nombre de facteurs. Ceux-ci incluent: 1) le niveau de la variabilité génétique utilisable, 2) la nature de cette variabilité génétique, 3) si le caractere est herité qualitativement ou quantativement, 4) le nombre de caractères à ameliorer, 5) le système

de conduite employé comme decrit plus haut, 6) sagit-il de développer des cultivars à large adaptation ou d'adaption restreinte, selon la philosophie de séléctionneur. L'étude de l'un de ces facteurs, qui influençent la capacite d'identifier les bons parents ainsi que l'efficacité de selection nécessite une connaissance de la nature de l'hérédité. Specifiquement, savoir si le trait particulier est herité quantitativement ou qualitativement. Les traits qui sont influencés par quelques gènes ne sont pas trés marqués par le milieu, comme par exemple la couleur du grain, la hauteur de la plante ou peut être la maturité. Ces traits peuvent facilement être séléctionnés dans les générations précoces parceque l'on peut facilement identifier les génotypes désirés. La séléction précoce dans les générations F2 ou F3 peut être effective pour déterminer si une plante a ou n'a pas le caractère en question. Cependant quelque fois meme avec les traits hérités simplement, il devient necessaire d'employer des techniques speciales pour identifier les descendances désirées. Un tel exemple serait le travail sur le développement de plantes tolérantes a l'aluminum. Les sols acides sont un problème de la production céréalière dans plusieurs pays. A l'Oregon State University, il a été trouvé que c'est souvent l'aluminium soluble qui constitue le facteur limitant sur les sols acides. Par conséquent une méthode a été développée et est appelée la technique de la solution nutritive de la plantule. On fait germer les varietes potentielles ou les populations en ségrégation dans une solution nutritive complète pendant 36 heures. Ce materiel est ensuite transféré dans une solution qui contient différentes concentrations en aluminium. Après une exposition à ce facteur pour une durée approximative de 72 heures, la materiel est transféré de nouveau dans la solution nutritive complète. Après 36 heures les plantules sont évaluées sur la base de leur capacité de réinitier le développement racinaire. Il est ensuite facile d'identifier les plantules qui sont tolérantes de celles qui sont susceptibles. Les types tolérants sont par la suite transplantés aux champs ou l'on peut continuer la séléction pour les autres caractères désirés. Il est dit dans la litterature que la tolérance à la toxicité d'aluminium est héritée quantitativement, cependant avec cette technique de la solution nutritive, il a été déterminé que le contrôle génétique de la tolérance est hérité simplement avec un à trois gènes impliqués. Ceci est un exemple qui montre que même quand un caractère est hérité simplement, il a été necessaire de developper une technique pour identifier clairement les deux parents à

utiliser dans les combinaisons hybrides et d'identifier les plantes désirées dans les populations en ségrégation. Une telle technique peut être employée pour un certain nombre d'autres caractères où il y a une grande interaction génotype x milieu. Cette interaction complique l'identification des types desirés, spécialement sous les conditions de champs.

Quand on parle du rendement, on décrit un caractére hérité quantitativement oú la variation est continue et est influencée à la fois par plusieurs facteurs génétiques et par le milieu. Ici, il est plus difficile d'identifier les combinaisons les plus prometteuses qui donneront la fréquence la plus elévée des descendances désirées. En outre, il est encore plus difficile d'identifier les plantes à trés haut rendement au cours des premières populations en segregation. Ainsi, il est necessaire de développer une stratégie différente pour l'amelioration et la séléction de plantes à rendement maximum. La séléction doit fréquemment être retardée jusqu'à la F5 ou F6 ou l'on peut établir des essais répétés afin d'évaluer le rôle du milieu.

Une première aproche pour l'amélioration du rendement serait d'étudier les composantes du rendement, tel que le poids du grain, le nombre de grains par épi, le nombre de talles par plante et même la hauteur des plantes. Certains pensent que la plante à tige unique serait peut être le type de plante désiré, par contre d'autres, considèrent que la capacité de tallage de la plante de blé ou d'orge est un mechanisme d'adaptation qui est trés utile particulièrement sous les conditions difficiles du milieu. Le développement des blés semi-nains a certainement été un facteur majeur dans l'augmentation de la productivité. Plusieurs selectionneurs pensent que l'épi serait peut être la clé pour l'augmentation de la productivité, à la fois en termes d'épi plus fertile qui veut dire plus de grains par epillet ou plus de grains par épi et de poids du grain. L'utilisation de la regression par étape telleque l'analyse de coefficients constitue l'un des inconvenients dans l'étude des composantes du rendement. Des associations négatives indirectes peuvent être observées entre quelques composantes tels que le nombre et le poids des grains. Ceci veut dire que quand l'améliorateur séléctionne pour le nombre de grains, il est possible que le poids du grain puisse être diminué, réduisant ainsi a néant tout progrés en termes d'accroissement de rendement.

Une autre approche utilisant a la fois les composantes du rendement ainsi

que le rendement proprementdit a été l'utilisation de plusieurs modèles biométriques dans l'optique de determiner la variabilité génétique qui gouverne un caractère particulier. Ici la nature de la variation génétique peut être divisée en gènes qui sont additifs et en ceux qui se comportent de manière non-additive pour un caractère spécifique. Puisque le selectionneur des éspèces à autopollinisation ne peut utiliser que la partie additive de la variation génétique totale, il est important de connaître la proportion de la variation génétique totale qui est dûe à l'action des gènes de type additif. Ceci lui permettra de connaitre l'efficacite de son procédé de séléction. Le séléctionneur dispose de plusieurs différents modèles biométriques pour la partition des variations génétiques. Cependant celui qui sera proposé ici, implique l'utilisation de l'analyse de la capacité de combinaison. Avec cette méthode on peut diviser la variation génétique pour un caractère particulier en capacité de combinaison générale ou en capacité de combinaison spécifique. On considère généralement que la capacité de combinaison générale est une mesure de la variation génétique additive tandis que la capacite de combinaison spécifique reflete beaucoup plus les facteurs génétiques qui se comportent de manière non additive. Puisque le selectionneur d'éspèces à auto-pollinisation n'est intéressé que par la portion additive, les estimations de la capacité de combinaison générale ont le plus de signification. Avec l'analyse de la capacité de combinaison il est non seulement possible de diviser les variations génétiques pour le caractère spécifique en parties additive et non additive mais aussi de développer et d'identifier les contributions relatives de chaque parent en termes de sa contribution aux effets de la capacité de combinaison générale et la capacité de combinaison spécifique pour chaque caractère specifique. Généralement un croisement diallèle est utilisé dans cette approche. Le développement des croisements diallèles prend beaucoup de temps, aussi on peut également utiliser des parents qui ont montré une bonne capacité de combinaison générale, évitant ainsi d'effectuer de nombreux croisements. Pour les croisements simples et ceux à trois ou quatre voies, il a été demontré que l'utilisation de la capacité de combinaison générale est un moyen d'identification des parents lesquels, lorsque croisés de façon appropriée, donnent naissance à une proportion élevée de descendances désirées. Par exemple, quand deux parents qui ont des effets élevés de la capacité de combinaison générale sont croisés, les générations suivantes n'auront une proportion plus élevée de descendances à haut rendements que lorsque les deux parents

ont des effets moyens ou faibles de la capacité de combinaison générale. En effectuant des croisements à trois voies, il a été également trouvé que le troisième parent, quand croisé à la F1, est celui qui doit avoir l'effet le plus élevé de la capacité de combinaison générale. Il apparaîtrait donc que celle-çi peut être un moyen trés utile pour l'identification des lignées les plus prometteuses pour les caractères hérités quantitativement tel que le rendement.

L'un des problemes soulevés est de savoir s'il y a suffisamment de variabilité génétique présente dans le blé et l'orge pour améliorer davantage le rendements ou si les plafonds ont été atteints. Plusieurs approches sont en train d'être examinées en vue d'améliorer la quantite de la variabilite génétique utilisable. L'une implique le croisement systèmatique des blés hiver x printemps. Ce programme qui implique le centre international pour l'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT) et l'Universite de l'Etat d'Oregon (OSU), concentre ses efforts dans le sondage systèmatique du pool de gènes entre les blés d'hiver et les blés de printemps. Les croisements initiaux hiver x printemps sont effectués a CIMMYT/Mexico et les F1 suivantes sont partagées entre Mexico et l'OSU. A Mexico, les chercheurs croiseront ensuite leurs F1 aux blés du type printemps transferrant ainsi les facteurs génétiques favorables des blés d'hiver à ceux de printemps. Par contre les mêmes populations F1 semées en Oregon sont croisées aux blés de type hiver. La elles sont evalueés pour les caractères désirés des variétés produites sous conditions hivernales. Le materiel le plus prometteur identifié est ensuite envoyé à plusieurs coopérateurs par le biais de la distribution des pépinières internationales. Ainsi le germplasme printemps est distribué par CIMMYT et celui d'hiver par l' OSU.

Une autre approche utilisée est le developpement de la séléction recurrente facilitée des populations utilisant à la fois les gènes dominants et les gènes recessifs mâles stériles. En utilisant cette technique il est maintenant possible d'induire un degré élevé d'outcrossing à l'interieur des éspèces normalement à autofecondation. Ainsi, en utilisant ces gènes mâles steriles et l'approche de la selection recurrente les possibilities dereunir les recombinaisons génétiques les plus favorables, sont plus nombreuses.

Le développement des blés hybrides constitue une autre approche pour l'augmentation de la variabilité génétique. Malheureusement depuis la découverte en 1960 du mecanisme restistuant, le blé hybride n'est toujours pas encore un facteur important dans la production céréalière. Ceçi est dû en partie à la sensibilité du gène restituant aux diverses intéractions de milieu x génotype et au progrès réalisé dans le développement des variétés à haut rendement grâce aux methodes conventionnelles. Il a été récemment démontré que les deux sources supplémentaires de cytoplasmes, à savoir Aegilops kotschyi et Aegilops variabilis, sont moins spécifiques que le cytoplasme de Triticum timopheevii qui était utilisé auparavant. Ceci peut vouloir dire que le développement du blé hybride, basé sur ces cytoplasmes, n'a pas beneficier d'une attention plus poussée. Il y a aussi beaucoup d'intérêts dans le développement des gamétocides chimiques qui pourraient aider le séléctionneur de ne pas avoir à developper le mâle stérile cytosplasmique et les lignées restituantes. Il n'a pas encore été déterminé si le blé hybride serait une réalite ou non. Le développement d'hybrides reussis permettrait au séléctionneur des espèces à autofécondation d'utiliser aussi bien l'additive que la non additive parties de la variation génétique totale.

L'utilisation de croisements éloignés offre de nouvelles sources génétiques. Le développement des triticales, qui representent un croisement entre le blé et le seigle est un exemple classique pour illustrer la manière d'utiliser les croisements éloignés. Il est maintenant possible de croiser le riz et le blé, l'orge et le blé, et peut être meme, un jour, le blé et le soja ayant à l'idee le transfer de la fixation de l'azote. Cependant quand on regarde l'énergie necessaire à la plante de soja pour fixer l'azote et un certain nombre d'autres facteurs limitants, l'on se doute rééllement sur la possibilité de développement des espèces de blé et d'orge qui pourraient fixer l'azote de l'air. Cependant la pratique des croisements éloignés, pour augmenter la variabilite genetique, continuera d'être extrêmement importante .

L'attention du séléctionneur devra être également attirée sur l'aspect du développement des differents types de résistance génétique aux nombreux pathogenes. Lorsque plusieurs différentes races physiologiques

sont presentes dans une maladie donnée, il est préférable d'utiliser un type de resistance plus durable à savoir, la resistance horizontale ou généralisée. Historiquement, le séléctionneur a beaucoup plus été concerné par les sources de résistance à gènes majeurs, résistance que l'on appelle généralement verticale. L'un des inconvenients rencontrés dans l'utilisation de la résistance généralisée est la difficulté de choisir les types désirés dans les populations en ségrégation. L'autre moyen de developper la tolérance aux maladies implique des approches non génétiques. Dans le cas de piétin échaudage (Gaeumannomyces [Ophiobolus] graminis) pour lequel il n'y a pas encore de résistance de source génétique connue, il a été démontré que l'ion chlorure confère à la plante la tolérance à cette maladie. Cette tolérance semble être associée à une meilleure consommation de l'eau. Similairement pour la même maladie, il y a le terme déclin du piétin échaudage. Ce declin a été associé à la présence d'une certaine bacterie qui reduirait l'inoculation du champignon. Il est suggéré qu'il serait peut être possible dans le futur de pré-inoculer les semences avec la bacterie de type désiré reduisant ainsi le dégré d'infection de cette maladie particuliere. Ceci est en effet une approche trés intrigante au controle biologique des maladies.

Les autres moyens dont dispose le séléctionneur sont: 1) culture d'anthères, 2) l'hybridation somatique, 3) la culture de tissus et 4) la combinaison nouvelle de l'ADN. Nous devons reconnaitre que l'amélioration des plantes n'est en effet qu'un jeu de chiffres. Tous les programmes productifs doivent opérer plusieurs croisements et semer un nombre élevé de populations en ségrégation. L'une des approches a été d'utiliser la culture du pollen ou la culture d'anthère. Toutefois, trés peu d'exemples peuvent être cités pour illustrer la réussite de cette méthode et ce, malgré les efforts substantiels consentis pour l'utilisation de cette technique de doubler le grain de pollen et d'atteindre immediatement l'homozygocité. Dans le cas d'hybridation somatique, les membranes cellulaires prélevées de deux espèces différentes sont fusionnées. Malheureusement, il a été souvent noté que les chromosomes pouvaient être perdus dans les générations suivantes, rendant difficile la stabilization de ce materiel. Beaucoup d'attention est accordée à la culture de tissu. Dans notre laboratoire nous avons pu regénérer des plantes

de blé à partir des tissus du callus du scutellum obtenus à partir des embryons. Le tissu du callus est cultivé dans une solution nutritive en présence d'une hormone telle que le 2,4-D. Quand on retire le 2,4-D, la differenciation occure et les racines et les repousses se developpent. Il est interessant de noter la quantité de la variation génétique qui apparaît quand le tissu du callus est obtenu à partir d'une variété anterieurement homozygote. L'analyse cytologique des cellules mères du pollen a permi d'identifier un certain nombre d'aberrations chromosomiques qui ont été induites par ce traitement. Ceci apparait encourageant en termes de pouvoir soumettre un nombre élevé de cellules individuelles à des contraintes du milieu ou à d'autres facteurs limitants. Par exemple, il est facile de cultiver un tissu de callus dans des milieux manquant de lysine et d'identifier les cellules qui sont capables de produire la lysine. On peut identifier d'autres facteurs quand on peut appliquer la pression de séléction sur le milieu de culture tel qu'il est fait maintenant avec les microorganismes. Toutefois, il est important de reconnaitre que lorsque l'on parle des aspects tel que la tolérance à la sécheresse ou à la tolérance aux herbicides beaucoup d'autres facteurs sont impliqués. Cette technique peut donc être limitée à des aspects spécifiques. Le travail sur la recombinaison de l'ADN constitue un important sujet d actualité. Plusieurs avantages, pouvant être utilisés en amélioration des plantes ont été évoqués. L'un est l'incorporation d'un nouveau gène sans avoir de ségrégation pour les autres caractères désirés déjà fixés dans le génotype. Deuxièmement, une seule génération est suffisante pour fixer le génotype désiré. Troisièmement, on peut developper des lignées isogéniques en une periode trés courte enfin, cette technique peut être appropriée pour les études génétiques. Par exemple, on peut identifier des espèces qui sont résistantes au piétin échaudage pour lequel, dans le cas dublé, aucune résistance génétique n'a été trouvée. En utilisant des enzymes restrictives, il serait alors possible de cliver et d'isoler la partie de l'ADN ou du gène qui confère cette resistance, et enfin de transférer le gène de résistance par le biais d'un vecteur, tel par exemple les plasmides de bacteries. La bacterie pourrait ensuite etre utilisée pour infecter la plante de blé. Une certaine forme de tumeur ou de galle

couronnée en resultent, et c'est ainsi que le gène de résistance devient attaché au chromosome à l'interieur des cellules de la tumeur. Ensuite, on isole le callus à partir de cette tumeur formeé et on utilise la culture du tissu pour regénérer des plantes entières. Toutes les cellules porteraient ainsi, le gène de resistance. Ce système a donné des resultats dans le cas des dicotylédones, particulièrement la tomate où l'Agrobacterium tumefaciens a été utilisé comme vecteur. Malheureusement, dans le cas des graminées, un tel mechanisme n'existe pas encore. Cependant, beaucoup d'essais sont en cours de reálisation. En amélioration des plantes, les nouvelles voies doivent être évaluées, toutefois, l'augmentation de la production dans le futur immédiat résulterait des programmes d'amélioration conventionnelle et de techniques de conduite améliorées.

Tous les séléctionneurs doivent prendre conscience du problème de l'érosion génétique. Plusieurs de nos anciennes varietes ont été remplacées par les nouveaux cultivars à haut rendement. L'ironie du sort, est que ces anciennes varietes sont celles qui ont été utilisees pour donner naissance à celles qui sont en train de les remplacer. Ainsi, nous avons retreci notre base génétique. Les séléctionneurs sont également réticents quant à l'utilisation des vieilles variétés parcequ'ils ne peuvent pas se permettre de croiser des materiels végétaux qui contiendraient également un certain nombre de facteurs génétiques indésirables. Nous avons également trouvé que des stocks génétiques precieux sont en train d'être éliminés des programmes d'amélioration parcequ'ils ne correspondent pas aux objectifs préalablement fixés.

L'autre facteur qui doit être exploité davantage est l'aspect de la physiologie de la plante et la selection. En effet, la chaine des événements physiologiques et biochimiques entre le gène et le phénotype ne sont que trés peu connus. Il est necessaire de mieux connaître la physiologie de la plante du blé.

Quand on realise que chaque année, 70 millions d'êtres nouveaux se joignent à nous pour le petit déjeuner, il devient alors impératif au séléctionneur d'utiliser tous les outils qu il a en main. Le defi du selectionneur et de tous les agronomes est clairement établi. Nous nous devons de relever ce defi, d'autant que les alternatives sont inacceptables si l'on veut un jour établir une paix durable.

PROGRAMME D'AMELIORATION DES CEREALES

DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE DE TUNIS

(Blé Dur, Blé Tendre, Triticale, et Avoine)

M. Deghais and A. R. Maamouri

1. INTRODUCTION

Les activités du laboratoire de génétique de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunis concernent

- le blé dur
- le blé tendre
- l'orge
- le triticale
- et l'avoine

Nous couvrirons ici les travaux d'amélioration de toutes ces éspèces à l'exception de l'orge qui fera l'objet d'une autre communication.

Notre programme se résume en 3 parties:

- introduction de matériel génétique
- réalisation de croisements entre varietés tunisiennes et sélections issues des-diverses pépinieres introduites
- Conduite des essais régionaux de rendement.

Diverses observations sont éffectuées durant la campagne courronneés enfin par une sélection parfois combien difficile.

Jusqu'à l'anneé dernière la plupart de nos essais et pépinières étaient implantés à la station de Béja et seuls les essais avancés de rendement étaient semés dans d'autres régions (Mateur, Krib, Bou Salem, Bou Rbia et le Kef).

De nouvelles expansions ont été possibles avec la création cette anneé d'une station de recherche à Boulifa au Kef. En outre, dans un souci de développer des varietés adapteés aux différentes principales régions céréalières, une pépinière groupant toutes nos ligneés en essaie de blé dur et de blé tendre a été installeé dans des localités autres que celles des essais (Le Fahs, Tajerouine, Le Sers, Mateur, et Hindi Zitoun).

2. OBJECTIFS ET REALISATIONS

Notre programme a pour objectifs

- l'augmentation de la productivité
- et l'amélioration des qualités téchnologiques.

A. Augmentation de la Productivité

Adaptation

La productivité d'une varieté donneé de céréales dépend entre autres facteurs de son adaptation aux conditions climatiques qui prévalent dans la région de culture. La recherche de varietés possèdant le type de développement approprié aux principaux bioclimats constitue un de nos objectifs.

Les variétés de blé à haut rendement développeés jusqu'ici sont plutôt adopteés à la région du Nord où les conditions agro-climatiques sont favorables.

Tableaux No. 1 et 2 montrent les rendements moyens par région des varietés de blé dur et blé tendre et l'augmentation des rendements réalisée par rapport aux anciennes varietés (INRAT 69 et Ariana 66).

On remarquera:

a) Pour les blés durs

- qu'à Béja, Mateur et Bou Salem, la variete Maghrebi 72 dépasse les 3 autres anciennes varietés (INRAT 69, Bedri et Amel 72)
- qu'au Krib, la varieté Amel 72 semble être mieux adapteé
- que les nouvelles varietés Ben Bechir 79 et Karim 80 dépassent les autres varietés dans toutes les stations.
- que Karim 80 est supérieure à Ben Bechir 79 à Beja, Mateur et Bou Salem et qu'elle lui est équivalent au Krib.

b) Pour les Blés Tendres

- qu'à Béja et Mateur, Dougga 74 dépasse les anciennes varietés et qu'elle y est légèrement inférieure à Tanit 80
- qu'au Krib, Dougga 74 et Ariana 66 sont équivalentes
- que Tanit 80 dépasse toutes les varietés au Krib
- de même que Salambo 80 à Bou Salem

Amélioration de la Résistance aux Maladies

Les rouilles (r. noire, r. brune, r. jaune), les pietins (p. échaudage, p. verse), la fusariose, les maladies charbonneuses (charbon et carie) et la septoriose (s. tritici) sont les maladies les plus importantes du blé. Vient ensuite l'Oïdium.

Les efforts ne cessent d'être deployés pour développer des varietés résistantes à ces parasites à l'exception du charbon et de la carie qui peuvent être combattus par les produits de traitement de semences. Cependant, les attaques ne se déclarent pas régulièrement dans nos pépinières et faute de personnel et de moyens nous ne pouvons guère faire de contaminations artificielles.

Nous disposons dans nos collections de sources de résistance à différentes maladies (rouilles, septoriose, oïdium) et nous ne cessons d'entretenir une collaboration avec les organismes étrangers pour diversifieret renforcer notre programme.

Amélioration de la Résistance à la Verse

Les anciennes variétes de blé (Mahmoudi, Chili, Roussia, Florence-Aurore, etc.) étaient trop hautes pour résister à la verse dans les conditions de culture favorables et valoriser les forts apports d'engrais azotés.

La mise au point de INRAT 69 (blé dur) et Ariana 66 (blé tendre), quoique dépassant 1 m de hauteur, constitue dans les anneés 60 une nette amélioration. Les varietés de blé dur (Amel 72 et Maghrebi 72)

développées après, quoique très productives, présentent l'inconvénient de ne pas supporter la concurrence des adventices. A la lumière de cette expérience, nous avons orienté notre programme vers la recherche de variétés à taille moyenne (90-95 cm) du type Bedri, Carthage 74 et Dougga 74.

Les 4 nouvelles variétés (Karim 80 et Ben Béchir 79 -BD- Tanit 80 et Salambo 80 -BT-) sont satisfaisantes à ce point de vue.

B. Amélioration des Qualités Technologiques

Pour nous, à l'heure actuelle, les critères de qualite les plus importants sont:

Pour les blés durs:

- le taux de mitadinage
- la teneur en proteine
- la coloration des pâtes et couscous
- le poids de 1000 grains
- et le poids spécifique

Pour les blés tendres:

- les propriétés du gluten en particulier le W.
- la teneur en proteine
- le poids de 1000 grains
- et le poids spécifique

Des échantillons de 500 grammes, prélevés des essais de rendement les

plus avancés, sont analysés au laboratoire de technologie des céréales de l'institut.

A l'exception d'une sélétion visuelle au laboratoire contre l'échaudage pour les F_2, nos moyens ne nous permettent pas encore de faire les micro-tests utilisés ailleurs pour identifier d'une façon précoce les croisements de haute valeur technologique.

Des efforts sont déployés pour améliorer la qualité des anciennes varietés tunisiennes de blé dur surtout du point de vue coloration. Quoique bons semouliers, nos blés durs donnent des couscous et des pâtes alimentaires de couleur claire. Un programme de croisement est en cours utilisant des géniteurs argentins et du Dakota du Nord pour améliorer la couleur jaune de nos variétés et des ligneés les plus prometteuses du point de vue rendement.

Pour les blés tendres, les varietés Florence-Aurore, Dougga 74, Carthage 74, la ligneé Fath et d'autres ligneés étrangères constituent la base de l'amélioration qualitative de notre programme.

Tableaux No. 3 et 4 montrent les moyennes des caratéristiques technologiques des variétés de blé dur et blé tendre de grande culture et des variétés nouvellement inscrites.

3. AMELIORATION DES TRITICALES

L'expérimentation de cette nouvelle épèce, commenceé en 1974 nous a permis de constater:

a) la haute productivité de plusieurs ligneés

Les résultats rapportés au Tableau 5 nous montrent que les rendements de certaines ligneés de triticales sont supérieurs à ceux de Dougga 74 et Maghrébi 72 mais qu'ils demeurent inférieurs à ceux de Karim 80.

b) leur resistance aux maladies et à la verse

c) que le poids spécifique est inférieur à celui du blé

d) que le poids de 1000 grains et la teneur en proteine de certaines ligneés dépassent ceux de certaines variétés de blé.

Pour toutes ces considerations nous pensons qu'il y a lieu d'envisager:

- l'utilisation des triticales (grains, fourrage et ensilage) dans l'alimentation animale
- et l'utilisation de mélanges de farine de triticale et de blé tendre en pannification

4. AMELIORATION DE L'AVOINE

Le programme d'amélioration des avoines, poursuivi depuis 1975 en collaboration avec l'université de Wisconsin et la ferme Pilote de Fritissa, reste encore embryonnaire. Il a néanmoins résulté en l'obention de 3 variétés (Av 3, Av 8, et Av 14) dont la multiplication a été déja entreprise et qui seront prochainement proposeés à l'inscription.

5. CONCLUSION

Pour la réalisation de ce programme, le laboratoire de génétique

des céréales de l'INRAT collabore avec l'Office des Céréales, ICARDA, CIMMYT et l'INAT.

Nous souhaitons que notre collaboration avec le projet de recherche agricole pour les zônes arides soit plus renforcée.

TABLEAU No. 1: Rendements moyens de 4 anneés d'experimentation (76/77 - 79/80) des variétés de Blé dur

	INRAT 69	Bedri	Amel 72	Magh.72	B.Bechir 79	Karim 80
Beja	36,75	27,80	38,70	44,39	49,48	53,34
Mateur	31,48	29,13	31,56	36,49	41,23	44,58
Krib	33,14	31,14	35,74	33,62	39,58	39,31
Bou Salem	34,51	32,45	36,42	37,76	39,11	42,49
Moyenne	33,97 100%	33,04 97,2%	35,60 104,8%	38,06 112%	42,35 124,6%	44,93 132,2%

TABLEAU No. 2

Rendements moyens de 5 anneés d'Expérimentation (76/77 - 80/81) des Variétés de Blé Tendre

	F A	Ariana 66	Carthage 74	Dougga 74	Salambo 80	Tanit 80
Beja	34,91	46,0	46,13	50,99	49,19	51,80
Mateur	31,48	34,78	36,07	41,82	39,99	42,70
Krib	31,81	37,15	35,65	37,31	40,77	42,59
Bou Salem	32,18	33,52	40,51	39,45	46,71	43,96
Moyenne	32,59 86,1%	37,86 100%	39,59 104,5%	42,39 111,9%	44,16 116,6%	45,26 119.5%

TABLEAU No. 3 : Caractéristiques téchnologiques des blés durs *

	Poids spécifique	Poids de 1000 gr.	Taux de Mitadinage	% Proteine	Coloration (p.p.m)
INRAT 69	81.5	44.76	0	14.54	7.93
Bedri	82.87	49.29	0.1	15.29	3.17
Amel 72	81.87	50.37	2.12	13.53	5.67
Maghrebi 72	79.37	39.08	1.19	14.42	5.55
Ben Béchir 79	80.62	49.66	1.12	14.14	7
Karim 80	84.12	50.22	2.69	12.38	6.16

* Valeurs moyennes des stations Béja et Mateur, campagne 80/81.

TABLEAU No. 4 : Caractéristiques technologiques des blés tendres *

	Poids Spécifique	Poids de 1000 gr.	W	% Proteine	P/L
Florence-Aurore	84.25	45.40	341	14.09	2.21
Ariana 66	84.75	44.63	206	12.87	0.16
Carthage 74	85.25	37.43	344	14.03	1.83
Dougga 74	84.0	37.96	356	12.76	2.32
Salambo 80	82.87	38.21	203	12.60	0.94
Tanit 80	82.50	40.08	265	13.0	1.73

* Valeurs moyennes des stations Béja, Krib, Mateur et Bou Salem, campagne 80/81.

TABLEAU No. 5

Rendements et Caracteristiques technologiques des ligneés les plus prometteuses de Triticales et des témoins de Blé Dur et Blé Tendre

Variété		1979/80	80/81	Moyenne	Poids Spécifique	Poids 1000 gr.	% Proteine
T 1	Maya II Arm"S"-X2802-9N-2M-3N-3M	89.82	97.91	93.83	72	46.56	13.52
T 2	" " 2Y-0M -38N-1M-7Y-3M	94.41	96.96	95.68	70.7	45.92	14.08
T 3	" 2Y-2M-0Y -X2832-13N-1M-3N-0M	96.50	95.27	95.88	70.7	42.90	13.03
T 4	Bacum	88.94	93.17	91.05	71	37.54	12.42
T 5	M_2A II-Arm"S"-X2802-38N-3M-3N-0N	96.89	89.85	93.37	72	39.53	13.31
T 6	1A-IRA x BGL-X12257-2N-0M	96.59	91.55	94.04	70.7	45	13.34
T 7	M_2A-BGL-X15490-3Y-0M	97.85	91.30	94.57	71.2	42.75	13.47
BD	Karim 80	100 66 QX/ha	100 52.3QX/ha	100	85	44.66	12.99
BD	Maghrebi 72	86.36	76.50	81.43	79.7	41.39	13.34
BT	Dougga 74	88.29	85.72	87.00	82.5	42.48	13.10
BT	Tanit 80	-	94.64		81.7	38.68	13.46

Nouvelles Variétés de Blé Tendre:

(New varieties of Soft Wheat:)

Tanit 80 = T_{Z}pp-PLx7C
CM5287-J-1Y-2M-2Y-3M-0Y(4bj-30bj-6bj-0bj)

Salambo 80 = Pato x cc - Inia
CM1021-7mb-14bj-4bj-0bj

Nouvelles Variétés de Blé Dur:

(New varieties of Durum Wheat)

Karim 80 = 21563-AA"S" x Fg"S"
CM 9799-126M-1M-4Y

Ben Bechir 79 = Stork "S"

Avoine:

(Oats)

Av. 3 = Tam312

Av. 8 = X851

Av. 14 = 734503-1

AMELIORATION DES CEREALES DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE LA TUNISIE

Amor Yahyaoui

Les régions semi-arides de la Tunisie couvrent une partie du Nord-Ouest, du Centre et du Sud (voir fig 1). Dans ces régions les céréales sont cultivés sur des différents types de sol et sous des conditions pluviométriques très variables. La superficie totale de la céréaliculture dans ces régions varie considérablement. Cette variation depends beaucoup de la précipitation annuelle de l'automne et du début de l'hiver. Parmi les céréales les plus répandus, l'orge est de loin le plus adapté à ces régions; mais le blé dur est la céréale la plus cultiveé. Le blé tendre couvre une superficie relativement limiteé.

En Tunisie, l'augmentation de la production alimentaire dans les prochaines décades peut être obtenue par l'augmentation des rendements dans les terres déjà en culture; mais un potentiel important de production existe encore dans les terres qui sont maintenant hors production ou à productivité marginale et cela suite à des différentes contraintes. La productivité dans ces terres ne pourrait jamais être éleveé mais toute production qu'elles peuvent donner, contribue à l'éffort pour atteindre l'autosuffisance en céréales.

I. CLIMAT

Les régions semi-arides du pays, et particulièrement les régions du centre sont caracteriseés par des changements de températures important, par des précipitations torrentielles hasardeuses, et par des secheresses de début de printemps trés fréquentes. La pluviomètrie annuelle, varie généralement entre 150-500 mm et présente une distribution assez variable. La figure No. 2 montre les moyennes mensuelles des précipitations et des

températures pour une période de 55 ans (1901-1955) dans la région du Kef. La distribution annuelle au cours des quatre dernières années dans quatre sites différentes de la région semi-aride figure dans le tableau No. 1. La variation de la pluviomètrie annuelle au sein de la même région est illustreé par la figure No. 3, dans laquelle Makthar est comparé à Sbeitla en se basant sur des moyennes de précipitations de 25 ans. (Voir fig 1 pour la situation géographique.)

2. La situation actuelle des céréales dans les régions semi-arides de la Tunisie.

Dans les régions semi-arides de la Tunisie, les céréales sont cultivés sur les sols relativement marginaux qui diffèrent par leur texture, structure aussi bien que par leur profil. Environ 37% des emblavures céréalières totales se trouvent dans les régions semi-arides (Tableau No. 2); dans lesquelles les blés durs couvrent 54% de la superficie céréalière suivie par l'orge (45%) et les blés tendres qui couvrent seulement 1% de cette superficie.

Les blés durs et tendres (particulièrement les variétés à haut rendement) sont cultiveés dans des sols lourds et dans des sites à haute altitude telles que: Kesra, Makthar et Thala qui sont également caractériseés par des hivers froids et des précipitations moyennes eleveés (Tableau No. 1). L'orge et la plupart des variétés locales des blés sont généralement cultivés sur des sols legères et peu profonds dans les régions de Sbiba, Foussana, Sbeitla et Sidi Bouzid. La production dans ces régions est encore trés faible (13% de la production nationale) et les rendements sont relativement faibles particulièrement pour l'orge et les variétés traditionnelles du blé (Tableau No. 3). Le rendement actuel de l'orge est de l'ordre de 4 Qx/ha alors qu'il est de 3 Qx/ha pour le blé dur et 6 Qx/ha pour le blé tendre (voir Tableau No. 4).

3. **Amélioration des Céréales dans les Régions Semi-arides**

Dans les régions du Nord, des expérimentations varieés: Desherbage, fertilisation, rotation des cultures, travaux du sol, etc; conjugueés avec on travail intensif sur l'amélioration variétale ont donné lieu à une augmentation de rendement/ha (Tableau 4) et par conséquent une contribution substanielle à l'agumentation de la production nationale. Cependant aucune action n'a été entreprise pour améliorer la céréaliculture dans les régions semi-arides où une petite augmentation pourra avoir un impact sur l'économie du pays. L'amélioration de la production céréalière dans les régions semi-arides est une tâche difficile et compliqueé, néamoins un supplément de production dans les années à venir devra provenir des régions qui sont sujets à des contraintes dont certaines sont tellement sevères que la production est très variable et imprévisible. Certes, toute seule l'amélioration des plantes n'est pas un remède pour toutes les contraintes de production, mais un progrès peut être réalisé par le developpement des variétés plus tolérantes à la secheresse. La contribution principale des améliorateurs sera accentueé sur le développement des stratégies des programmes d'hybridation en conduisant des pépinières de croisement et en selectionnant des ligneés ayant une bonne tolérance aux intempéries climatique. Donc nos efforts de recherche porteront sur:

a) Développement des techniques de triage et selection appropriées.

Des techniques de triage éfficaces sont essentielles pour l'évaluation des germoplasmes,l'identification des parents donneurs et l'évaluation des populations en ségregations. Afin de reduire l'interaction Genotype x Environnement, nous pouvons considérer la sélection des genotypes stables qui sont moins dépendants de l'environnement dans lequel ils sont cultivés. Si la performance de la stabilité ou l'abilité de montrer une interaction minimum avec l'environnement, est une caractéristique génétique; alors une évaluation préliminaire pourrait être

prévue afin d'identifier les génotypes stables. Cependant la selection pour la stabilité génétique n'est pas possible jusqu'à ce qu'un modèle avec des paramètres appropriés soit mis au point pour assurer les critères nécessaires pour classer les variétés génétiquement stables. L'utilisation d'un matériel génétique hetérogène plutôt que des variétés pures a été suggeré comme moyen pour réduire l'interaction Genotype x Environnement.

b) Investigation de certains problèmes spécifiques:

Dans les régions semi-arides l'amélioration de la céréaliculture est lieé aux problèmes suivants:

- Caractéristiques agronomiques
- Tolérence à la secheresse
- Tolérence aux mauvaises conditions du sol
- Tolérence aux changements de température
- Resistance aux maladies
- Qualité

Caractéristiques agronomiques

L'amélioration du potentiel de rendement - l'aspect le plus important - depend de certaines caractéristiques de la plante qui varie selon les conditions sous les quelles le blé/l'orge est cultivé. Pour cette région nous aurons à selectionner les génotypes ayant les caractéristiques suivantes:

- Des plantes detaille (hauteur) moyenne (80-100 cm) et à tige vigoureuse, présentant des capacités de tallage adéquates, resistantes à la verse et qui réagissent favorablement aux apports d'engrais dans des bonnes conditions climatiques. Les variétés à paille longue (compétitives aux mauvaises herbes) seraient recommandeés pour les régions à faible pluviomètrie et où le sol est pauvre.

- Les génotypes précoces (courte période entre la floraison et la maturité) devront être adaptés aux régions semi-arides. Les génotypes d'une dureé moyenne (maturité) sont preferés pour les régions plus éléveés.

- Aptitude de leveé: les variétés qui ont une bonne leveé précoce serait bien adapteé aux régions éleveés. Celles ayant une leveé tardive seraient selectionneés pour les régions basses.

- Date de semis: Puisque la date de semis varie dans la plupart des cas selon les précipitations de l'automne et de l'hiver, ce facteur devient trés important au niveau de chaque variété.

- L'égrainage est un autre aspect agronomique qui mérite l'attention. Les agriculteurs hésitent à cultiver des variétés qui sont difficiles à égrainer. Cependant les variétés qui égrainent facilement sont indésirables à cause des pertes avant ou durant le battage.

- Tolérence aux changements des températures. La tolérence à la gêleé et aux basses températures est importante pour les variétés à cultiver dans les régions eleveés. Dans certaines régions une température eleveé (sirrocco) peut affecter les semences et causer leurs stérilités.

- Tolérence à la secheresse. Elles est essentielle pour stabiliser les rendements dans presque toutes les régions céréalières. Les types de plante ayant une stature intermédiaire, une bonne leveé (rapide, plantule vigoureuse) sont preférés pour ces situations.

CONCLUSION

L'amélioration variétale et une meilleure conduite de l'environnement de la production devront aller de paire, il s'en suit que les nouvelles variétés avec un génotype correct sont les plus determinantes pour une production supplémentaire et une céréaliculture intensive. Nous devrions prendre en consideration que bien que la productivité dans les régions semi-arides ne pourrait jamais être trés eleveé, mais toute production provenant de ces régions contribuera à l'effort pour atteindre l'autosuffisance céréalière en Tunisie.

TABLEAU No. 1: PLUVIOMETRIE ANNUELLE EN MM POUR QUATRE DIFFERENTS ZONES (1978-1981)

Localisation / Année	MONTHS												
	JANV	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
Kef													
1978	22.8	87.1	79.1	50.0	46.8	1.3	0	9.5	2.5	31.4	30.2	12.3	373.0
1979	27.2	72.3	51.8	136.0	20.4	13.0	0	0	68.3	29.6	162.3	0	580.9
1980	30.2	25.5	61.2	59.3	26.0	6.2	0	16.5	62.0	19.3	24.3	78.5	409.0
1981	42.1	32.3	55.5	29.5	12.8	26.0	0	11.0	11.5	32.4	18.3	36.0	307.4
Average	30.6	54.3	61.9	68.7	26.5	11.6	0	9.2	36.1	28.2	58.8	31.7	417.8
Tadjerouine													
1978	18.5	51.5	76.0	42.0	37.5	0	0	16.0	0	30.0	27.3	10.8	[illegible]
1979	6.0	56.5	38.5	103.5	0	22.0	0	136.0	136.0	10.1	75.0	0	447.6
1980	26.0	12.0	50.5	47.3	29.5	0	0	0	81.0	0	32.5	71.0	349.8
1981	0	34.5	40.5	27.0	20.0	21.0	0	13.0	7.7	16.0	21.9	22.6	224.2
Average	12.6	38.6	51.4	54.9	21.7	10.7	0	7.2	56.2	14.0	39.2	26.1	332.8
Makthar													
1978	21.0	65.4	44.2	21.5	44.2	19.9	0	58.6	0	36.6	32.6	17.5	361.5
1979	16.2	67.3	32.8	78.9	33.2	28.7	0	21.8	86.2	33.2	136.1	1.5	535.9
1980	15.2	20.5	52.1	24.9	31.7	22.0	0	16.5	3.5	79.9	31.3	116.5	414.4
Average	17.5	51.0	43.0	41.8	36.3	23.5	0	32.3	29.9	49.9	66.6	54.1	437.3
Sbeitla													
1978	2.6	36.2	46.5	16.5	26.6	0	78.3	0	15.7	57.0	13.0	0	292.4
1979	3.9	35.4	60.5	50.5	15.0	15.6	0	40.7	111.6	23.4	0	20.0	376.6
1981	15.2	23.5	73.8	46.9	39.1	4.5	0	0	42.4	5.0	11.0	28.0	289.4
Average	7.2	31.7	60.3	37.9	26.9	6.7	26.1	13.6	56.6	28.5	8.0	16.0	319.5

Source: CRDA du Kef.

TABLEAU No. 2: SUPERFICIE CEREALIERE EN 1000 ha 1/

a. Blé Dur

Région	Blés Ordinaires	Blés à Haut Rendement	Total
Tunisie	520,7	254,7	775,7
Centre et Sud	228,8	1,3	230,1
% du Total de la Tunisie	43,9	,5	29,6
% du Total dans le Centre et le Sud	53,6	,3	53,9

b. Blé Tendre

Région	Blés Ordinaires	Blés à Haut Rendement	Total
Tunisie	26,7	51,1	77,8
Centre et Sud	4,3	,4	4,7
% du Total de la Tunisie	16,1	,8	6,0
% du Total dans le Centre et le Sud	1,0	,1	1,1

c. Orge

Région	Variétés Commerciales
Tunisie	382,3
Centre et Sud	192,1
% du Total de la Tunisie	50,2
% du Total dans le Centre et le Sud	45,0

1/ Source: Direction de la Planification, des Statistiques et des Analyses Economiques. Ministere d'Agriculture. Tunisie. 1980

TABLEAU No. 3: Production Totale en 1000 Qx 1/

a. Blé Dur

Région	Blés Ordinaires	Blés à Haut Rendement	Total
Tunisie	3775,1	3638,2	7413,3
Centre et Sud	673,4	10,0	683,4
% du Total de la Tunisie	17,8	,3	9,2
% du Total du Centre et du Sud	44,1	,6	44,7

b. Blé Tendre

Région	Blés Ordinaires	Blés à Haut Rendement	Total
Tunisie	318,5	968,9	1287,4
Centre et Sud	23,2	6,6	29,8
% du Total de la Tunisie	7,3	,7	2,3
% du Total du Centre et du Sud	1,5	,4	1,9

c. Orge

Région	Variétés Commerciales
Tunisie	2958,1
Centre et Sud	813,1
% du Total de la Tunisie	27,5
% du Total du Centre et du Sud	53,2

1/ Source: Direction de la Planification, des Statistiques et des Analyses Economiques. Ministry of Agriculture. Tunisie. 1980.

TABLEAU No. 4: RENDEMENT (QX/HA) 1/

a. Blé Dur

Région	Blé Ordinaire	Blé à Haut Rendement	Moyenne
Tunisie	7,3	14,3	9,6
Centre et Sud	2,9	7,7	3,0
Nord	10,5	14,3	12,3

b. Blé Tendre

Région	Blés Ordinaire	Blés à Haut Rendement	Moyenne
Tunisie	11,9	19,0	16,5
Centre et Sud	5,4	16,5	6,3
Nord	13,2	19,0	17,2

c. Orge

Région	Variétés Commerciales
Tunisie	7,7
Centre et Sud	4,2
Nord	11,2

1/ Source: Direction de la Planification, des Statistiques et des Analyses Economiques. Ministry of Agriculture. Tunisie. 1980.

FIGURE 1. Les Regions Semi-Arides De La Tunisie

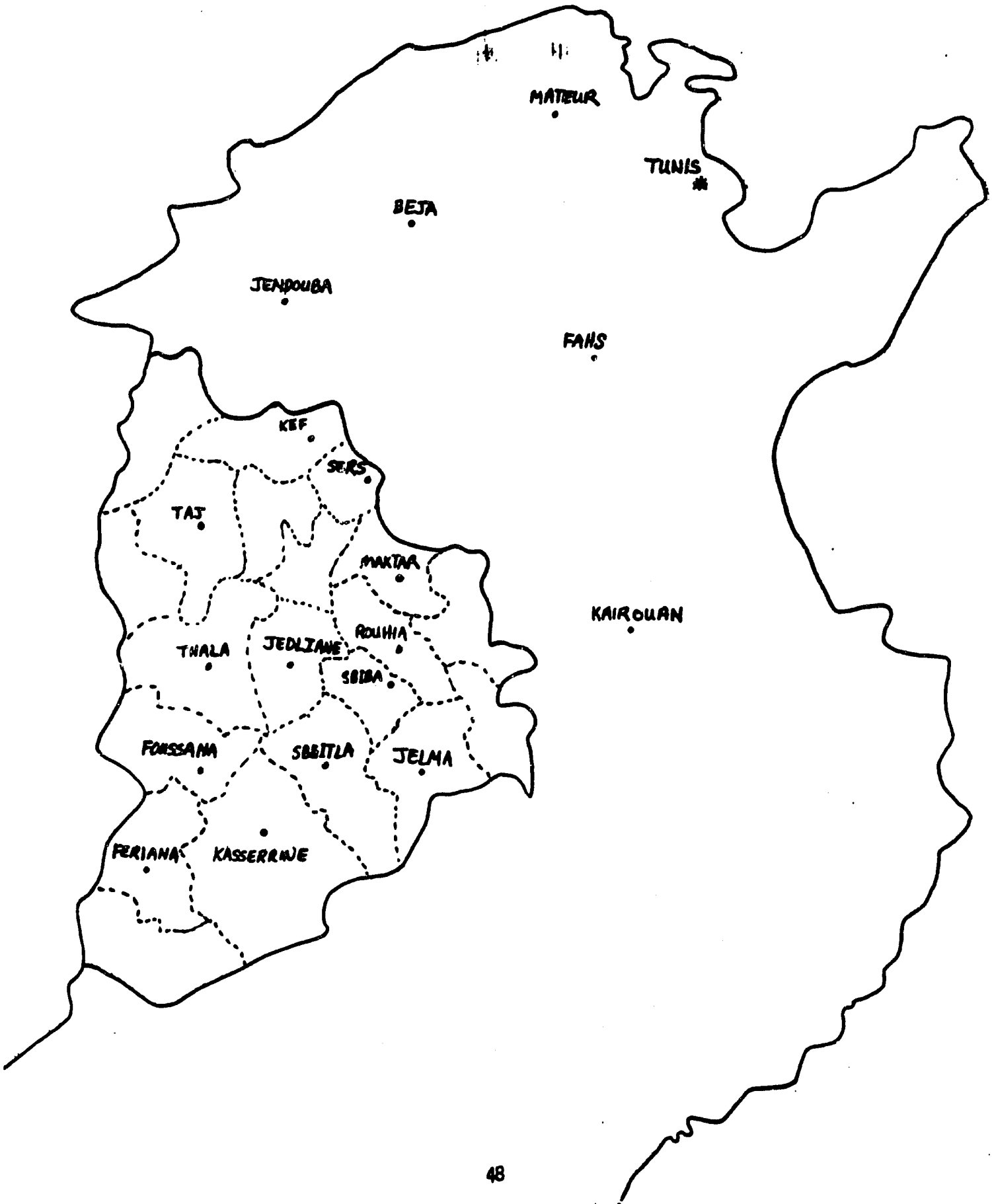


FIGURE 2. PLUVIOMETRIE, MOYENNE DE 25 ANNEES
- MAKTHAR, SBEITLA, TUNISIE

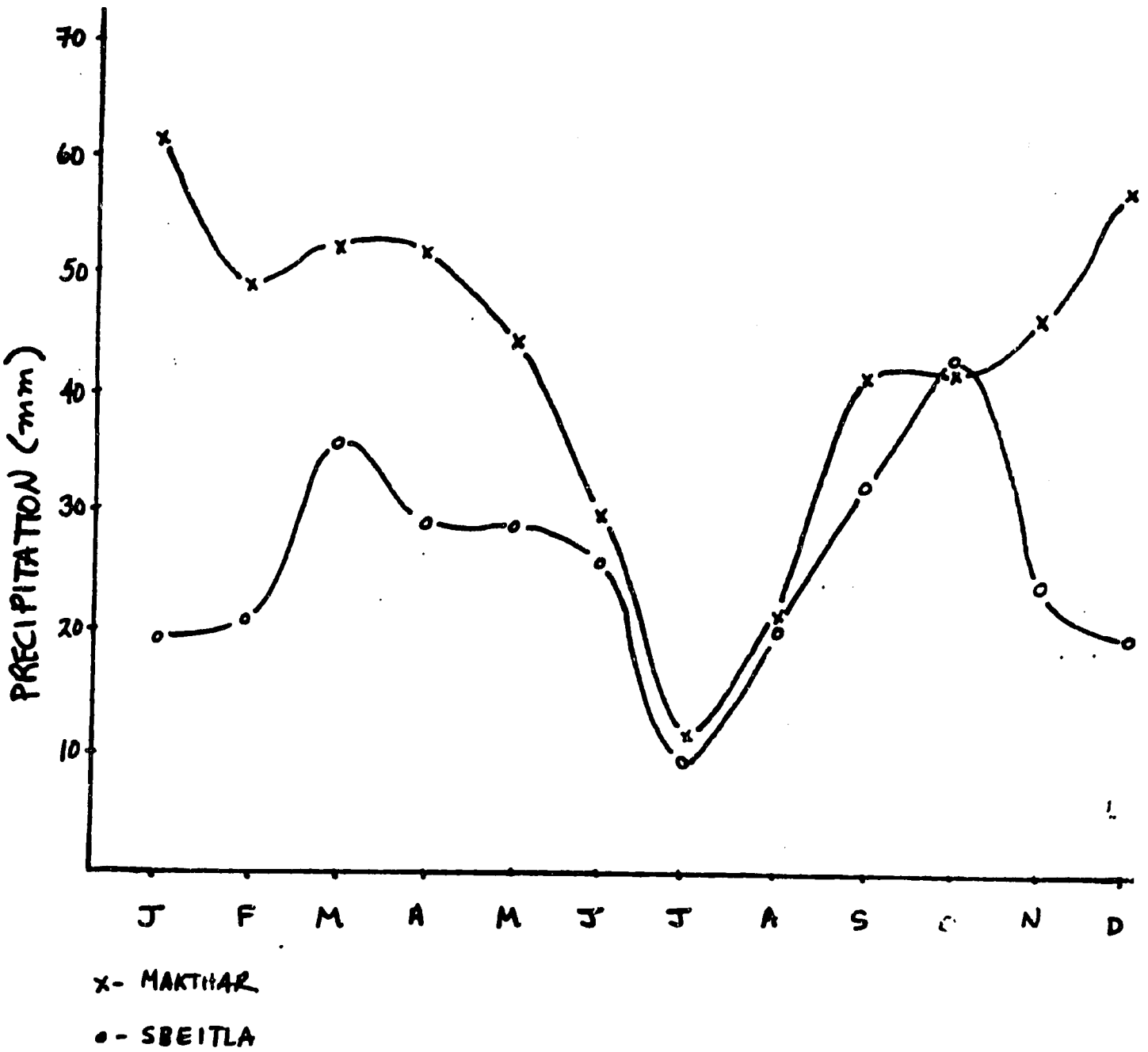
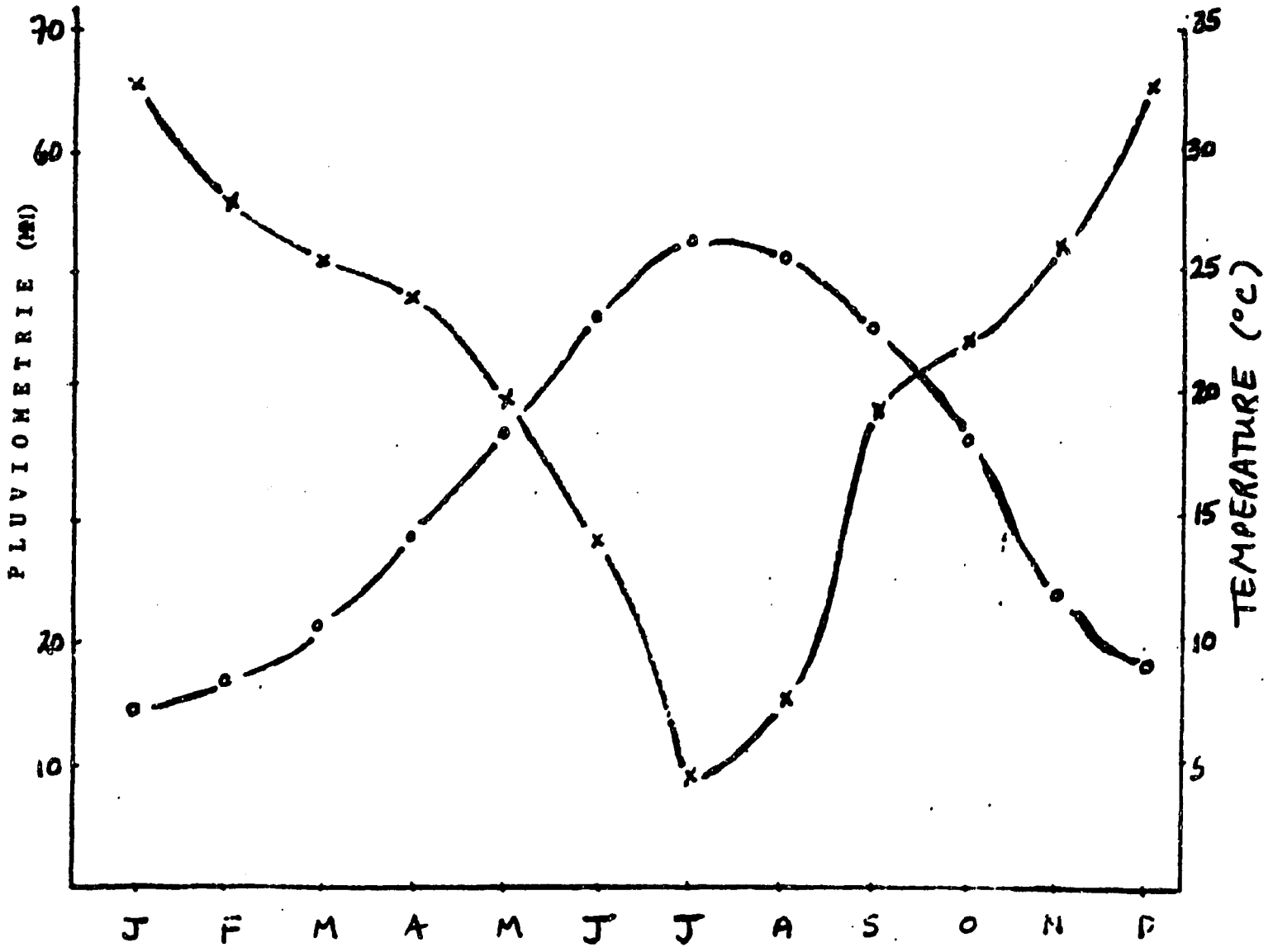


FIGURE 3. PLUVIOMETRIE ET TEMPERATURE
MOYENNE DE 55 ANNEES 1901 - 1955
KEF, TUNISIE



O - Température (°C)

X - Pluviomètrie (mm)

TECHNOLOGIE DES CEREALES

Moncef Ben Salem

PARTIE 1 : Aperçu général sur l'activité du laboratoire de Technologie des Céréales

L'activité du laboratoire de Technologie des Céréales se compose de trois axes principaux :

- Les analyses de routine ou de contrôle qui s'effectuent dans le cadre du programme d'amélioration des céréales.

- Des analyses qui s'effectuent dans le cadre d'une collaboration avec le secteur privé ou semi-étatiques.

- Un travail de recherche qui puise ses sources essentiellement du contact avec les responsables du secteur industriel.

A. Les analyses de contrôle (Tableau 1)

Ces analyses s'effectuent chaque année après la moisson des essais. Les résultats sont fournis aux responsables intéressés dans un temps le plus court possible, pour pouvoir les exploiter à temps.

Les résultats au cours des trois dernières années ont mis en évidence une variabilité importante des critères mesurés sous l'effet de la station (Tableau 2). Les critères les plus influencés par cette variation sont :

- Le poids de 1000 grains
- Le poids à l'hectolitre
- Les protéines totales
- Le diagramme alvéographique.

Cette variation peut être exploitée pour diviser les stations en zones favorables et défavorables à la manifestation d'un critère donné. La station du "Koudiat" (Bou Salem) favorise la manifestation du taux le plus élevé en protéines totales. Celle de Oued Béjà favorise le poids de 1000 grains et le poids spécifique.

B. Collaboration avec le secteur privé et semi-étatiques

Le laboratoire essaie d'être toujours en contact étroit avec les utilisateurs de la matière première (Minotiers, Boulangers, Organismes qui s'occupent de la commercialisation et du stockage, organismes de contrôle de la qualité). Ce contact nous a permis de suivre les problèmes qui se posent au niveau de la commercialisation et de l'utilisation des céréales et de leurs dérivés. Plusieurs applications ont résulté de cette collaboration:

a) Participation du laboratoire à l'établissement de critères de qualité pour les céréales primaires et leurs dérivés.

b) Le laboratoire participe aussi, en fournissant les indications nécessaires à guider l'industriel vers une utilisation donnée ou une correction donnée, lorsque la céréale présente des défauts de qualité. Ces défauts sont observés essentiellement chez les céréales importées ou ayant subies un stockage prolongé.

C. Programme de recherche sur la qualité des céréales

Ce programme concerne le choix des critères de qualité pour les blés durs, les blés tendres et les triticales:

1. Les blés durs :

Outre les analyses de routine, nous avons procédé à l'étude des pertes en pigments caroténoïdes au cours des différentes étapes de pastification. La coloration constitue un caractère important de sélection pour les blés durs. La perte la plus importante en ces produits intervient entre le pétrissage et le tréfilage. L'intensité de cette perte varie d'une façon importante avec la variété.

2. Les blés tendres :

a) Les blés tendres destinés à la boulangerie doivent avoir des teneurs en protéines totales au moins supérieurés à 9%. Les teneurs optimales ne sont pas connues. Actuellement on recherche les teneurs les plus élevées. Un travail effectué au laboratoire a montré que les teneurs optimales garantissant la meilleure qualité des pains se situent entre 12 et 13 %. Ces valeurs ne garantissent pas cependant une qualité nutritive optimale.

b) Nous avons commencé également une étude concernant l'effet de la variation de la teneur en cendres des grains sur la qualité et la pureté des farines : Ce problème constitue actuellement un point de divergence entre les minotiers et les organismes de contrôle.

3. Les Triticales :

Cette céréale était l'objet d'une étude détaillée. Nous donnons dans ce qui suit un compte rendu des travaux entrepris.

PARTIE 1 - Tableau 1 : Ensemble des tests effectués pour la sélection technologique du blé dur, du blé tendre et du triticale(1)

BLE DUR	BLE TENDRE	TRITICALE
- 1000 grains - Poids spécifique - Mitadinage - Teneur en protéines totale - Détermination de la teneur en pigments carotéeïdes - Rendement en semoule - Micro-fabrication de spaghetti. - Test de cuisson sur spaghetti	- 1000 grains - Poids spécifique - Teneur en protéines totales - Diagramme alvéographique - Rendement en farine - Panification expérimentale.	- 1000 grains - Poids spécifique - Teneur en protéines totale - Diagramme alvéographique. - Rendement en farine - Panification expérimentale.

(1) Le programme de l'amélioration de l'orge vient de débuter, nous espérons pouvoir établir, en collaboration avec les responsables de ce programme, les tests nécessaires à la sélection technologiques des lignées.

PARTIE 1. Tableau 2 : Exemple de variation des critères technologiques sous l'influence du milieu (DT R. 81).

HOUTOU	BEJA				BATEUR				KOUDIAT				KEB				MOYENNE			
CULTIVAR / VARIETE	PS	1000 G	prot/MS en p.100	W	PS	1000 G	prot/MS en p.100	W	PS	1000 G	Prot/MS en p.100	W	PS	1000 G	Prot/MS en p.100	W	PS	1000 G	Prot/MS en p.100	W
F x A	83	48,6	13,20	203					85,5	49,9	15,56	336					84	49,3	14,42	269
TAJET 80	83,5	41,9	12,10	247	82	36,6	13,44	254	84,5	42,6	14,11	237	80	39,3	12,33	321	82	40,1	13,01	264
SALAMBO 80	83,5	39,2	11,61	170	83	35,7	12,72	202	85	39,9	13,40	213	80	38,0	12,33	226	83	38,2	12,51	202
ARDUA 66	84,2	42,7	12,92	270					84,3	43,9	15,00	237	80	34,0	12,40	267	83	40,2	13,11	258
DRAGHA 74	84,5	40,0	11,97	293					84,1	35,3	14,42	351	79,5	38,5	12,47	218	83	39,2	12,95	307
CARTHAGE	85,4	37,7	12,87	358					85,1	37,0	15,35	428	81	39,6	12,64	262	83	38,1	13,62	349
MOYENNE	84	49	12,47	256	82,5	36	13,00	228	84,7	42	14,64	300	80	38	12,43	258	83,0			

PARTIE 2 : Le Triticale en Tunisie

- Est-il possible de l'adapter à l'alimentation humaine.
- Situation actuelle et avenir

INTRODUCTION :

Le triticale est une céréale entièrement nouvelle, fabriquée par l'homme à la suite d'un croisement entre le blé (triticum) et le seigle (secale).

Du point de vue agronomique cette céréale a montré des avantages certains :

- Possibilités d'adaptation aux sols tropicaux acides caractérisés par une forte pluviosité et des traces toxiques d'alumine et de cuivre.

- Tolérance aux gelées qui surviennent au cours de la période de végétation précoce (1).

- Résistance à la verse et aux maladies qui attaquent le blé : piétins, oïdium, septoriose, charbon (2)

- Rendement en grains supérieur à celui du blé, surtout quand les deux céréales sont cultivées en zones marginales (3). En Tunisie les rendements observés sont élevés (Tableau 1) et la résistance aux maladies est très bonne (4).

Du point de vue qualité nutritive le triticale est plus riche en Lysine que le blé. Contrairement au seigle le triticale ne renferme pas d'inhibiteurs de croissance pour les animaux (3). Le grain semble plus particulièrement adapté à la nutrition des monogastriques (porcs et volailles).

Du point de vue utilisation des triticales pour l'alimentation humaine les travaux sont rares. On peut signaler ceux du CIMMYT (5) et d'un groupe de chercheurs français (6). Les premiers affirment la possibilité de son utilisation en panification. Les seconds sont un peu méfiants.

PARTIE 2 - Tableau 1 : Résultats des essais de rendement sur triticale en Tunisie (1).

N°	VARIETES	BEJA			P (2)	H
		Qx/ha	% T (1)	CL		
105	Maya II - Arm"s" x 2832 - 13N - 1M - 3N - OM	52,21	130,29	1	- 12	105
111	PSACUM	50,73	126,60	2	- 13	110
103	Maya II - Arm"s" - 2802 - 9N - 2M - 3M - 3M - 2y - OM	50,64	126,37	3	- 13	105
115	Maya II - Arm"s" x 2802 - 38N - 3M - 3N - ON	50,24	125,38	4	- 13	105
110	Maya II - Arm"s" x 2802 - F - 12M	49,77	124,20	5	- 10	105
116	(Maya II - Arm"s")^2 x 8266 - 8 - 6y 1M - OY -	48,62	121,33	6	- 13	100
106	Maya II - Arm"s" x 2832 - 24M - 3M - 8N - 1M - 1Y - 1M - 2Y - OM	48,24	120,38	7	- 13	10
108	NAVOJOA	47,98	119,74	8	- 12	105
114	Maya I - Arm"s" - x 2148 - 5N - 2M - 3Y - 2M - OY	47,46	118,44	9	- 14	110
123	Maghrebi 72 (Témoin blé dur)	40,56	101,22	21	- 8	80
122	Dougga 74 (témoin blé tendre)	40,07	100	22	0	95
124	Carthage 74 (témoin blé tendre)	34,15	85,22	24	- 5	85

(1) Résultats du laboratoire de Génétique.

EST-IL POSSIBLE D'ADAPTER LE TRITICALE A L'ALIMENTATION HUMAINE

Au laboratoire nous nous sommes intéressés à l'étude du Triticale. Deux aspects ont retenu notre attention : Possibilité de son utilisation en boulangerie et évolution de la qualité du grain.

I - Panification industrielle :

Nous avons procédé dans une première étape à une panification strictement industrielle, accompagnée d'une enquête regroupant une cinquantaine de personnes. Les critères jugés sont :

- La couleur
- La texture
- L'odeur
- La saveur

Cette enquête (Tableau 2) a révélé deux défauts importants :

- Une texture compacte de la mie
- Un goût anormal qui persiste après la mastication.

PARTIE 2 - Tableau 2 : Résultats en % de voix de l'enquête concernant la qualité des pains du Triticale

Appréciation / Critère	Médiocre	Assez bonne	Bonne	Mauvaise
Couleur	5,55 %	30,5 %	63,8 %	0 %
Texture	32,5 %	26,9 %	14,7 %	26,4 %
Odeur	13,8 %	38,8 %	36,1 %	11,1 %
Saveur	29,7 %	29,7 %	32,4 %	8,10 %

II - Panification expérimentale

Son but était de remédier aux défauts cités ci-dessus. Elle est effectuée sur 100 g de produit provenant d'un mélange entre plusieurs farines.

L'échantillon final avait les caractéristiques suivantes :

W = 51 $\frac{P}{L}$ = 3,83 Cendres en p.100/MS = 0,70

L = 18,01 G = 10

Nous avons procédé au cours de cette panification au changement des critères suivants :

1) Le temps de fermentation
2) Le temps de pétrissage
3) La concentration en levure
4) Absorption en eau.
5) Nous avons procédé à l'étude de l'effet de quelques améliorants :
   a) Sans améliorant (T)
   b) + Sucre
   c) + Margarine
   d) + Lait
   e) + Acides ascorbique
   g) + (sucre + margarine + lait)
6) Etude de l'effet d'incorporation de farine de blé tendre (25 - 35) à raison de 25%, 50%, 75%.

L'amélioration du volume observée suite à ces traitements n'était significatif que pour la variation du temps de fermentation, de l'absorption en eau et de l'adjonction de sucre comme améliorant. L'effet du coupage a entrainé surtout une amélioration de la texture et de l'apparence des pains. Une légère augmentation du volume est aussi observée (Tableau 3).

PARTIE 2 - Tableau 3 - Effet des coupages sur la qualité des pains exprimée par le volume en c.c.

TR 25-35	T	25%	50%	75%
201	345	400	397	357
207	350	395	390	395
219	390	425	445	425
220	350	400	420	420

III - Etude des propriétés de la farine du Triticale

1. Analyses à l'alvéographe Chopin

Les analyses alvéographiques ont montré que la farine se caractérise par un W faible et un rapport de configuration à tendance plutôt tenace que élastique.

2. Analyse du gluten

La farine du triticale présente des teneurs en gluten très inférieures à celles de la farine des blés tendres (Tableau 4). Les teneurs en protéines totales sont par contre équivalentes à celles des blés (Tableau 7).

PARTIE 2. Tableau 4 : Exemple de variation des teneurs en gluten entre les triticales et les blés tendres

Variété	Gluten humide %	Gluten sec %	H_2O %
Triticale	16,11	5,60	10,52
F x A	27,90	8,80	19,09
Ariana 66	24,32	8,57	15,75

IV - Situation actuelle des tricales en Tunisie : du point de vue qualité :

L'analyse d'un ensemble de quatre vingt échantillons appartenant à des variétés cultivées dans 2 stations (Béjà, Mateur) a montré (Tableaux : 5,6,7) ce qui suit :

a) Le poids spécifique et le poids de 1000 grains restent relativement faibles.

b) Les teneurs en protéines totales (équivalentes ou légèrement supérieures à celles du blé) ont regressé par rapport aux triticales primaires.

c) Une nette amélioration du W est réalisée. Le rapport de configuration est déséquilibré (rapport d'activité du laboratoire 1981)

Partie 2. Tableau 5 : Variation du poids de 1000g en pourcentage*

1000 G	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55
%	3,94	26,3	21,0	28,9	19,7

Partie 2. Tableau 6 : Variation du poids spécifique en pourcentage*

PS	67-69	69-71	71-73	73-75	75-77	77-79
%	1,3	18,42	30,26	27,63	19,73	2,63

Partie 2. Tableau 7 - Variation des protéines totales en pourcentage*

Prot. en p100/MS	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
%	5,26	27,63	32,8	27,6	5,26

* Limite supérieure comprise dans l'intervalle correspondant.

V- Interprétation des résultats :

La farine de Triticale peut être utilisée en panification si elle est mélangée avec 25 % de farine de blé tendre tout en ajustant le temps de pétrissage et de fermentation.

Le mauvais comportement de la farine de triticale lors de la panification (pains lourds et mal structurés) semble être dûe à des défauts quantitatives et qualitatives du gluten. Les résultats laissent penser aux hypothèses suivantes :

1. Les protéines totales du Triticale sont formées essentiellement d'éléments solubles (albumines et globulines).

2. La proportion de Glutélines dans le gluten dépasse le taux de 25 %, ce qui donne à celui-ci un caractère tenace. Il est à noter qu'un gluten équilibré doit renfermer 25% de glutélines (tenacité) et 75 % de gliadines (élasticité).

CONCLUSION

- Du point de vue analyse de routine pour la sélection des nouvelles lignées, nous espérons que les analyses des protéines soient dirigées vers une détermination qualitative de celles-ci. Nous pensons à l'examen et à la sélection de lignées présentant des hautes teneurs en acides aminés essentiels : Lysine, Méthionine, Cystine.

- Du point de vue amélioration de la qualité des triticales notre attention sera portée sur l'étude du gluten. Seules les variétés présentant un fort pourcentage en gluten à caractère élastique équilibré sont intéressants sur le plan technologique notamment du point de vue utilisation en boulangerie.

REFERENCES :

(1) Cerès N° 77 (Vol 13, N°5) 1980

(2) CIMMYT Review (1980) pp 60-61

(3) La Meunerie Française (1978) N° 337 pp10.

(4) Rapport d'activité de la ferme modèle et démonstrative de Frétissa : Campagne 77-78 - 1ère partie : Généralités - Cultures.

(5) BORLAUG (1978) : Introduction au programme du Blé CIMMYT Review pp : 74.

(6) HERSANT P. et MARCHONJ M. (1981) : Valeur d'utilisation du triticale et de ses débouchés possibles dans les industries de cuisson. Ind. des Céréales N°10 pp: 13-23.

PROGRAMMES D'AMELIORATION DE L'ORGE DE L'I.N.R.A.T.

El Felah Mouldi
Ahmed El Ahmed

L'irrégularité des pluies dans le temps et dans l'espace caractérise le régime pluviométrique de la Tunisie. Dans le Nord de la Tunisie, où la pluviométrie oscille entre 400 mm et 850 mm, la culture du blé prédonnée sur celle de l'orge. L'orge est toujours cultivée dans des conditions de sol et d'humidité défavorables, elle est toujours semée en seconde paille, soit après blé ou après fourrage. Dans les zones marginales du centre et du Sud, la culture de l'orge est dominante par rapport au blé.

La programme d'amélioration de l'orge à l'I.N.R.A.T. a connu une discontinuité depuis les années 70.

Maintenant grâce aux efforts de Recherche, on essaie de trouver des variétés à haut rendement pour augmenter la production et limiter les effets de conditions adverses de culture.

Le tableau 1 montre l'évolution de la culture de l'orge dans le Nord et le Centre-Sud de la Tunisie depuis les années 1975-76.

Avec l'aide significative de l'ICARDA (Centre International de Recherche Agricole dans les zones arides), nous avons réalisé un programme d'orge ambitieux:

- un programme d'orge pour le Nord de la Tunisie et réalisé à Béja, Bousalem et Mateur.
- un programme commun pour le Centre et le Nord-Ouest et réslisé à Kairouan (Hindi Zitoun et Houareb) et au Kef (Boulifa et Tajerouine).

Le programme d'orge pour le Nord groupe les meilleures lignées d'orge dans des essais de rendement. Ces lignées d'orge ont été sélectionnées à Béjà pour leur haut rendement et leur résistance à la verse et aux différentes maladies d'orge (oïdium, Helminthosporiose, Rhynchosporiose, charbon nu et rouille brune).

TABLEAU NO: 1

Année	NORD			CENTRE ET SUD			TOTAL		
	Surface (1000 Ha)	Production (1000 ton)	Rendement (kg/ha)	Surface (1000 ha)	Production (1000 ton)	Rendement (kg/ha)	Surface (1000 ha)	Production (1000 ton)	Rendement (kg/ha)
1975-76	136	110	809	294	140	476	430	250	581
76-77	151	86	570	230	9	39	381	95	249
77-78	160	100	625	240	50	208	400	150	375
78-79	168	120	723	232	80	349	400	200	500
79-80	180	153	850	180	67	372	360	220	611
80-81	170	186,2	1095	273	83,7	307	443	270	609

Ces lignées prometteuses sont groupées dans des essais avancés au nombre de 4 et semées à Béja et Bousalem. Notons que nous avons réalisé 15 essais préliminaires d'orge à Béja. Les meilleures lignées d'entre eux passent l'année d'après dans les essais avancés.

Le programme du Centre et du Nord-Ouest est réalisé en commun pour les 2 régions et groupe les lignées d'orge dans des essais de rendement avancées au nombre de 3. Certaines lignées d'orge se voient tolérantes à la sécheresse et aux différentes maladies du Centre de la Tunisie (Charbon couvert et nu, oïdium, Helminthosporiose); pour le Nord-Ouest (Kef), la tolérance au froid est un critère de choix.

On a, aussi, réalisé une pépinière tunisienne d'orge appelée T B O N (Tunisian Barley Observation Nursery) qui groupe cette année 596 lignées sélectionnées à partir des pépinières qui nous parviennent de l'ICARDA et du CIMMYT (Centre International d'Amélioration du Blé et du Maïs).

Notons, aussi, que ces pépinières et essais sont semés dans nos différentes locations pour que la sélection soit efficace. De la même façon, on se réalise durant l'année 1980-81 une pépinière de croisement d'orge à Béja et l'on a réussi 148 croisements qui seront la F_1 cette année.

La pépinière de croisement groupe les lignées et variétés à haut rendement et les lignées qui expriment des potentialités agronomiques excellentes et une résistance vis à vis des maladies et de la verse.

Pour les maladies où l'inoculum fait défaut dans la nature, nous avons réalisé à Mateur une infection artificielle des pépinières d'orge pour la rouille jaune et la rhynchosporiose. Pour le Centre de la Tunisie nous avons réalisé une infection des pépinières par le charbon couvert.

Comparativement aux variétés de grande culture Martin (6 rangs) et Cérès (2 rangs), certaines lignées et variétés d'orge montrent une nette supériorité que ce soit du point de vue rendement ou résistance aux différents effets adverses de la culture de l'orge.

Le Tableau No. 2 montre les lignées prometteuses pour le Nord de la Tunisie: Béja et Bousalem (1980-81).

TABLEAU NO. 2

Variétés ou Pedignée	BEJA			BOUSALEM		
	Rendement (kg/ha)	%/Témoin	Epiaison (jours)	Rendement (kg/ha)	%/Témoin	Epiaison (jours)
ER/Apam	5180	131,47	120	3910	134,92	122
CM67/SV Mari CMB-72-140-87-1B-OY	5208	123,33	118	4055	139,92	119
HP 119/7	4413	130,33	119	3912	112,12	116
CLIPPER	4036	119,25	127	4463	154,00	122
WI 2231	4233	125,01	121	4395	125,97	119
Cérès (Témoin)	3386	100	124	3489	100	122
Martin (Témoin)	2978	100	130	2195	100	128

Le Tableau N° 3 montre les lignées d'orge prometteuses dans le Centre de la Tunisie (Kairouan): 1981

TABLEAU 3:

Variétés ou Pédignée	Rendement (Kg/ha)	%/Témoin	Epiaison (jours)
Composite 29	3826	127,95	114
WI 2198	3312	110,76	106
Heines Standard	3382	122,82	118
Beecher	2917	108,20	98
Martin (Témoin)	2990	100	118

Noton que l'on a fourni à l'Office des Céréales toutes ces variétés prometteuses pour les essayer dans plusieurs locations et les multiplier par la suite.

La Distribution Des Programmes d'Orge en Tunisie, 1981-82

Location	AYT-N				AYT-C			P Y T					AYT-Algeria Exp.1-10	RBYT	IBYT	TBON	BON	EBON	PCO	KLBN-B	TCB	RCB	MCB	F1	F2					F3	F4	F5	PM
	1	2	3	4	1	2	3	5	6	7	8	9													RSP 1-20	RSP 1-20	SXS	SXW					
Béja	×	×	×	×				×	×	×	×		×	×		×	×				×	×	×	×					×	×	×	
Bou Salem	×	×										×																					×
H.Zetoune					×	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×	×						×				×	×	×	
El Kef					×	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×								×		×	×	×	×	
Tdjerouine					×	×	×									×																	
Houareb					×	×	×									×											×						
Mateur																×				×													
Bourbiaa																×																	
Fahs*														×			×					×											
Magrine*														×								×											
IRA																×																	

* ICARDA Nurseries with the Office des Cereales

PROGRAMMES DE SEMENCE DE BASE ET DE CERTIFICATION CEREALIERE

Don Brewer

Johnnie Douglas mentionne dans son ouvrage intitulé: "Programmes de semence réussis" que les semences sont indispensables pour la survie de l'humanite. La semence renferme le potentiel génétique le plus élevé que la science peut développer et une composante vitale de l'agriculture moderne. La semence, à la manière de l'ordinateur, garde et restitue des caracteristiques spécifiques. Les semences des variétés améliorées promettent à l'agriculteur de produire une récolte plus grande avec plus de qualités désireés. Ceci semble bien résumer l'importance de la semence. Cependant avec toute l'importance que Johnnie donne à la semence il parait souvent qu'après l'obtention de la variété, la place de celle-ci est l'un des derniers points auquel on a pensé. Le point à souligner ici que souvent aprés la mise en circulation d'une variété par un chercheur son maintien n'est pas pris en considération. Les trois raisons essentielles pour un programme sont: 1. La perte de la variété si elle n'est pas maintenue, 2. Trop peu de gens bénéficient de la nouvelle variété s'il n'y a pas une sorte de programme de maintenance et de distribution, 3. La variété devient vite un produit inférieur ayant pour résultat le blâme du chercheur au lieu de son mérite.

Il y a actuellement plusieurs variétés semblables et la possibilité de les identifier sur champ ou après récolte devient difficile ou impossible. En sus il y a une connaissance limitée quant à l'identification variétale utilisant les caractéristiques de la semence. Ceci étant le cas, des mesures doivent être prises pour le maintien de la purete des semences. Ainsi des programmes de semences certifiées doivent être organisés pour tout pays.

Le but de la certification tel qu'on le pense actuellement est de présenter un service de maintien et d'amélioration des qualités des semences des variétés semées et distribuées. Ceci est fait de façon à garantir la pureté variétale tout en suivant les régles et les techniques appropriées.

Durant les 75 dernières années des programmes ont été établis pour garantir le maintien de la qualité génétique des variétés. Quant on parle de variétés on défini celle-ci comme un ensemble d'individus cultivés distingués pour des caractères morphologiques, physiologiques, cytologiques, chimiques ou autres pour des buts significants en matière de production agricole, forestière ou horticole pouvant garder leurs traits distinctifs. Ces programmes développés utilisent toutes les techniques du maintien de la pureté génétique et de la qualité mécanique de nos semences certifieés.

Je cite les techniques utilisées pour certifier les semences:

1. La variété propre
2. Le système de génération
3. Les donneés sur le champ (terrain)
4. Le controle des champs
5. Les standards mécaniques de la semence

Les variétés certifiées: pour le maintien de la qualité génétique d'une variété il faut qu'elle soit examinée pour s'assurer de sa stabilite. Nous entendous par stabilité la non variabilité de la variété une fois cultivée. La variété doit être uniforme et doit être différente des autres variétés existantes.

Les générations: la nomenclature standard pour les 4 générations est la semence de base, la semence d'origine, la semence inscrite et la semence certifiée. La semence de base est définie comme étant la semence de toutes les classes de semence certifiées. Elle est directement maintenue et controlée par le chercheur ou l'institution d'origine et donne lieu à la génération suivante qui est nommeé semence d'origine. Cette semence d'origine est obtenue des champs

semés avec la semence de base. Les récoltes des semences d'origine constituant les semences inscrites qui lorsqu'elles sont semées et récoltées deviennent des semences certifiées. Normalement il n'y a pas de génération après la quatrième et la plupart des variétés céréalières suivent un tel programme puisqu'elles sont normalement autogames. Le nombre de générations qu'un chercheur souhaite fixer à sa variété est laissé à sa discrétion.

Les données sur le champ et le précédent cultural: Evidement, si nous voulons éviter la contamination, le sol qui va recevoir la semence ne doit pas renfermer des graines de la même espèce. Le retour de la sole pour différentes récoltes varie suivant la longévité des semences non désireés. Cependant il est généralement convenu qu'une période de deux ans est nécessaire pour les céréales pour éviter la contamination. Ceci est vrai quand on parle d'agriculture en sec, mais en cas de pluviomètrie abondante ou d'irrigation, souvent une année est suffisante pour avoir un sol sans impuretés.

Controle sur champ: Les céréales nécessitent normalement un seul controle qui se fait généralement quand les champs prennent la couleur jaune dorée. L'idéal c'est de faire deux controles, le premier au moment de l'épiaison pour constater la présence des charbons et le deuxième au moment du changement de couleur du champ. Si un seul controle est fait il doit avoir lieu quand le controleur est en mesure de déterminer la forme, les dimentions et la couleur de l'épi. Selon les limites des programmes de certification, les conditions varient suivant le maximum des impuretés permises, des charbons et l'ergot pouvant être présents. Au cours de cette opération le controleur peut limiter la proportion des mauvaises herbes.

Après le controle sur champ donnant satisfaction un controle du materiel de moisson et de battage des semences certifiables est conseillé.

Les standards de la qualité mécanique: Le laboratoire des semences procède à la détermination de la purete mécanique. Il détermine le pourcentage des semences pures, des autres semences,

de la matière inerte, la présence des spores de charbon, les graines des mauvaises herbes et évidemment la viabilité de la semence. La présence des mauvaises herbes est étudiée à ce moment là. Des tests peuvent être faits au laboratoire pour étudier les hors-types et les autres variétés. La sophistication du laboratoire de semences est un facteur limitant. Les résultats des tests sont utilisés pour savoir les limites de la certification. Ces résultats sont aussi utilisés par le producteur des semences pour en fixer le prix. Si les semences remplissent toutes les conditions elles sont étiqueteés et mises en sacs comme semences certifiées.

Les semences d'origine:

Retournous à la maintenance des stocks de semences d'origine. Il est indiqué que ces stocks représentent l'accroissement direct des semences de départ qui sont la base pour la production de semences inscrites et certifiées à l'échelle commerciale. L'important est de prendre les précautions nécessaires pour éviter la déterioration variétale qui peut avoir plusieurs causes, 1. les mélanges mécaniques, 2. les croisements naturels, 3. les mutations, 4. la fréquence des changements de gènes causés par les agencements génétiques dûs au hazard et la sélection, 5. la fréquence des changements de gènes dûs à la pression de sélection du multiplicateur et 6. la perte de l'héterozygosotie. Dans certains cas un pays souhaite le maintien du controle de toutes les semences d'origine des variétés produites par l'institution de recherche. Ceci est réalisable par la constitution d'un organisme assurant la production de semences d'origine. Cette semence peut-être produite sur les fermes d'etat ou chez les céréaliculteurs choisis compte tenu de leurs capacités et moyens de travail. Il faut se rappeler qu'un programme de semences d'origine doit-être suffisamment grand pour assurer une production annuelle de qualité, de semences inscrites et certifieés pour le semis des surfaces désirées à l'échelle nationale.

Des provisions en matière de semences d'origine doivent être faites pour palier aux échecs de production. L'importance d'une variété spécifique assurant le maximum de rentabilite pour la majorité

des campagnes justifie une attention spéciale pour le maintien d'une réserva de semence. Il est de toute importance qu'un programme de semence d'origine reconnaisse certains principes de base, 1. chaque producteur de semences qualifié doit avoir la possibilité d'acquérir des semences d'origine ou les semences directement issues de celle-ci à un prix raisonable, 2. il ne devrait pas y avoir un monopole dans l'accès à la semence d'origine, 3. la semence doit avoir un haut niveau de purete et de germination et le résultat d'une production commerciale de semences certifeés baseés sur un programme de semences d'origine est la bonne semence à un prix raisonable. Les producteurs de semences sont encouragés à utiliser ces semences d'origine pour la production de semences inscrites ou certifiées sur le plan quantitatif.

L'ORGANISATION POUR LA COOPERATION ECONOMIQUE ET LE DEVELOPPEMENT D'UN PLAN DE CERTIFICATION (O.C.E.D.C.)

C'est un programme international dont la participation est limiteé aux gouvernements des pays membres. L'objectif de l'O.C.E.D.C. est d'encourager l'utilisation des semences de haute qualite dans les pays membres. Le plan autorise l'utilisation des étiquettes et certificats pour les semences produites et conditionneés pour le commerce international selon les accords de base. Entre parenthèse, je dirais que le plan de l'OCEDC donne pour un pays un excellent moyen d'éviter l'établissement d'un programme de semence d'origine et de certification. Si un pays le veut il peut signer un contrat avec une agence de certification dans le cadre de l'OCEDC pour la production et la maintenance de certaines variétés selon la procèdure de l'OCEDC. Ceci est un moyen rapide pour un pays d'être concerné par la production de céréales de haute qualite génétique sans avoir à former un organisme de certification. L'OCEDC est ouverte à tous ses membres ainsi qu'aux autres pays membres de l'organisation des nations unies. Si un pays participe dans le programme il est appelé à assurer le respect de la réglementation en vigueur. Le plan est basé sur les principes suivants: il couvre seulement les cultivars officiellement reconnus comme distincts et ayant une valeur acceptable au moins dans un pays. Les noms de ces

cultivars sont publiés sur une liste officielle et toutes les semences certifiées produites doivent être directement reliées à travers une ou plusieurs générations à la semence de base du cultivar. Le nombre de générations permises pour le croisement avec le seigle doivent être strictement limité. Le facteur principal déterminent le standard d'une semence certifiées est la pureté variétale de la semence de base, raison pour laquelle des tests spéciaux lui sont prescrits. Les conditions satisfaisantes pour la production et le conditionnement des semences de base et des semences certifiées doivent être garanties par l'inspection sur champ et les tests de contrôle ultérieurs. Ces tests sont faits pour s'assurer que la réalisation du programme est satisfaisante. Ils déterminent en particulier l'absence de changement des caractères des cultivars au cours de la multiplication et permettent le controle des cultivars et de la purete variétale des lots individuels de semences. Le succès du programme dépend de l'entretien d'une très proche coopération entre les chercheurs et les autorités des pays membres. J'ajouterais qu'il y a quelques points caractérisant le programme OCEDE qui font sa différence avec le programme déja décrit. Le premier point dont il faut se rappeler est que le programme OCEDE concerne la pureté variétale seulement; ce qui veut dire que la purete mécanique qui signifie la purete et la germination n'est pas prise en considération dans ce programme. Aussi la désignation des categories de semences ou générations comme décrites auparavant sont les mêmes quoiqu'une nomenclature différente est utiliseé. En cas de programme OCEDE, la semence de base est appeleé semence de prè-base, la semence d'origine est appeleé semence de base qui produit àson tour la semence certifieé dans les deux programmes. Comme déja mentionné, il y a un programme de tests pour comparer la semence d'origine soit dans le pays où la semence de base est cultiveé.

En conclusion nous avons vu la nécessité du programme de certification dans un pays, principalement pour permettre le maintien et la distribution de la variété une fois mise en circulation par le producteur. Nous avons vu l'importance du programme de la semence

d'origine suivi par un pays ou sous son stricte controle. Puis avec des ressources limitées, un pays peu s'adresser à l'étranger pour obtenir des variétés de semences certifiées issues soit des variétés locales soit de variétés qui lui sont étrangères. Ceci est proposé quand il n'y a pas la possibilité de réaliser un programme de semence d'origine et de semence certifiée dans un pays où les variétés sont mises en circulation.

PRODUCTION ET MULTIPLICATION DES SEMENCES EN TUNISIE

Mouldi Ghanmi
Chef du Laboratoire de
Contrôle des Semences (D.P.V.)

I. INTRODUCTION:

La production des semences, notamment les semences de blé, revêt une importance primordiale dans l'agriculture tunisienne. En effet, et depuis les années 68/69 avec la création du projet blé, les autorités tunisiennes soucieuses de fournir aux agriculteurs des semences de qualité, ont élaboré un programme qui se base sur:

1) La recherche et la création de variétés à haut rendement.

2) L'expérimentation et la vulgarisation au niveau des agriculteurs et à grande échelle les variétés nouvellement créées.

3) L'élaboration d'un programme national de production de semences et ce par l'intermédiaire des organismes multiplicateurs.

4) L'instauration d'un système de contrôle et de certification qui doit garantir l'authenticité variétale et la valeur culturale des semences produites et commercialisées.

II. SCHEMA DE PRODUCTION ET DE MULTIPLICATION DES SEMENCES:

A partir des semences appartenant à des variétés créées par l'INRAT, le cas du blé par exemple, une certaine quantité est délivrée aux organismes multiplicateurs pour obtenir les semences de première multiplication qu'on appelle couramment SM1 et SM2. Les carrés de multiplication sont contrôlés par l'INRAT. Les organismes multiplicateurs (COSEM, CCSPS) confient

la production des SM1 et SM2, et ce selon les besoins arrêtés par une commission technique groupant l'Office des Céréales, l'INRAT, les organismes multiplicateurs et la Direction de la Production Végétale, aux agriculteurs multiplicateurs en vue de leur multiplication dans le cadre du programme national de production de semences.

Ainsi le schéma de multiplication se résume ainsi:

III. CONTROLE ET CERTIFICATION DES SEMENCES

La loi No. 76-113 du 25 Novembre 1976 et les textes subséquents ont permi d'organiser le secteur de production et de commercialisation des semences. En vertu de ces textes, la Direction de la Production Végétale, par l'intermédiaire du Laboratoire de Contrôle des Semences, est chargée des contrôles et des inspections des champs de multiplication. Le contrôle se base sur 4 étapes à savoir:

1) Un contrôle à priori sur des échantillons témoins en provenance des lots à certifier.

2) Un contrôle sur champs au moment de l'épiaison et avant maturité.

3) Un contrôle au Laboratoire portant sur la pureté spécifique, la faculté germinative, et autre, sur les semences provenant des champs de multiplication.

4) Enfin un contrôle à postériori sur champs des lots qui ont été certifiés.

Selon ce schéma de certification on a pu contrôler annuellement 15.000 Ha de semences appartenant à la catégorie Semences Certifiées, et 1.000 à 1.500 Ha de semences appartenant à la catégorie Semences de Base.

La production de semences certifiées au cours des dernières années a variée entre 180-200.000 Qx en bonnes années et 125-130.000 Qx en mauvaises années.

Le contrôle de qualité imposé pour la production de semences céréalières certifiées porte sur le respect des normes suivantes:

- Pureté spécifique minimale = 98 %
- Faculté germinative minimale = 85 %
- Nombre de graines tolérées pour un échantillon de 500 gr:
  - Avena sterilis = 0
  - Lolium rigidum = 1
  - Phalaris " = 1

IV. UTILISATION DES SEMENCES SELECTIONNEES EN AGRICULTURE TUNISIENNE:

1°/ Semences céréalières:

La production et la multiplication des semences céréalières améliorées, notamment le blé, constituent plus de 70 % de l'activité semencière en Tunisie.

En effet, les programmes de recherche entamés depuis plusieurs années ont permi de mettre à la disposition des agriculteurs 8 variétés de blé dur (Triticum durum) et 6 variétés de blé tendre (Triticum aestivum).

2°/ Semences appartenant à d'autres espèces:

La Direction de la Production Végétale a essayé d'entamer des programmes de multiplication et de certification de quelques espèces fourragères et maraîchères. Malheureusement les efforts restent limités par manque d'intérêt des organismes multiplicateurs et producteurs de semences qui préfèrent dépendre des importations de l'étranger de semences "Standard" ou "Commerciales".

PROGRAMME DE FORMATION POST UNIVERSITAIRE

Warren E. Kronstad

Le Programme international d'amélioration du blé hiver x printemps comprend 3 objectifs majeurs:

Le premier est le développement de lignées agronomiquement superieures pour leur distribution au niveau des pays en voie de développement. Le second axe concerne la recherche approfondie des différents aspects de la production céréalière et sont étudiés avec le personnel de recherche et de vulgarisation de chaque pays. Un programme de formation post-universitaire conduisant à des diplomes de M.S. et de Ph.D. en génétique et amélioration des plantes constitue le troisième aspect majeur du programme. Des 3 activités le programme de formation sera peut être le plus rentable à long terme. En résumant la philosophie de ce programme, il est necessaire de citer un proverbe Chinois qui dit; "Si tu offres un poisson à une personne, tu la nourris pour un jour, mais si tu lui apprends à pêcher, elle se nourrira pour toute sa vie". Le but du programme de formation est de divulger la technologie appropriée et d'enseigner aux autres à produire plus sur une unité de surface donnée.

Les étudiants étrangers necessitent souvent une formation spéciale en anglais. A l'université de l'état d'Oregon (OSU) il existe un institut de langue anglaise qui dispense une excellente formation pour les étudiants et qui leur permet de maîtriser la langue anglaise avant le commencement de leur programme académique. Plusieurs étudiants, le score du test d'anglais (TOEFL) mis à part, trouvent qu'il est trés avantageux de passer au moins un trimestre à l'institut de langue anglaise avant le début de leur programme. Le programme académique de l'étudiant post-universitaire, est elaboré avec une certaine flexibilité afin de mettre au point un programme individuel qui puisse permettre de répondre aux besoins professionnels specifiques. Toutefois, ceci est réalisé sans risque d'abaisser les niveaux ou de sacrifier la qualité du programme scolaire. En élaborant le programme de formation, il est aussi importart de souligner que cette experience scolaire, particulièrement pour les agronomes étrangers, doit être significative. Il serait ridicule d'insister sur l'importance du microscope éléctronique quand enfait, les

gens meurent de faim dans plusieurs pays du monde. Le programme de formation met aussi l'accent sur le développement de l'attitude professionnelle, l'habileté d'identifier les problèmes, l'importance de l'approche scientifique à la recherche et la necessité d'élaborer des comptes rendus concis des résultats de recherche. Les étudiants doivent aussi realiser l'importance du maintien d'un niveau élevé de dévouement si, en fait, nous devons aider à gagner la bataille entre la production vivrière et la population sans cesse croissante. Dans la perspective de développer un programme de formation qui puisse etre adapté aux besoins des pays locaux, il a eté possible a plusieurs étudiants d'effectuer les travaux de recherche de these dans leurs propres pays. Par exemple, quatre étudiants ont complété leurs recherches sur le blé au Mexique à CIANO, centre de recherche situé à proximité de Cuidad Obregon. Un autre étudiant, travaillant sur le riz, a complété sa recherche pour le PhD à l' IRRI, Centre international sis aux Philippines. Même quand les travaux de recherche de thèse sont effectués à l' Oregon State, on veille à ce que les axes de recherche soient appropriés aux objectifs professionnels de l'étudiant. Par exemple, plusieurs étudiants ont travaillé sur le problème de la toxicité d'aluminium qui est un facteur limitant majeur de la production du riz et du blé sur plusieur sols acides à travers le monde.

Actuellement ces chercheurs ont intégré cet aspect dans leurs programmes généraux de recherche dans leurs pays respectifs. Que l'on parle indifferenment des cours á prendre ou de la recherche de thèse, l'accent est placé sur la production de façon à ce que l'étudiant ne puisse pas perdre de vue les buts a atteindre les plus importants.

Ces jeunes gens doivent aussi s'y attendre à occuper des postes de direction dans leurs pays respectifs, aussi faudrait-il developper leur savoir faire dans ce domaine. Ceci est realisé de plusieurs manières. L'une est d'assigner à chaque étudiant quelque responsabilité dans le programme d'amélioration hiver x printemps. Il est ainsi tenu de presenter cette partie du programme aux agriculteurs et aux chercheurs en visite. D'autres personnes sont également appelées a travailler sous sa direction pour appuyer sur le developpment du savoir faire, et aussi et surtout pour lui apprendre a travailler en équipe. A l'interieur du projet il y a deux différents types de séminaires qui sont aussi conçus pour developper davantage le savoir faire. L' un est tenu conjointement avec les professeurs et les étudiants. Des sujets divers, allant de la maniere de developper un plant de blé idéal au rôle de pesticides dans le monde, sont abordés et chaque étudiant est tenu de

jouer le rôle d'animateur dans ces types de débat. Un second séminaire est presenté par les étudiants eux-mêmes. Plusieurs sujets relatifs aux cours ou à la synthèse d' un ensemble de concepts impliquant plusieurs disciplines sont discutés et, a tour de rôle, chaque étudiant est designé pour diriger les débats. En plus de ces aspects du savoir faire, il est aussi important d'apprecier la philosophie des techniques utiliseés dans le domaine de la vulgarisation parceque ces etudiants sont souvent appelés à vulgariser la technologie qu ils ont developpé aux agriculteurs. Le contact avec les agriculteurs durant les journées de champs et les visites rendues aux familles de fermiers permettent a l'étudiant de prendre conscience des problèmes que les agriculteurs rencontrent.

Il est important que les étudiants sachent qu'il y a une dignité dans la sueur humaine. Un améliorateur des plantes ou un agronome généraliste ne contribuent réellement que s'ils sont aux champs. On ne peut pas mettre simplement une blouse blanche, être assis derrière un bureau et espérer de développer de bons cultivars ou de nouvelles techniques de production pour augmenter la production. Il est aussi reconnu que la formation post-universitaire consiste en une serie de contacts interpersonnels. Chaque étudiant est considéré comme membre de l'équipe de recherche et comme tel, ses contributions aux succès obtenus par le programme sont clairement identifées. Il est également important à l'étudiant, une fois son diplôme obtenu de maintenir un contact permanent avec le programme. Ceci est réalisé grâce à une revue ayant pour titre "Gleanings" (glanures) qui est envoyée deux fois par an à tous les anciens étudiants et aux professeurs associés, décrivant tous les événements actuels à l'interieur de projet. Aussi, en raison du programme international qui permet à plusieurs membres de projet de voyager dans plusieurs pays, il est possible de s'arreter et d'aider un ancien étudiant en lui donnant, chaque fois que possible, encouragement et support.

Nous sommes extrêmement fiers de ces étudiants que ont fait partie du projet. Jusqu à present 66 chercheurs de differents pays ont obtenu des diplômes de M.S. ou de Ph.D. dans le programme. Plusieurs ont ou sont en train de faire des contributions positives dans les programmes de leurs propres pays, plusieurs d'entre eux sont maintenant nos correspondants pour l'évaluation des pépinières d'observation hiver x printemps et d'essais de rendements. Encore une fois, un proverbe, peut être bien approprié, quand on considère le programme de formation post universitaire, dit: "si tu

planifies pour demain sèmes une graine, si tu planifies pour une génération, plantes un arbre, si tu planifies pour la vie, sèmes une idée". C'est le concept de base et la philosophie du programme de formation post-universitaire que de semer des idées de façon á ce que les jeunes personnes, chanceuses et intelligentes soient armées de moyens necessaires pour developper et disseminer la technologie appropriée necessaire.

LE PROGRAMME D'AMELIORATION DU BLE HIVER X PRINTEMPS

W. L. McCuistion

Le concept de croiser les pools de gènes des blés d'hiver et de printemps n'est pas nouveau. Des variétés de blé issues de tels croisements étaient obtenues depuis 1924. Quelques variétés specifiques de blé issues des croisements hiver x printemps portant les pédigrees et l'année de mise en circulation sont portées dans le tableau 1.

TABLEAU 1. VARIETES DE BLE ISSUES DES CROISEMENTS HIVER X PRINTEMPS

Année	Variété	Parent hivernal		Parent printenier
1924	Ridit	Turkey	x	Florence
1924	Reliance	Kanred	x	Marquis
1933	Rex	White Odessa	x	Hard Federation
1934	Thatcher	Iumillo Kanred	- -	Marquis x Marquis
1942	Federation 41	(Martin x White Federation)	x	Federation 6
1950	Norin 10-Brevor	Utilisée comme source de nainsme dans les blés de printemps.		

La recherche céréalière de coopération internationale à l'université de l'Etat de l'Orégon (U.E.O.) commenca au milieu des années 1960 lorsque Dr. Kronstad a été conserné dans l'introduction de cultivars demi-nains en Turquie. Dr. Bolton et d'autres membres du personnel de l'U.E.O. sont allés en Turquie pour participer au développement d'un programme de recherche céréalière et la formation du personnel turc. Une relation professionnelle etroite a été établie avec le gouvernement turc, l'U.E.O., la fondation Rockefeller, U.S.A.I.D. (Agence des états Unis pour le développement

international) et le CIMMYT (Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé). En 1976 le CIMMYT demanda à l'U.E.O. de développer un centre de gènes du blé d'hiver pour compléter leur centre de blé de printemps. Un contact de l'USAID pour le développement international a sontenu ce programme interessant, se répandant rapidement.

L'objectif global étant l'accroissement des productions du blé dans les régions à pluviométrie hivernale. Les objectifs particuliers du programme sont: 1) La création de la variabilité génétique. 2) L'échange de gènes entre les programmes de la coopération. 3) L'échange de l'information et 4) l'établissement de lignes de communication entre les chercheurs en céréales. La coopération ettroite entre l'U.E.O. et le CIMMYT sert à la réalisation des objectifs relatifs à la création et la présentation de la diversité génétique, l'information et l'interaction avec des coopérateurs à travers le monde.

Au cours de l'année précédente le programme international de l'U.E.O. pour le croisement du blé hiver x printemps a distribué 30 lots de populations de la F_2 ayant 100 entrées. La pépinière internationale de sélection du blé hiver x printemps comportant 220 à 250 entrées a été installeé dans 110 localités dans 51 pays. Les 25 meilleures performances de la pépinière de sélection sont groupées dans des essais internationaux multiples de rendement et sont actuellement distribuées à 15 localités choisies pour une évaluation ulterieure. Des instructions spécifiques sont donneés quant au semi des pépinières, la notation des maladies et des données agronomiques qui sont renvoyées à l'U.E.O. pour l'analyse à l'ordinateur. Toutes les donneés sont porteés sur un document et retournées aux interessés de la coopération. Les principales maladies notées et groupées sont: Puccinia striiformis, Puccinia recondita, Puccinia graminis tritici, Septoria sp et Erysiphe graminis tritici. Plusieurs entreés manifestant la résistance combinée aux trois rouilles sont présentees dans le tableau 2.

TABLEAU 2. Cultivars de la 8eme IWSWSN
Résistants aux trois espèces de rouille.

Entreé	Pedigree
33	RBS/ANZA/3/KVZ/HYS//YMH/TOB
51	AU/SN/3/MD*2/VG8316
73	MD/CI13438//CJ, F_1/3/CTFN*3/JN
87	55-1744/PI//237-20/KVZ

Il est interessant de noter que les variétés russes Kavkaz (KVZ) et Aurora (AU) se retrouvent dans trois entrées sur quatre. Ces variétés ont été remarquées pour le maintien d'un niveau acceptable de résistance et la bonne combinaison avec les autres cultivars.

Les entrées dans la pépinière de sélection ont été aussi évaluées pour tous les cultivars mentionnés dans toutes les localités. Les cultivars choisis dans la 8eme IWSWSN pour une performance supérieure sont portes dans le tableau 3.

TABLEAU 3. Les Cultivars choisis dans la 8eme IWSWSN pour une performance supérieure dans toutes les localités

Entrée	Pedigree
17	ROM F 9-70//CNO/GLL
21	BHR//CNO/GLL
30	CLLF/BEZ//SU92/CI 13645/3/NAI/4/EMU
46	F115-72
48	AU/CO 652337

Le sondage des pools de gènes des blés d'hiver et de printemps génétiquement riches en combinaisons hybrides offre en définitive un pool génétique interessant pour les programmes de coopération.

La liste abrégée des cultivars de blé est un résultat direct du programme de blé hiver x printemps. C'est une liste alphabétique standardisée et informatiseé des cultivars de blé utilisés dans les programmes de recherche céréalière à travers le monde. Elle n'est pas une liste exhaustive de tous les cultivars connus. Des tirages mis à jour sont distribués à tous les coopérateurs ainsi que d'autres organismes suivant leur demande

Le programme de recherche céréalière de l'U.E.O. a évolué graduellement en un système informatisé. Le rôle de l'ordinateur est: 1) Garder les enregistrements, 2) Analyse des donneës, 3) Pépinières internationales et 4) Stockage et retrouvaille de l'information. Actuellement une banque de gènes est en cours de réalisation pour stocker les diverses collections de cultivars. Un échantillons de 90 grammes de chacun des 1500 cultivars a été enregistré et gardé dans un local à longue conservation. Toutes les observations connues pour chaque échantillon ont été dictées à l'ordinateur. La collection sera aggrandie toute fois que des cultivars nouveaux sont connus pour leurs qualités. La collection a été restrainte aux cultivars d'hiver et d'hiver x printemps. Aux alentours de l'automne 1982 il sera possible de retrouver rapidement et efficacement les semences et les infromations pour un groupe de cultivars pour une caracteristique donnée qui pourrait être demandée par un coopérateur. Nous jugeons que l'ordinateur est un instrument important qui puisse nous aider grandement dans la manipulation de notre programme céréalier.

RECHERCHES ET TRAVAUX DE 3eme CYCLE DE L'INAT RELATIFS A L'AMELIORATION DES CEREALES

H. Ketata and A. Daaloul

L'INAT a commencé en 1976 un programme de formation d'ingénieurs de spécialisation appelé 3eme Cycle de l'INAT. Ce programme avait pour objectif de former des ingénieurs agronomes ayant une base scientifique valable non seulement pour entreprendre un travail de recherche mais aussi--et surtout--pour résoudre des problèmes de production. Les ingénieurs sortants doivent donc avoir une vue générale et réaliste des problèmes actuels relatifs aux besoins du pays dans divers secteurs de l'agriculture.

Alors que la première promotion (1976-1978) comprenait uniquement 3 étudiants de la section Phytotechnie, la promotion actuelle (1982-1984) en comprend 13. Une part non négligeable du travail de l'étudiant consiste à suivre en une première année des cours et applications à l'amphithéatre et au laboratoire. Parallèlement, l'étudiant, encadré généralement par un ou deux professeurs, entame un sujet de recherche qu'il poursuit pendant une période moyenne de deux ans.

Un certain nombre d'étudiants ont choisi les thèmes suivants relatifs aux céréales:

- le mitadinage du blé dur
- l'utilisation combinée de l'orge en grain et en fourrage

- la résistance à la sècheresse des céréales
- l'influence du génotype et de l'environnement sur le taux en protéienes des blés durs et tendres
- l'influence de la date et densité de semis sur le rendement et l a composantes du rendement du blé.

De ces cinq thèmes seul a été soutenu jusqu'ici le travail relatif au premier. Les principales conclusions de ce travail font ressortir que le mitandinage est un phénomène physiologique qui est déterminé par le génotype et influencé par l'environnement. Il se traduit en pratique par une baisse du rendement semoulier ce qui déprécie la qualité du blé dur entraînant ainsi une diminuation du prix accordé à l'agriculteur. L'étude a montré qu'une nutrition azoteé bien appropriée permet d'éviter ou d'attenuer le risque de mitadinage.

Le travail du second thème sera soutenu (fin avril 1982) par une étudiante encadrée par deux professeurs responsables des laboratoires de biométrie et de production fourragère. L'étudiante a montré que l'orge, dans les conditions de culture tunisiennes, peut être exploitée sous deux formes au cours d'une même saison, à savoir la production de fourrage et la production de grains. Moyennant un choix adéquat du cultivar et une exploitation en vert appropriée, cette double utilisation permet d'augmenter le rendement en grain tout en assurant une production de fourrage de bonne qualité.

Les résultats préliminaires de la 3eme étude indiquent que la consommation en eau sous deux régimes hydriques dépendait de l'espèce (blé tendre, blé dur et triticale) et du régime hydrique (40% CAC/ et 80% CAC) et que le meilleur rendement ne correspondait pas au maximum de consommation hydrique.

Les autres études sont en cours d'exécution et seront soutenues par les étudiants responsables au courant de l'année 1983.

Parallèlement à ces travaux, d'autres ont été commencés par certains professeurs depuis quelques années et permettraient à d'autres étudiants de s'accrocher à un sujet qui les interessera. Nous citons, à titre d'examples:

1. Une étude sur le tallage des blés dur et tendre
2. Une étude génétique sur les composantes du rendement du blé tendre.

La première étude a montré que les blés tendres utilisés se distinguent des blés durs par leur tallage plus élevé. Des essais de densité de semis effectués en trois années ont montré que le tallage peut être modifié par la densité de semis laquelle n'avait pas eu d'effet significatif sur le rendement en grain. L'augmentation de la densité de semis accroît le tallage, peut diminuer le nombre de grains/épi, mais ne semble pas affecter le poids de 1000 grains.

La deuxième étude, concernant un diallele à 5 cultivars de blé tendre, a permis de montrer que le mode d'action génique

impliqué dans le contrôle génétique du nombre de grains/épi, de la hauteur des plantes et du poids de 1000 grains était essentiellement du type additif alors que celui relatif au rendement en grain est du type non additif. Ces résultats sont considérés comme étant préliminaires et le même essai diallele est repeté en 1981 toujours en semis espacé et en 1982 en semis normale et espacé.

Il est à noter que les travaux de recherche de 3eme cycle à l'INAT, étant en général exécutés par des étudiants soucieux d'avoir des résultats précis, objectifs et dans le minimum de temps, sont plus efficaces et moins coûteux que s'ils étaient entrepris par un personnel technique de niveau moyen. Les résultats de ces travaux servent à alimenter et l'enseignement et la recherche. L'enseignant aurait, par example, l'occasion de mettre à jour ses connaissances bibliographiques concernant divers sujets. L'améliorateur des céréales y trouvera certaine réponses à des problèmes d'ordre pratique ou théorique, et pour lesquels il ne peut se permettre de consacrer une partie importante de son temps. C'est ainsi que la connaissance du type d'action génétique determinant un caractère donné lui permettrait de choisir la technique d'amélioration appropriée.

Il faut remarquer enfin que les travaux de recherche sur céréales entrepris à l'INAT ont été toujours exécutés avec la collaboration ou l'aide d'autres institutions dépendant du Ministère

de l'Agriculture à savoir l'INRAT, l'Office des Céréales et l'ESA du Kef. Nous espèrons que cette collaboration continue plus renforcée puis qu'elle ne peut être que bénéfique pour l'agriculture tunisienne.

LES TECHNIQUES DE LA PRODUCTION CEREALIERE DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES

Floyd E. Bolton

INTRODUCTION

La production des céréales dans les régions semi-arides (ou sous des conditions de culture en sec) à travers le monde et particulièrement dans le centre de la Tunisie est toujours caractérisée par au moins deux conditions climatiques: 1) Chutes de pluies limitées ou basses qui réduisent le potentiel de production et 2) précipitations et conditions de température très variables d'une saison à l'autre.

On doit aussi admettre deux autres facteurs ou conditions sil'on veut que les recherches sur la production des céréales soient couronneés de succès; c'est à dire la production céréalière de l'agriculture locale est probablement proche de son potentiel basé sur: (1) ses connaissances actuelles des techniques de production des céréales et (2) dans les limites de ses ressources courantes.

Par conséquent, pour augmenter la production des céréales dans les regions peu irrigueés le programme doit comprendre:

(1) Des techniques de recoltes qui sachent tirer le maximum de profit d'un approvisionnement en eau limitée.

(2) Le système de récolte doit s'adapter à des conditions climatiques variables.

(3) Les techniques et les renseignements doivent être fournis aux fermiers sur place.

(4) L'agriculteur doit avoir accés aux ressources necessaires (variétés, engrais, herbicides, équipements...) afin qu'il puisse appliquer les dernières techniques.

PRODUCTION VIRTUELLE ET PRODUCTION REELLE

Chaque environnement possède une production virtuelle propre qui dépend des conditions climatiques et de la topographie du pays. L'une ne peut changer grand chose à la production virtuelle dans une région semi-aride. Cependant, dans la plupart des cas, aussi bien dans les pays developpés que ceux en voie de développement, "la production réelle" est de loin en deça de "la production virtuelle". C'est cet "ecart" entre les deux qui concerne le chercheur et le fermier. Avant d'aller plus loin, nous devrions définir d'une façon plus précise les termes: "production virtuelle", "production réelle" et "ecart" entre les deux productions.

Production virtuelle: production maximale d'une récolte qui est techniquement réalisable dans des limites économiques raisonnables et dans un environnement donné. Les limites de cette production sont imposées par l'environnement.

Production réelle: Production d'une récolte qui est déterminée par l'action réciproque de ses propriétés fénétiques avec l'environnement auquel elle est soumise. La production est limitée par les moyens techniques.

Ecart entre productions: Différence entre production virtuelle et production réelle. Cette différence peut être due aussi bien à des contraintes biologiques (absence d'éléments "inputs") qu'à des contraintes socio-économiques (éléments disponibles et non utilisés ou non disponibles).

D'après les définitions mentionnées ci dessus, il est clair que l'écart entre les productions et à moins que ces contraintes ne soient écartées les contraintes agronomiques ne seront peut être pas supprimées non plus. Combiner ces contraintes dans un même système de production contribueraient à réduire largement l'écart entre production virtuelle et production réelle.

Un concept important pour déterminer ces contraintes a été développé il y a plus de cent ans par Justus Von Liebig et est encore appliqué de nos jours. Liebig utilise ce principe pour illustrer les limites de production, dues aux carences nutritif, mais il s'applique également aux pratiques de la production céréalière.

Principe des factures limitatifs: Le niveau de production d'une récolte ne peut pas dépasser celui autorisé par les facteurs de croissance les plus limitatifs de la plante.

Si l'on peut déterminer le facteur le plus limitatif dans un système de récolte puis le facteur suivant et ainsi de suite, c'est alors que l'on écarte le hasard d'introduire une nouvelle pratique qui ne réussit pas à augmenter la production. Ceci necessite un vaste programme de recherche agricole soigneusement planifié.

EFFICACITE DE L'UTILISATION DE L'EAU (E.U.E.) DANS LES SYSTEMES DE CULTURE A SEC

Les cultures à sec pivotent autour de principe que l'eau est le principal facteur limitatif et pour augmenter ou maintenir un niveau de production suffisant nous devons donner un maximum d'importance à l'utilisation de l'eau.

Il faut tenir compte de deux principes afin d'utiliser la petite quantité d'humidité pour réaliser u augmentation dans la production:

1) Augmenter la quantité d'eau emmagasinée dans le sous-sol et reduire les pertes dues à l'évaporation et à la transpiration.

2) Faire un usage maximum de l'eau emmagasinée et les précipitations en sachant adopter les pratiques de récolte aux conditions climatiques prédominantes.

Le principe à trait au labour et aux pratiques de la conservation d'humidité et le second concerne les pratiques

de gestion de récolte spécifiquement conçues pour s'adapter à la quantité d'humidité disponible et prévue afin de réaliser une porduction très économique et rentable au maximum.

JACHERE ET TRAVAUX ANNUELS

Le système de jachère est trés répandu, à travers le monde, dans les régions où les précipitations sont faibles. Cette methode n'a pas été sans critiques à cause de l'inefficacité supposée de l'emmagasinage de l'humidité dans le sol pendant la periode de jachère. L'efficacité de cet emmagasinage est de l'ordre de 15% à 35% de la quantité totale des précipitations qui se produisent pendant la période de jachère. Les critiques font remarquer que ceci représente un énorme gaspillage d'une ressource trés limitée. Cependant le système de jachère est une methode de production dépassée dans les régions semi-arides du Moyen-Orient. La methode semble avoir été régulièrement utilisée dans le delta du Tigre et de l'Euphrate et ce, depuis 2400 avant J.C.

De nos jours, le système de jachère dans la production des céréales aux Etats-Unis est devenu très répandu.

En 1900, il y avait environ 1 million d'hectares en jachère aux Etat-Unis. Cette surface connu une croissance régulière et continue jusques les années 1970 où on trouve 200 million d'hectares en jachère principalement dans les 17 états de l'ouest (Haas, et al, 1974).

Actuellement le système de jachère constitue la méthode principale de production des céréales. La pratique fait toujours l'objet de controverses, spécialement parmi les professionnels, à cause de l'inéfficacité de l'emmagasinage de l'eau dans le sous sol et certains problèmes d'érosion causée par l'eau ou le vent associés à la jachère. Le système de jachère dans les régions à faibles précipitations continue d'être

employé malgré ses critiques. De récentes innovations dans le labour des champs en chaume ont allégé quelque peu l'acuité de l'érosion et augmenté l'emmagasinage de l'humidité.

L'utilisation répandue et persistente de la jachère par alternance à travers le monde et particulièrement dans les régions semi-arides necessite que cette méthode de récolte reçoive une attention particulière dans les futurs programmes de recherches agricoles.

Des exemples de l'accroissement de productions des céréales et par voie de conséquence l'augmentation de l'E.U.E. sont montrés dans le tableau 1. La région des Grandes Plaines du Centre est caractérisée par un mode de précipitations printemps-été et une température d'été modérée, ce qui est en contraste avec le Nord Ouest de la région du Pacifique qui a un mode de précipitation hivers-printemps et une température d'été moderée.

La différence entre les deux modes de précipitations et les températures se reflète dans les valeurs de l'E.U.E. de ces deux régions. Il faudrait remarquer que l'E.U.E. était plus importante dans les régions en jachère.

De meilleures techniques de récolte dans une terre améliorée ainsi que des variétés adaptés ont montré des augmentations dans l/E.U.E. pendant les vingts dernières années (tableau 1). Greb, et al. (1974) indiquait quatre raisons probables pour augmenter la production et l/E.U.E. des régions des Grandes Plaines du Centre:

a) L'augmentation de la quantité d'eau emmagasinée pendant la jachère provenant de l'amélioration de la gestion de la chaume et du contrôle des mauvaises herbes.

b) L'amélioration des machines de plantage qui permet une pénétration plus proponde pour un lit de semence d'eau adéquat même dans des conditions de secheresse relative de 8 à 10 cm. de profondeur.

c) Variétés de blé améliorées.

d) Utilisation accrue d'engrais commerciaux dans les sols connus pour leur pauvreté en azote et phosphore.

Les agronomes professionnels et les productions de céréales dans cette région ont estimé que l'augmentation de production est dûe aux critères suivants:

- Amélioration de la quantité d'eau emmagasinée pendant la jachère, 45%
- Variétés de blé améliorées, 40%
- Equipement amélioré de semis, 10%
- Emploi d'azote et du phosphate, 10%

Un des avantages du système de jachère est la formation et l'accumulation de nitrate d'azote qui réduit énormément le besoin d'un apport supplementaire d'engrais, (Olson et al. 1953).

L'utilisation d'engrais azoté peut réduire d'une façon substantielle l'avantage de rendement d'une jachère comparée à des systèmes de cultures annuelles comme indiqué dans le tableau No. 2. Cependant, en termes à l'E.U.E. et de production de céréales dans cette région, le système de culture en jachère est toujours le plus avantageux.

On estime que la rotation des cultures en jachère a seulement besoin de produire 170% du système de cultures annuelles afin qu'elles soient économiquement égales en termes de profit marginal. Dans les régions ayant une précipitation annuelle inférieure à 500 mm, la différence de rendement d'un système de jachère bien travaillée est généralement supérieure à 170% d'un système de culture annuelle. Un autre facteur important à considérer est la stabilité d'un système de culture. Les petits agriculteurs indigents ne peuvent se permettre une mauvaise compagne. Dans une étude comparative de 27 ans (1940-1967) entre un système de culture jachère-blé et un système de culture de blé continue sous des conditions

semi-aride, Smika(1970) a montré que le système de culture continue a montré plus de 30% d'échec. Quand la précipitation annuelle était comprise entre 246 et 430 mm, la moyenne de l'E.U.E. était de 80% plus grande pour le système de culture en jachère.

Un précipitation d'au moins 580 mm est nécéssaire du blé soit aussi efficace q'un système de culture de jachère sans engrais azotés.

Smika (1970), a aussi démontré que dans cette région semi-aride, la moyenne des rendements jachère-blé sans azote était 2,6 plus grande que le rendement du blé annuel avec azote. A partir de cette étude prolongée il a conclu que dans les cas, le système de blé d'hiver avec jachère était de loin supérieur à celui du système de blé d'hiver annuel et qu'il était necessaire pour une production stable de blé d'hiver sous des conditions semi-arides dans les grandes plaines des Etats-Unis.

AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA JACHERE

Aux U.S.A., les avantages et les inconvénients de la jachère comparée aux céréales annuelles peuvent ne pas correspondre à ceux que l'on recontre dans d'autres régions à blé à travers le monde. Dans les régions où les hivers sont relativement cléments et où l'on trouve de longues périodes de haute température au printemps et en été, il peut se prêter aussi facilement que cela est décrit plus haut. Dans les régions des grandes plaines du Nord des U.S.A., l'on cultive le blé au printemps, la jachère ne montre pas de grandes avantages. Par exemple, la période de blé d'hiver avec jachère est seulement de 14 mois, la chaume est encore en place pendant l'hiver et le printemps suivant, les pluies ont tendance à protéger les sols de

jachère de l'érosion d'eau puisse arriver. Cependant pour les blés de printemps la période de jachère est 18 à 21 mois comprenant deux hivers et une protection du sol presque nulle pendant l'hivers suivant. C'est pendant le deuxième hivers et au printemps de la jachère que l'érosion atteint son potentiel maximum.

Les avantages du blé d'hiver sont: (a) l'augmentation de retention d'eau par le sol, (b) l'influence qui tend à stabiliser le rendement, (c) l'augmentation de l'E.U.E., (d) la libération des l'éléments nutritifs (spécialement l'azote) et ce par la minéralisation, et l'exigence de moins d'engrais, (e) permet un temps plus suffisant de travail, (f) beaucoup moins d'opérations par unité de grains produits et (g) permet un grain plus élévé par unité de surface.

Les inconvénients comprennent: (a) l'augmentation de l'érosion; (b) l'épuisement des matières organiques et la réduction de la fertilité d'une manière générale; (c) l'intensification du lessivage de quelques éléments nutritifs loin de la zone radiculaire (seulement là où les précipitations sont élevées).

Dans les régions où la jachère de la production de blé d'hiver est utilisée efficacement, les avantages dépassent largement les inconvénients.

TRAVAIL DU SOL POUR LA CONSERVATION DE L'HUMIDITE

Bien que les rotations jachère cultures aient été utilisés dans les régions du moyen-Orient, depuis l'antiquité dans plusieurs régions les rendements sont inférieurs au potentiel. L'adoption d'un système particulier de culture qu'il soit annuel ou en rotation de jachère ne garantit pas le succés. La conservation de l'humidité du sol necessite une attention particulière quant au travail du sol d'une compagnie à l'autre.

L'utilisation traditionnelle d'une terre en jachère en tant que pâturage "de mauvaises herbes" pendant la période de non culture est très répondue. La valeur du regain de la récolté qui offre des céréales et des mauvaises herbes comme fourrage aux animaux, est difficile à évaluer. Cependant si le but des agriculteurs est d'augmenter la production en grains, alors il est necessaire de changer l'utilisation de la jachère traditionnelle.

Dans le plateau de l'Anatolie en Turquie, les essais des travaux du sol menés pendant la dérnière décade (Bolton, 1973; Hepworth, et al. 1975; Guler, et al. 1978) ont montré qu'il est possible d'augmenter d'une façon substantielle les rendements des céréales d'hiver, et ce en améliorant les méthodes.

Les essais comprenaent plusieurs types d'instruments tels que charrue, charrue à disque, déchaumeuse pour les premiers labours vet herse et des rotovators pour des opérations de labour complémentaires. Quand elles sont utilisées proprement et en temps voulu, les combinaisons d'instruments n'on montré aucun avantage de rendement les unes comparées aux autres. cependant ces outils qui laissent la plupart de la culture sur le sol, réduisent les risques d'érosion dûs à l'eau et au vent.

Comparé aux parcelles des agriculteurs, l'éffet principal sur les rendements en grain était dû au choix du bon moment des labours et en particulier aux opérations des premiers labours de printemps, le contrôle des mauvaises herbes et la préparation du lit de semence.

Dans des essais de recherche appropriée menés sur des parcelles d'agriculteurs, dans des localités différentes sur une période de quatres ans, les rendements en grains étaient de 80 à 90% supérieurs à ceux des parcelles adjacentes. Les méthodes utilisées dans les essais de recherche

appropriée n'étaient pas complétement différentes des méthodes précidentes, et ce concernant les instruments utilisés ou le nombre des opérations. Ce fait a permit l'adoption relativement rapide des méthodes de labour améliorées.

Un travail judicieux du sol qui augmente l'emmagasinement de l'eau du sol et réduit l'évaporation n'améliora pas en lui-même les rendements en grain. L'avantage de l'augmentation des quantités d'humidité est souvent perdu s'il n'est pas suivi par des techniques judicieuses de soins culturaux. Dans les essais mentionnés ci-dessus, la meilleure information disponible obtenue était utilisée pour obtenir une utilisation maximale de l'humidité.

SOINS CULTURAUX ET L'EFFICACITE DE L'UTILISATION DE L'EAU

Dans les régions arides le potentiel de rendement est limité par la quantité d'humidité. Mais le niveau actuel de rendement obtenu est limité par les techniques de production. Les niveaux de rendements dans les régions céréalières arides à travers le monde aussi dans les pays developpés que dans les pays en voie de développement, peuvent être agumentés substantiellement si la quantité limité d'humidité est utilisée efficacement. Quelques uns des facteurs relatifs aux soins culturaux qui agissent sur l'éfficacité de l'utilisation de la quantité limité d'humidité sont:

1. Le contrôle des mauvaises herbes
2. La levée homogène
3. Equilibre entre l'humidité et les éléments nutritifs de la plante
4. Les variétés adoptées
5. La population des plantes et les espacements.

CONTROLE DES MAUVAISES HERBES ET L'UTILISATION EFFICACE DE L'EAU

Bien que le contrôle des mauvaises herbes n'est pas directement lié aux facteurs d'opèrations effectant l'éfficacité de l'utilisation de l'eau sur la plante, tels que la variété, la levée homogène, l'équilibre humidité-engrais, il a certainement un rôle important dans la disponibilité de l'eau. Chaque organisme utilisant l'eau (et tous le fons!) et sous des conditions où l'humidité est limitée réduira le rendement proportionellement à la qualité d'eau utilisée. Dans des conditions où les niveaux d'humidité sont adéquats ou dans l'irrigation là où l'eau n'est pas un facteur limitant du rendement potentiel, quelques mauvaises herbes peuvent être tolérées sans grande perte dans le rendement.

Généralement, plus la quantité d'humidité est limitée, plus le contrôle des mauvaises herbes devient critique. Hepworth et al. (1975) a démontré que même dans des conditions où le sol est pauvre et où le travail du sol est négligé le contrôle chimique des mauvaises herbes utilisé, à temps donnait des augmentations importantes des rendements. Avec de soins culturaux adéquats et des contrôles judicieux des mauvaises herbes, l'augmentation des rendements en grains a donné une moyenne d'environ 33% (Fig. 1).

Le contrôle des mauvaises herbes a augmenté à lui seul les rendements en grains d'environ 64%, mais à un rendement de seulement 1,54 tonne mètrique/ha (TM/ha) à un niveau moindre dans les opèrations.

Dans des conditions où les soins culturaux du sol et de la plante sont appropriés, une grosse partie du contrôle des mauvaises herbes se trouve déjà effectuée de telle façon que le traitement chimique des mauvaises herbes effectué au moment de la culture ne montrera pas une augmentation

remarquable de rendement. Cependant, du point de vue du rendement général, les augmentations dûes au contrôle des mauvaises herbes avec des travaux judicieux ont donné des moyennes de 0,8 TM/ha tels que compris à une augmentation de rendement d'environ 0,5 TM/ha avec des travaux mal effectués.

LA LEVEE HOMOGENE ET L'E.U.E.

L'emploi du terme "levée homogène" est préféré ici aux termes fréquemment utilisés tels que date de semis, date de plantation ou le moment du semis. Ces dernièrs termes décrivent le temps effectif où les semences sont placées dans le sol, mais n'assuent pas necessairement que les évenements qui suivent donneront une levée homogène. Le plus souvent l'essai du moment du semis est présenté dans la littérature sans réference au temps de levée ou l'apparance du tallage. Tous les événements mentionnés ci-dessus doivent avoir lieu avant que l'on puisse se prononcer d'une manière affirmative qu'une levée est bien établie.

Le Temps d'une Levée Etablie

Dans les régions arides à production céréalière ayant une tendance de précipitation hivernale, le temps optimum d'une levée établie pourra avoir un effet considérable sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau (économiquement du point de vue rendement) et ce en assurant un ajustement entre le developpement de la culture et l'humidité du sol disponible.

Les données de la figure 2, qui sont les moyennes de plusieurs éssais sur une période de plusieurs années, montrent l'étendue optimale dans l'Est de l'Orégon. Un certain nombre d'essais effectués précedemment a été revu et n'a aucune différence du point de vue rendement dû à la date de plantation. Un examen minutieux des données a montré que dans beaucoup de cas, les semences étaient placées dans un sol

sec bien avant qu'une précipitation importante ait lieu. Dans ces cas là, la date de semence pourrait différer de 2 à 4 semaines et le temps de la levée était le même. Depuis l'introduction des semoirs à semis profonds et l'emplacement des semis dans un sol humide des labours précédents, les données étaient plus consistantes et on représenté des dates de levée différentes.

Des observations de longue date (Bolton, 1976, données non publiées) des précipitations relatives aux rendements de grains dans trois localités du Nord Ouest de la côte pacifique ont montré qu'à chaque fois qu'il y a une précipitation importante au moment de l'établissement optimum (15 Sept - 15 Oct) les rendements en grains étaient beaucoup plus élévés.

Ceci étéait apparemment le résultat d'une humidité du sol adapté pour la levée et le développement ultérieur de la plante avant que les basses températures de l'hiver aient lieu. Au fur et à mesure que les techniques de la conservation de l'humidité étaient ampeliorés et que les semoirs à semis profonds étaient introduits, le semis à une humidité résiduelle est devenu une pratique courante. Cependant, il y a des saisons où le niveau de l'humidité est très profond pour le semi même avec un semoir à semis profonds. Souvent le semi est retardé au delà du temps optimum et ce dans l'attente d'une pluie adéquate. Dans la plupart des cas, ceci aboutit à de mauvais rendements à cause du mauvais developpement de la plante avant que ne commence le froid.

Pehlivanturk (1975) a montré que le moment de la levée (aprés une présence d'humidité adéquate), jusqu'au moment du tallage, etait sensiblement augmenté quand la température du sol atteignait un certain niveau. Une situation critique du developpement de la plante en liaison avec la temperature

du sol a lieu quand la temperature moyenne du sol atteint un certain niveau. Cette étude a montré que lorsque la température moyenne du sol baissait au dessous de 10° C la durée du developpement des semences jusqu'au tallage augmentait énormement. Le nombre de journées de la levée jsuqu'au tallage était respectivement de 28, 51, et 125 du 1 Octobre, du 15 Octobre et du 1 Novembre. La température moyenne du sol à la profondeur du semi pour ces dates de plantation étaient respectivement: 16°, 9°, et 5° C.

Le fait de semer dans des sols secs est risqué et présente des problèmes de formation de croute au sol et parfois même des problèmes de contrôle de mauvaises herbes et ce aprés les pluies. Cependant les reductions de rendement et les levées tardives sont bien prouvées et consistentes. Le risque de diminution de rendement dû à la formation des croutes sur le sol et au contrôle des mauvaises herbes n'est pas envisageable. Il semble que le temps de semi dans un sol sec est plus avantageux que d'attendre une humidité adéquate pour tremper la zone des semences.

L'EQUILIBRE ENGRAIS-HUMIDITE ET L'E.U.E.

Dans les régions à précipitations limitées, un équilibre de quantité des élements nutritifs permettra au cultures d'utiliser plus efficacement la quantité d'humidité disponible (Arnon, 1975, 1972; Olson, et al., 1964). L'utilisation adéquate des engrais est le chemin le plus économique pour augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les culture. (Viets, 1962, 1967, 1971, 1972). Il a été démontré qu'une plante à carence alimentaire, même si elle ne pousse pas ou ne pousse que lentement utilisé autant d'eau qu'une plante normale, tout en produisant un rendement considérablement réduit (Asana, 1962; Aspinall, et al., 1964; Brown, 1972; Leggett, 1959). Une information récente developpée par

Aktan (1976) a confirmé ces résultats et indique que les différents niveaux de l'humidité du sol au moment du semi exigent des niveau differents d'application d'azote afin d'equilibrer la quantité humidité azote pour une utilisation maximale et efficace de l'eau. Un exemple de cette étude est montré en figure 3. Ces données montrent que l'efficacité de l'utilisation de l'eau pourrait être diminuée énormement soit par un manque ou un excées d'azote. Il a été aussi demontré qu'une culture d'orge au moins dans cette région utilisé d'une manière plus efficace que le blé aussi bien l'eau que l'azote.

Les conditions d'humidité trés variables qui sont typiques des régions arides demandent que les exigeances en engrais soient adaptées aux quantités d'humidités existantes afin d'avoir une utilisation plus efficace d'eau. En plus les differentes méthodes des travaux du sol telles que le labour, le mulch à paille, un travail minimum du sol, sont tous des systèmes qui exigent des niveaux differents d'azote qui permettent un bon équilibre entre les engrais et l'humidité (Brown, et al., 1960; Greb, et al., 1967; Koehler, et al., 1967; Oveson et Appleby, 1971). La quantité des résidus des plantes laissée sur la surface du sol ou mélangée sur une couche de quelque centimètres peut avoir une grande influence sur la quantité disponible d'N pour la plante (Leggett, et al., 1974; Smika, et al., 1969; Smika, 1970). Généralement plus il y a de résidus, plus l'N est exigé pour équilibrer les besoins en engrais avec la quantité d'humidité.

Bien que les engrais azotés soient les plus considérés d'autres élements nutritifs jouent un rôle important dans l'E.U.E. Le P, le K, le S, et les autres oligos-éléments nécessaires à la croissance et au developpement de la plante doivent être présents en quantités appropriés sinon les

moyennes de rendement seraient réduites (Brown, et al., 1960; Brown, 1972; Gardner, 1964). Les autres élements nutritifs ne sont pas aussi dépendants de la quantité d'humidité que l'azote, et à moins qu'ils ne soient présents et disponibles en qualité et en quantité suffisantes, l'E.U.E. sera affectée profondément.

LES VARIETES ADAPTEES AUX REGIONS ARIDES A VOCATION CEREALIERE

Un élément clef dans l'augmentation de l'E.U.E., augmentant ainsi économiquement le rendement, est l'utilisation des meilleures varietés adaptées actuellement disponibles. Tous les programmes d'amélioration de céréales ont les mêmes buts, c'est-à-dire l'augmentation de la qualité et du potentiel du rendement, le maintien de la résistance aux ennemie (insectes et maladies), au mitadinage, à l'égrenage et à d'autres caracteristique agronomiques. La résistance ou la tolérance à la sécheresse et à la chaleur est parfois comprise dans les buts d'amélioration, mais elles sont trés difficiles à atteindre.

La sélection des variétés à haut rendement et la resistance aux ennemis répandus ont eu un grand succés pendant les deux dernières décades. Dans plusieurs cas le potentiel pour des rendements sous des niveaux d'humidité adéquate dépasse largement l'humidité disponible dans les régions arides à vocation céréalière. Plusieurs variétés à haut rendement sous des niveaux d'humidité adéquate ont aussi produit des hauts rendements dans des conditions à humidité limitée. Les chercheurs ont reconnu depuis longtemps que la selection pour la tolérance à la sécheresse ou a la chaleur est extrémement difficile car il n'y a pas de critère de selection adéquat actuellement disponible. La selection durant la première période sous des conditions de sol aride est trés risquée

etant donné la variabilité d'une saison à l'autre (Hurd, 1971). Par conséquent beaucoup de chercheurs ont eu recours à tester de plus grands nombres de lignées de générations tardives dans des régions arides, dans l'espoir d'isoler des types qui sont mieux adaptés aux conditions de sécheresse. Cette approche a été réussie relativement dans les états de la côte nord-ouest du pacifique aux Etats Unis.

Un exemple des progrès réalisé dans l'amélioration variétale dans des conditions arides sont indiqué au tableau 3 et à la figure 4. Les données représentent les rendements en grain obtenus à partir d'essais variétaux standards semés dans une rotation de jachère dans laquelle la variété Kharkov était presente comme variété témoin à long terme. Les essais ont été entrepris au semi du groupe de recherches sur les sol arides, Lind, Washington et par le Centre de Recherches Agricoles à Colombia Basin, ou les moyens de pluviomètrie sont respectivement aux environ de 240 et 400 mm. Une station météorologique standard est localisée à chaque site experimental. Puisque les variétés améliorées changent continuellement au fil des années, les rendements à grain representent les variétés qui étaient commercialement les plus cultivés durant chaque période de temps. Par exemple, à Lind, Washington, durant la période 1931 - 1952, les variétés cultivées commerciallement dans cette région étaient Turkey, Rio, Rex et Elgin. Durant la période 1953 à 1974, les variétés les plus cultivées étaient Omar, Moro, Gaines et Nugaines.

Au site de Lind, l'augmentation dans l'E.U.E. pour le rendement en grains a donnée une moyenne d'environ 99% pour les 22 dernières années période comparée aux 22 années précedentes. Cette augmentation peut-être séparée en trois catégories:

1) Augmentation dûe aux variétés emèliorées (17%)
2) Augmentation dûe à l'amélioration du travail du sol et de la culture (69%)

3) L'augmentation dûe à l'interaction des variétés améliorées et l'amélioration des travaux du sol et de la culture (13%).

Cette région est la moins arrosée pour la production céréalière aux Etats-Unis. La valeur des variétés améliorées n'a pas une grande influence sur les rendements en grains comme l'amélioration des cultures quand elle est considerée toute seule cependant quand l'influence des variétés améliorées est ajoutée aux améliorations des travaux de cultures (17% + 13%), une augmentation générale de 30% en E.U.E. est obtenue. Dans les régions les plus arides à vocation céréalière il parait que l'amélioration des travaux de culture joue un rôle plus dominant que les variétés améliorées.

Cependant, pour obtenir un bénéfice maximum, les deux éléments doivent être incorporés dans le système de production.

Au fur et à mesure que les chutes de pluie augmentent, les rôles des variétés améliorées et de l'amélioration des travaux de cultures changent de valeurs comme montré au tableau 3 et figure 4 pour la localité de Pendleton. L'augmentation en E.U.E. dûe aux variétés améliorées est à peu pres doublée (32% contre 17%) en ce qui concerne la localité de Lind. En plus, l'éffet de l'amélioration des travaux de culture est moins que la moitié (69% contre 28%) dans la région la moin pluvieuse de Lind. Cela indique que l'amélioration variétale joue un plus grand role en E.U.E. sous des conditions climatiques plus favorables. L'interaction entre les variétés améliorées et les travaux améliorés des cultures montre une augmentation d'environ 9% en E.U.E. comparée à une augmentation de 13% en E.U.E. dans la localité de Lind.

En terme de grains produits par unité de volumne d'eau l'E.U.E. dans sa totalité était presque la même dans les deux localités, c'est-à-dire respectivement 5,20 et 5,16 kg/ha-mm pour Pendleton et Lind. Cela indique que les deux localités

sont en train de produire aux environs du même niveau d'E.U.E., mais à des niveaux de rendement différents et cela est dû à la grande différence de précipitation. L'avantage d'utilisation des meilleures variétés pour le maximum d'E.U.E. et l'augmentation du niveau de rendement en grains est clairement indiqué par ces chiffres.

La Population des Plantes et la Levée Homogène

Le nombre optimum de plantes par unité de surface pour obtenir une production économique maximum, varie énormément selon les environnements. Dans des conditions bien arroseés ou irriguées, la population des plantes par unité de surface dépassant un certain nombre minimum semble avoir peu ou pas d'effet sur le rendement (Donald, 1963). Sous des conditions où la pluviomètrié est limiteé, la distribution et la population des plantes peut montrer une influence substantielle en E.U.E. et sur le rendement en grains (Harper, 1961).

Dans les productions céréalières, les ajustements dans la distribution et les populations des plantes doivent être faits soit sur les lignes ou entre les lignes à cause des méthodes de semis et de la nature des cultures. Le fait d'augmenter la distance entre les plantes sur les lignes et de reduire la distance entre les lignes pour obtenir une distribution plus uniforme sur une unité de surface peut compromettre cette distribution sous des conditions d'humidité limité. Brown et Shrder (1959) ont montré que les plantes peu compétitives à leur début ont tendance à produire une végétation excessive et à épuiser l'humidité du sol qui pourrait être utilisée par les grains par la suite. Larson et Willis (1957) ont conclu que pour obtenir un bénéfice maximal avec une humidité limitée, la population sur la ligne devra être à un niveau assez élevé pour fournir une compétition adéquate dès le début enfin d'eviter une croissance excessive ainsi que

l'utilisation de l'humidité, et ce afin que les espaces entre les lignes soient ajustés pour s'accomoder à la quanité d'humidité.

Cette idée est généralement contraire aux pratiques courantes dans plusieurs régions arides à travers le monde aussi bien dans les pays developpés que dans ceux en voie de developpement. Les taux de semence et les espacements entre les lignes ont été traditionnellement utilisés à deux fins qui ne sont pas actuellement en relation avec une meilleure population des plantes pour un rendement maximum.

(1) Les taux de semence sur les lignes sont souvent plus élevés que necessaire afin de fournir une couverture du sol pour contrôler l'érosion d'eau et du vent.

(2) Les intervalles réduits des lignes sont souvent preferrés pour fournir une plus grande compétition vis à vis des mauvaises herbes qui pourront pousir entre les lignes. Ces concepts auraient pu atteindre leur but avec succès mais contribuent sans doute à réduire le rendement en grains pendant plusieurs saisons. Les travaux d'Arnon (1972) et d'Arnon et Blum (1964) indiquent qu'une meilleure utilisation des quantités limités d'humidité est possible quand on prête une attention particulière à la population des plantes ainsi qu'à la distribution dans les régions arides.

Plusieurs études effectuées dans differentes régions arides du monde ont montré que les taux (dose) de semis peuvent être réduits et les espaces entre les lignes augmentés sans aucune réduction, et dans plusieurs cas augmentant ainsi les rendements en grains (Alessi et al., 1971; Bolton, 1973; Guler, 1975; Wilson, 1969). Les raisons d'éviter l'utilisation adéquates des taux de semis et les intervalles entre les lignes sont nombreuses et variées et aucune ne semble en relation avec une plus grande efficacité

de l'utilisation de l'humidité. Il y a une évidence considérable que les variétés différent dans leur réaction aux taux de semi et à l'intervalle entre les lignes dans differentes zones climatiques (Guler, 1975). Il a trouvé que quelques variétés ont des nombres optimum différents des populations de plantes dans chaque localité, alors que d'autres variétés réagissent presque de la même façon à un taux de semi donné dans plusieurs localités.

RESUME

Pour maximiser l'utilisation de l'eau et de l'N sous des conditions de pluie où la quantité de d'humidité est limiteé, on devra attacher une attention particulière à l'E.U.E. Cela peut-être accompli de deux manières:

(1) L'augmentation de la quantité disponible en emmagasinant le maximum dans le sol et ce par une amélioration des travaux et par des pratiques de conservation d'humidité.

(2) Utiliser l'eau stockeé d'une manière efficace et faire un bon usage des précipitations par des travaux améliorés de culture.

Au fur et à mesure que l'E.U.E. augmente, la réaction aux engrais azotés sera améliorée et se refletera par des augmentations des rendements de culture. La variation des précipitations saisonnières typiques des régions semi-arides exige que les applications d'engrais soient basées sur l'actuelle quantité d'humidité et non sur les moyennes à long terme.

Les cultures arrosées par la pluie ont en plus de réussite quand l'approche de la totalité des pratiques a été utilisée. Cela signifie que les meilleures combinaisons des travaux pour la conservation de l'humidité et la préparation du lit de semence, la selection des variétés adaptées, les taux et les dates optimums de plantation, l'application

des engrais aux moments et aux taux appropriés en relation aux quantités d'humidité, le contrôle des mauvaises herbes en temps voulu bien dans les cas de jachère que dans les cultures saisonnières et les méthodes de récolte soient utilisés. Le temps et l'application des differents components de tout ce système est trés important et peut varier d'une localité à une autre. Le système approprié des pratiques devra être determiné par des recherches appliqueés et extensives meneés sur une période de temps relativement longue. Chaque élément du système de production doit être executé au bon moment sinon l'avantage des autres éléments sera perdu.

Par exemple si une variété améliorée est introduite sans apport de contrôle de mauvaises herbes ou d'engrais ou une meilleure préparation de lit de semence, souvent la variété locale produira autant sinon mieux. Si les engrais sont introduits comme une pratique améliorée et que les mauvaises herbes demeurent sans contrôle, elles pourraient réagir mieux que la culture en question à l'augmentation du niveau de fertilité et elles peuvent dans certains cas reduire le rendement. Si des méthodes amélioreés des premiers labours sont introduites, mais les labours suivants pour le contrôle des mauvaises herbes et la préparation des lits de semence sont négligés, le résultat final peut être pire que celui obtenu par la méthode traditionnelle.

Le developpement d'un système de production complet dans les P.V.D. n'est pas généralement dans un futur proche. Beaucoup de ressources (équipement, herbicides, engrais...) ne sont pas actuellement disponible et necessitent un investissement et un temps considérable pour être developpés. Cependant, si certains éléments du système de production sont appliqués convenablement et en temps voulu, des augmentations substantielles en rendement sont possibles. La

clef des augmentations de rendement necessite le bon choix de ces pratiques qui donnent les plus grands bénéfices et qui peuvent s'adapter aux systèmes locaux et traditionnels. Au fur et à mesure que d'autres ressources deviennent disponibles, et des recherches additionnelles sont entreprises sur le terrain les autres éléments du système de production peuvent être appliqués.

REFERENCES

Aktan, Selman. 1976. Nitrate-nitrogen accumulation and distribution in the soil profile during a fallow grain rotation as influenced by different levels of soil profile moisture. M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis.

Alessi, J. and J.F. Power. 1971. Influences of method of seeding and moisture on winter wheat survival and yield. Agron. J. 63:81-83.

Arnon, I. 1975. Physiological principles of dryland crop production, pp. 3-145. In: Physiological Aspects of Dryland Farming, GUPTA, U.S. (ed.), Oxford & IBH, New Delhi.

Arnon, I. 1972. "Crop Production in Dry Regions" (2 vols.), Leonard Hill, London.

Arnon, I. and A. Blum. 1964. Response of hybrid and self-pollinated sorghum varieties to moisture regime and intra-row competition. Israel J. Agric. Res. 14:45-53.

Asana, R.D. 1962. Analysis of drought resistance in wheat. Arid Zone Res. 16:182-190.

Aspinall, D., P.B. Nicholls and C.H. May. 1964. The effect of soil moisture stress on the growth of barley. I. Vegetative development and grain yield. Aust. J. Agric. Res. 15:729

Bolton, F.E. 1973. Soil and crop management research at the Wheat Research and Training Center: October 1970 to August 1973, Ankara, Turkey. Termination Report to Rockefeller Foundation and Oregon State University under RF-OSU (RF70011).

Brown, D.A, G.A. Placeand J.V. Bottiet. 1960. The effect of soil moisture upon cation exchange in soils and nutrient uptake by plants. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci. 3:443-449.

Brown, P.L. 1972. Water use and soil water depletion by dryland wheat as affected by nitrogen fertilization. Ibid. 63:43-46.

Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron. 15:1-118.

Gardner, W.H. 1964. Research for more efficient water use: soil physics, pp. 85-94. In: Research on Water, Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin

Grub, B.W., D.E. Smika, N.P. Woodruff, and C.J. Whitfield. 1974. Chapter 4 - Summer fallow in the Central Great Plains. In: summer fallow in the Western United States. Cons. Res. Rept. No. 17, ARS-USDA, April 1974.

Greb, B.W., D.E. Smika, and A.L. Black. 1967. Effect of straw mulch rates on soil water storage during summer fallow in the Great Plains. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31:556-559.

Güler, M, I. Ünver, M. Pala, N. Durutan, and M. Karca. 1978. Orta Anadolu'da 1972-1977. Nadas Toprak Hazirliği ve Bugdam Yetiştirme Tekniği Arastirmalari. Ankara 1978.

Güler, Mengu. 1975. Yield and other agronomic characters of winter wheat as affected by five seeding rates and three different environmental conditions. M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis.

Haas, H.J., W.O. Willis, and J.J. Bond. 1974. Chapter 2. Summer fallow in the Northern Great Plains (spring wheat). In: Summer Fallow in the Western United States. Cons. Res. Rpt. No. 17. ARS-USDA, April 1974.

Harper, J.L. 1961. Approaches to the study of plant competition. In: Mechanism in Biological Competition, pp. 1-39. Milthorpe, F.L. (ed.), 15th Symp. Soc. Exp. Biol.

Hepworth, H.M., T.G. Zinn, and W.L. Andersen. 1975. Improved techniques for dryland mean -- more wheat from fallow farming. 2nd Ed. USAID/Oregon State University Team. Ankara, Turkey. 112 p.

Hurd, E.A. 1971. Can we breed for drought resistance? pp. 77-88. In: Drought Injury and Resistance in Crops. CSSA Special Publ. No. 2, Madison, Wisconsin.

Koehler, F.E. and D.L. Guettinger. 1967. Moisture-nitrogen relationships for wheat production in Eastern Washington. Proc. 18th Annual Pacific Northwest Fertilizer Conf., Twin Falls, Idaho. pp. 93-94.

Larson, W.E. and W.O. Willis. 1957. Light, soil temperature, soil moisture and alfalfa red clover distribution between corn rows of various spacings and row directions. Agron. J. 49:422-426.

Leggett, G.E., R.E. Ramig, L.C. Johnson, and T.W. Masse. 1974. Summer fallow in the Western United States. U.S. Dept. Agr., Agr. Res. Serv, Conserv. Res. Rpt. 17:111-135.

_____. 1959. Relationships between wheat yield, available moisture and available nitrogen in Eastern Washington dryland areas. Washington Agr. Exp. Sta. Bull. 609.

Olson, R.A., C.A. Thompson, P.R. Grabouski, K.D. Stukenholtz, K.D. Frank, and A.F. Dreier. 1964. Water requirement of grain crops as modified by fertilizer use. Agron. J. 56:427-432.

Olson, R.A. and H.T. Rhoades. 1953. Commercial fertilizer for winter wheat in relation to the properties of Nebraska soils. Nebr. Agr. Exp. Sta. Bul. 172.

Ovason, M.M. and A.P. Appleby. 1971. Influence of tillage management in a stubble mulch fallow-winter wheat rotation with herbicide weed control. Agron. J. 63:19-20.

Pehlivanturk, Alpaslan. 1976. Effect of soil temperature, seeding date, and straw mulch of plant development and grain yield of two winter wheat and two winter barley cultivars. M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis.

Smika, D.E., A.L. Black, and B.W. Greb. 1969. Soil nitrate, soil water, and grain yields in a wheat-fallow rotation in the Great Plains as influenced by straw mulch. Agron. J. 61:785-787.

_____. 1970. Summer fallow for dryland winter wheat in the semi-arid Great Plains. Agron. J. 62:15-17.

Viets, F.G., Jr. 1962. Fertilizers and the efficient use of water. Adv. Agron. 14:223-264.

Viets, F.G., Jr. 1967. Nutrient availability in relation to soil water, pp. 458-467. In: Irrigation of Agricultural Lands, Hagan, R.M., R.H. Haise, and T.W. Edminster (eds), Agron. Series. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.

Viets, F.G., Jr. 1971. Effective drought control for successful dryland agriculture. In: Drought Injury and Resistance in Crop Plants. CSSA Spec. Pub. No. 2, pp. 57-75.

Viets, F.G., Jr. 1972. Water deficits and nutrient availability, pp. 217-239. In: Water Deficits and Plant Growth, Vol. III. Kozlowski, T.T. (ed.), Academic Press, New York.

Tableau 1. Efficacité d'Utilisation de l'eau

Rendement et l'Efficacité d'Utilisation de l'Eau pour le blé d'hiver produit continuellement et après Jachère dans trois localités au centre des U.S.A. et dans une rotation Jachère/Culture dans trois localités au Nord-ouest des U.S.A.

Localité	Moyenne Pluviomètrie Annuel (mm)	Toujours Blé (kg/ha)	Jachère/Blé (kg/ha)	E.U.E. Continous Blé (kg/ha/mm)	E.U.E. Jachère/Blé (kg/ha/mm)
Akron, Colorado					
Moyenne de 60 ans	419	498	1426	1.2	1.7
1951-70	377	549	1818	1.5	2.4
Colby, Kansas					
Moyenne de 49 ans	470	626	1318	1.3	1.4
1941-63	512	731	1673	1.4	1.6
North Platte, Neb.					
Moyenne de 56 ans	495	834	2146	1.7	2.2
1951-67	505	684	2747	1.4	2.7
Pendleton, Oregon					
Moyenne de 46 ans	404	1259	3590	3.1	4.4
1954-76	403	-- 2/	4270	--	5.3
Moro, Oregon					
Moyenne de 65 ans	290	781	2006	2.7	3.5
1954-76	283	--	2410	--	4.3
Lind, Washington					
Moyenne de 55 ans	241	875	1760	3.6	3.7
1954-76	235	--	2450	--	5.2

1/ E.U.E. dans une basis de precipitation récolte-à récolte.

2/ Chiffres non disponibles.

Tableau 2. Rendements de blé d'hiver produits en jachère/culture ou rotation annuelle, avec et sans engrais azotés dans le centre et le nord-ouest des U.S.A.

Localité	Pluviomètrie Annuel (mm)	Azote[1/] (kg/ha)	Rendements Jachère/blé (kg/ha)	Rendements Blé annuel (kg/ha)	Pourcent Rendement Jachère vs. annuel (%)
Grandes Plaines de Centre					
Nord-est Colorado	457	0	1886	741	254
1956-70		45	1818	1145	159
Nord-ouest Nebraska	445	0	1886	875	216
1956-70		45	2222	1347	165
Nord-ouest Pacifique					
Pullman, Washington	516	0	2970	1347	220
1922-45		67	3037	2094	145
Pendleton, Oregon	406	0	2997	815	368
1931-50		67	3219	1710	188
Ritzville, Washington	287	0	1414	741	191
1953-57		22	1616	875	185
Harrington, Washington	295	0	2761	808	342
1953-57		34	3098	1549	200

1/ Quand l'azote est utilisé, le rendement optimum est obtenu avec la dose indiquée.

Tableau 3. Rendement, pluviomètrie et Efficacite de l'Utilisation de l'eau dans deux localités ayant une rotation de jachère au nord-ouest des U.S.A.

	Ans	Rendement		Pluviomètrie		Efficacité de l'utilisation d'eau	
		Tons/Ha	(Bu/Ac)	mm	(Inches)	Kg/Ha-Mm	(Bu/Ac-in)
				Lind, Washington			
1922-1974	54						
Kharkov		1.58	(23.5)	477	(18.8)	3.31	(1.25)
Variété Améliorée		1.71	(25.5)	477	(18.8)	3.58	(1.35)
1931- 1952	22						
Kharkov		1.35	(20.1)	518	(20.4)	2.60	(0.98)
Variété Améliorée		1.35	(20.1)	518	(20.4)	2.60	(0.98)
1953-1974	22						
Kharkov		2.01	(29.9)	457	(18.0)	4.39	(1.66)
Variété Améliorée		2.36	(35.1)	457	(18.0)	5.16	(1.95)
				Pendleton, Oregon			
1931-1974	44						
Kharkov		3.03	(42.3)	805	(31.7)	3.76	(1.33)
Variété Améliorée		3.51	(52.3)	805	(31.7)	4.36	(1.64)
1931-1952	22						
Kharkov		2.53	(37.6)	820	(32.3)	3.08	(1.16)
Variété Ampeliorée		2.84	(42.4)	820	(32.3)	3.46	(1.31)
1953-1974	22						
Kharkov		3.15	(47.0)	800	(31.5)	3.93	(1.49)
Variété Améliorée		4.16	(61.9)	800	(31.5)	5.20	(1.96)

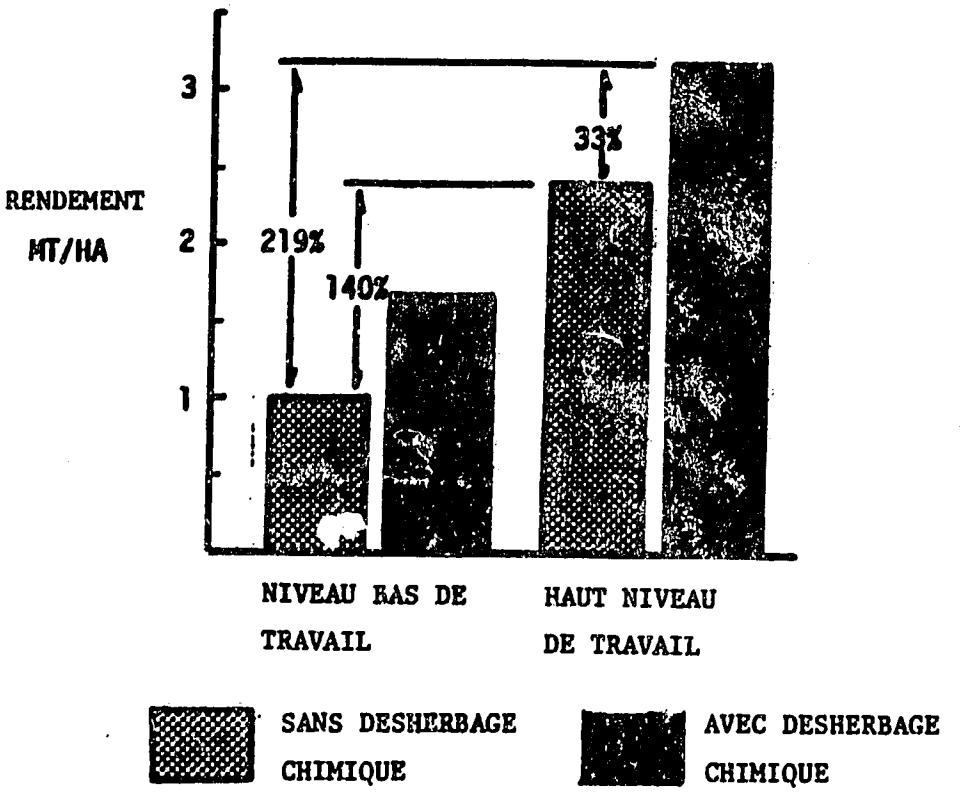


Figure 1. Effet du travail et du contrôle des mauvaises herbes sur le rendement du blé en Turki, 1974-1975.

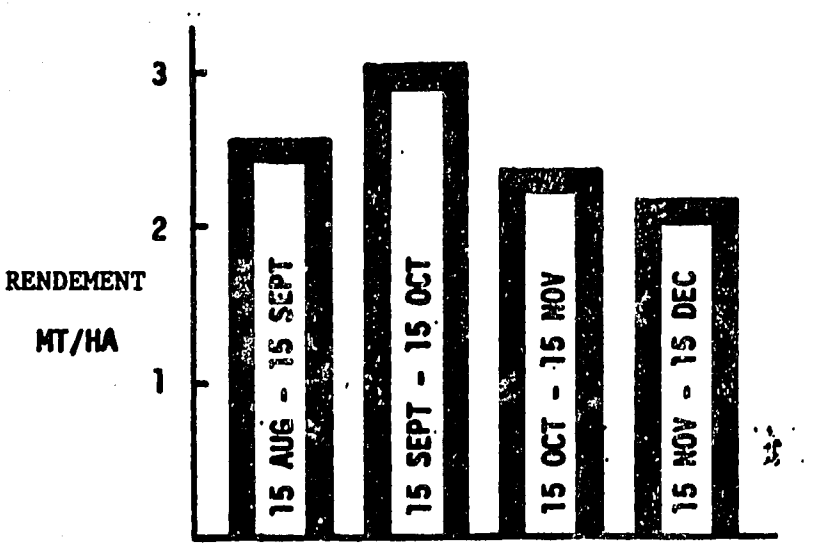


Figure 2. Effet de l'enracinement et le rendement dans l'est de l'Orégon (moyenne à long terme).

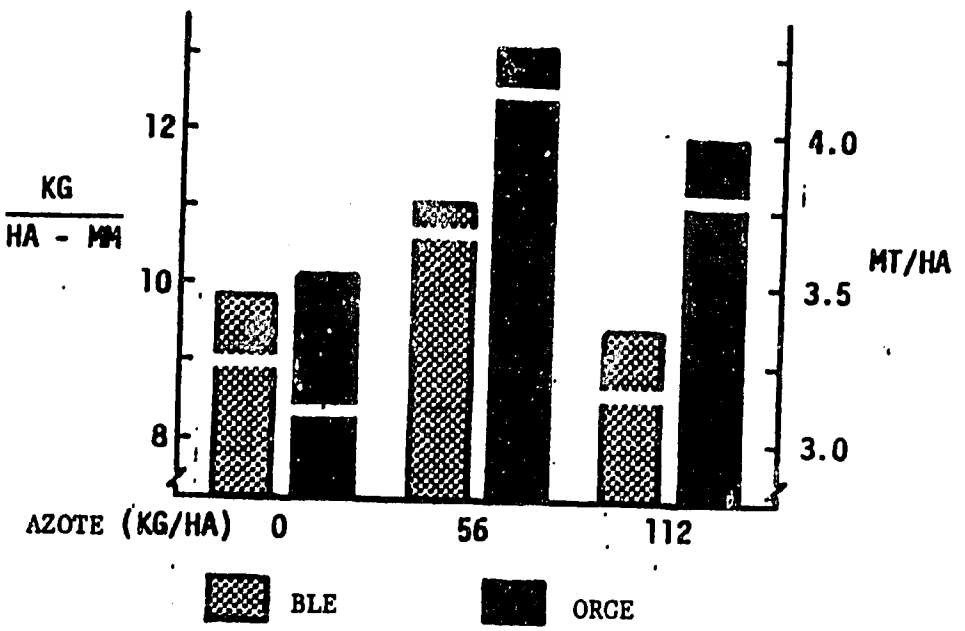
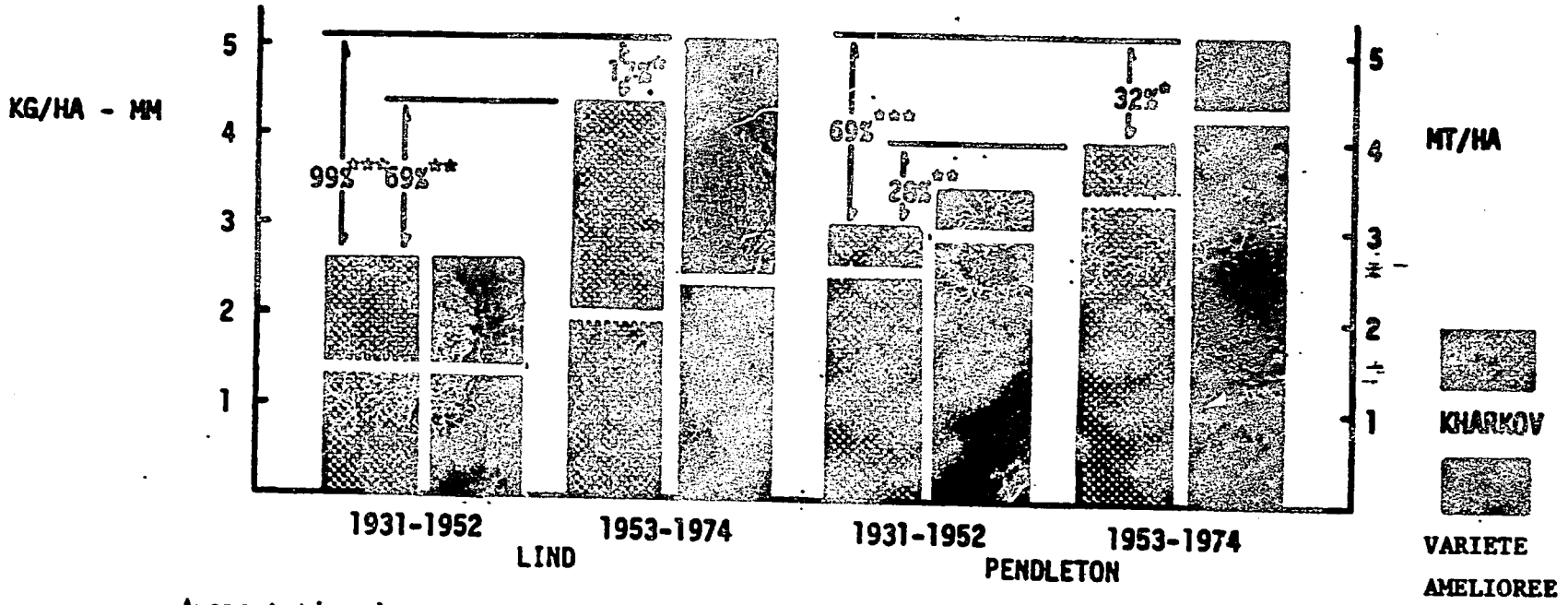


Figure 3. L'Effet d'engrais azote sur l'E.U.E. et le Rendement de blé d'hiver et d'orge d'hiver à Moro, Orégon, 1975.

Figure 4. Effet des Variétés Améliorées et l'efficacité du travail Cultural de l'utilisation de l'eau et le Rendement de blé d'hiver dans deux locations dans le nord-ouest des U.S.A.



Augmentation du pourcentage dûe: *variétés améliorées; **pratiques des cultures amélioées; ***interaction des variétés améliorées et des pratiques des cultures améliorées.

Kharkov: variété témoin

Variété Améliorée: Variété la plus cultiveé durant la période indiqueé.

SITUATION DE DESHERBAGE DES CEREALES ET SON INCIDENCE SUR LA PRODUCTIVITE

Ettounsi

HISTORIQUE

La lutte contre les adventices n'est pas une technique nouvelle dans la céréaliculture tunisienne: Depuis trés long temps le céréaliculteur tunisien étant conscient et convaincu des méfaits occasionnés par les mauvaises herbes sur ses céréales, ne cesse de chercher une solution pour lutter contre les adventices et limiter leurs dégats.

A titre de rappel nous citons principalement les méthodes culturales à savoir:

La préparation du sol: Le travail du sol, fait selon les recommandations techniques adéquates, c'est-à-dire en respectant la date de l'intervention et le nombre de façons aratoires, contribue judicieusement à limiter l'envahissement des mauvaises herbes.

Au cours de la végétation des céréales et à un stade tardif les céréaliculteurs procédaient au désherbage manuel.

Cette opération est devenue coûteuse et lente et intervient à un stade où la concurrence végétative entre les adventices et les céréales est déjà marquée.

L'incéniration des chaumes contribuait à la lutte contre les adventices des céréales certe elle présente des inconvenients et des risques (détruire la matière organique du sol, la flore bacterienne utile et risque d'incendies, etc.).

A l'instar de ces inconvenients les lois tunisiennes ont interdit la pratique de cette opération.

Ces techniques culturales qui ont été largement utilisées ne présentaient qu'une solution partielle et le recours à une solution chimique est devenue une nécessite surtout dans les zônes relativement pluvieuses.

DESHERBAGE CHIMIQUE

En Tunisie nous ne pouvons pas parler d'une recherche fondamentale en matière de desherbage chimique mais plutôt d'une mise au point des résultats obtenus ailleurs et présentés par les firmes phytosanitaires (pour des fins commerciales) et leur adaptation dans les conditions tunisiennes.

Les recherches expérimentales entreprises par les organismes concernés sont parvenus à mettre au point une gamme riche en désherbants chimiques séléctifs ou séléctifs intégrause (polyvalents) s'utilisant à differents stades des céréales et des adventices:

(2 à 3 feuilles au redressement)

La lutte chimique a commencé timidement vers les années 60 par l'introduction de 2-4 D pour contrôler les dicolylédones des céréales. (Voir tableau no. 1).

C'est en 1970 que le Projet blé, l'actuelle Division Technique, a entrepris un vaste programme de désherbage chimique en vue de déterminer la meilleure méthode de lutte contre les adventices des céréales. Pour ce faire les types d'essais qui ont été réalisés au cours des campagnes suivantes avaient pour objectifs:

1. Séléctionner des produits herbicides anti-dicolydédonnes pouvant remplacer le 2-4 D couramment utilisé et permettant d'intervenir soit en préemergence soit au stade 2 à 3 feuilles du blé.
2. Rechercher qu'il est le produit le plus efficace et le plus économique des produits herbicides anti-graminées adventices.

TABLEAU 1:

EVOLUTION DE DESHERBAGE CHIMIQUE EN TUNISIE (P.V) 000 ha		
Année	2-4 D	Polyvalent
1964 - 65	20	
1965 - 66	30	
1966 - 67	40	
1967 - 68	50	
1968 - 69	55	
1969 - 70	70	
1970 - 71	80	
1971 - 72	106	
1972 - 73	69	1,0
1973 - 74	111	3,5
1974 - 75	144	16,0
1975 - 76	159	29,0
1976 - 77	119	24,3
1977 - 78	152	12,5
1978 - 79	92	20,5
1979 - 80	160	24,6
1980 - 81	182	52,5
1981 - 82		

3. Etudier l'action des produits (phytotoxicite) et leur comportement sur les varietés des blé cultiveés à grande echelle ou recemment introduits.
4. Vulgariser la meilleure technique de lutte chimique contre les adventices des céréales.

Actuellement la céréaliculture tunisienne est devenue doteé d'une gamme assez large d'herbicides où l'agriculteur a la possibilité de choisir le produit qui lui convient le mieux.

Il est évident quand nous parlons de désherbage chimique, nous sous-entendons la présence de flore adventice susceptible de nuire aux céréales.

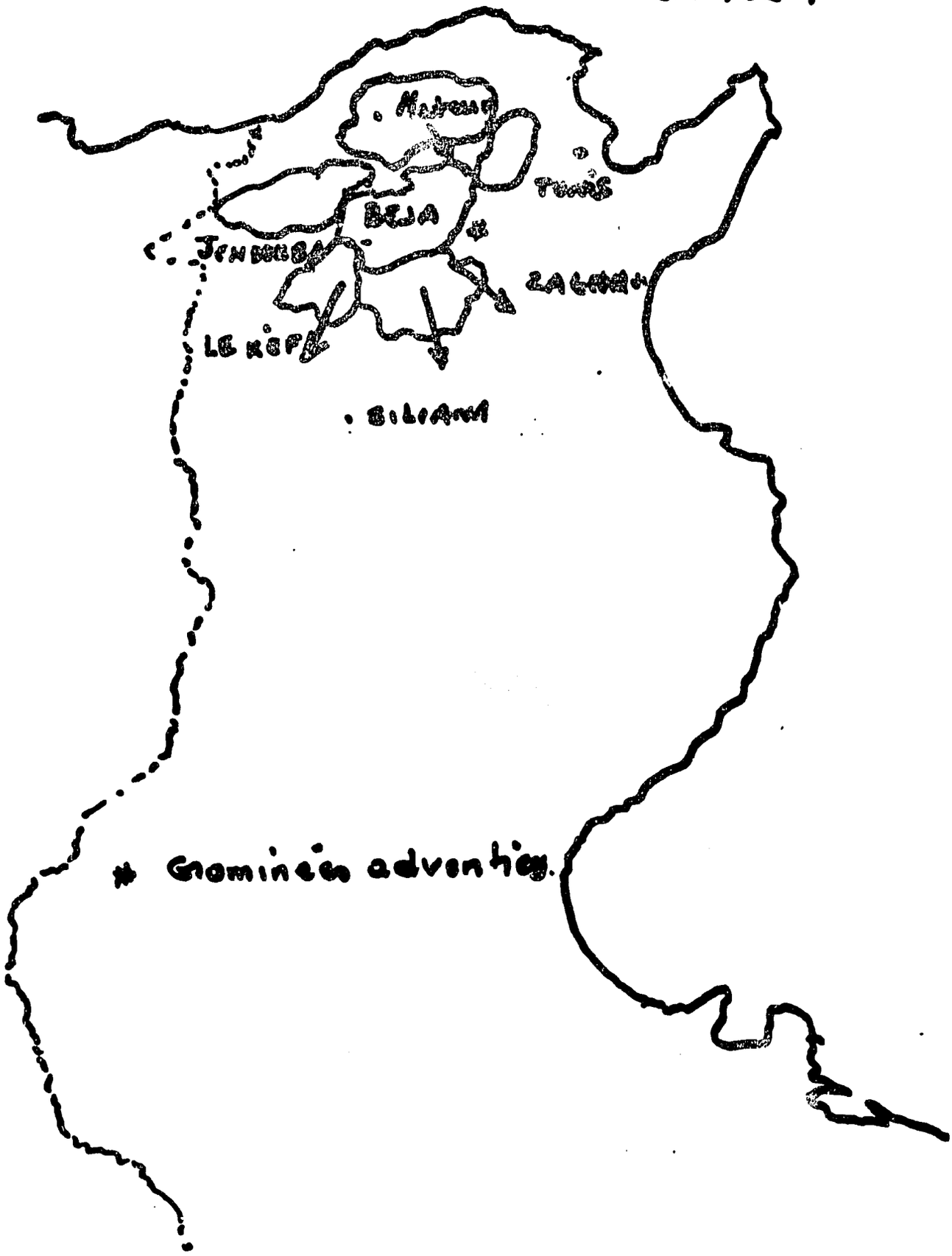
C'est pour cette raison que nous ne devons pas conseiller une utilisation systèmatique de désherbants chimiques dans les champs des céréales car la répartition et la densité des adventices varient d'une zône à l'autre et obéissent naturellement aux conditions agro-climatiques (pluviometrie, système de rotation, nature du sol...).

Nous remarquons que le gradient d'infestation des adventices va de pair avec la pluviometrie et principalement dans les zônes où la pluviometrie est supérieure à 450 mm/an qu'il existé une reelle infestation d'adventices dont la lutte chimique engendre une agumentation de rendements.

Le modèle d'analyse économique pour l'emploi des herbicides resumé par Ali Salem B. Zaid à l'occasion de la troisième conference régionale sur le blé tenue le 28 Avril - 2 Mai 1975 pourrait mais donner une ideé plus precise.

Pour maitriser davantage la lutte chimique contre les mauvaises herbes dans les champs des céréales, il serait utile de dresser une carté floristique où l'on délimité l'aire d'envahissement de chaque groupe d'adventices et de pousser les recherches en vue de determiner les pertes occasionneés par chaque groupe ou espèce. Les résultats obtenus vont permettre aux céréaliculteurs et aux vulgarisateurs de choisir d'une façon plus rationnelle le désherbant le plus approprié.

Flore adventice.



LES PRINCIPALES ADVENTICES EXISTANTES EN TUNISIE

I - Monocotylédones

II - Les graminées

111 - Les folles avoines

1111 - Avoine stérile : Avena sterilis L. ssp

1112 - Avoine blanche : Avena Alba Vahl

112 - Les phalaris ou Alpistes

1121 - Phalaris à epis court : Phalaris brachystachys Link.

1122 - Phalaris paradoxal : Phalaris paradoxa L.

1123 - Petit phalaris : Phalaris minor Retz

113 - Les Ivraies ou ray-gras

1131 - Ivraie rigide : Iolium rigidum Gaud

1132 - Ivraie multiflore: Iolium multiflorum lamk

114 - Orge des rats : Hordeum murinum L.

115 - Chiendent Pied de Poule : Cynodon duetylon (L)

116 - Les Bromes

1161 - Brome de Madrid : Bromus madrilensis

1162 - Brome stérile : Bromus stérilis L.

1163 - Brome rigide : Bromus rigidus Roth

1164 - Brome rougeâtre : Bromus rubens L.

2 - Dicolylédones

21 - F. des crucifères

221 - Moutarde des champs : Sanve, Sinapia arvensis L.

212 - Moutarde blanche : Sinapis alba L.

213 - Ravenelle : Raphanus raphanistrum L.

214 - Rapiste rugueux : Rapistrum rugosum L.

215 - Diplotaxis vergé : Diplotaxis virgatu (cav)

216 - Fausse-roquelte : Diplotaxis erucordes (L)

217 - Cordyloearpe muriqué: Cordylocarpus muricatus

218 - Roquelte d'Orient : Conringia orientalis (L)

219 - Bourse à Pasteur : Capselle bursa

220 - La Psychine : Psychine stylosa Desf.

22 - F. des composeés

221 - Chrysanthème des moissons : Chrysanthemum segetum L.

222 - Souci des champs : Calendula arvensis L.

223 - Souci d'Algerie : Calendulu bicolor

224 - Anacyele en massue : Anacyclus clavatus (Deaf)

225 - Sénecon Commun : Senecio vulgaris (L)

226 - Centaureé de Nice : Centaurea nicaensis All

227 - Chardon à tête dense : Carduus pyenocephalus L

228 - L'helminthie - fausse viperine: Pieris echioides (L)

229 - Laiteron maraîcher : Sonchus oleraceus (L)

230 - L'urosperme faux-pieris : Urosperum pieroidés L

23 - F. des ombellifères

231 - Carotte sauvage : Daueus Carotta

232 - Fausses carottes : Ammiélévé: Ammi majus

233 - Torilis noueux : Torilis nodosa

234 - Turgenie : Turgenia Latifolia (L)

235 - Peigne de Venus : Scandix pectern-veneris (L)

236 - Bifora : Bifora testiculata (L)

237 - Faux fenouil : Ridolfia segetum (L)

238 - Buplevre : Buplevrum

24 - F. des Primulaceés

241 - Mouron des champs : Anagalis arvensis (L) : toseique

25 - F. des Convolevulaceés

251 - Liseron des champs: Convolvulus arvensis (L)

252 - Liseron tricolore : Convolvulus tricolor (L)

26 - F. des Boraginacées

261 - Buglosse d'Italis : Anchusa azurea Mill = A. Italia

262 - Gremil des champs : Lithospermum arvense (L)

27 - F. des Scrofulariacées

271 - Véronique à feuilles de lierre : Veronica hederaefdia (L)

272 - Véronique cymbalaire : Veronica cymbalaria

273 - Véronique de Perse : Veronica persica Poir

28 - F. des Rubiaceés

281 - Gaillet à trois cornes : Galuim tricorne

282 - Gaillet grotteron : Galuim ceparine

283 - Gaillet sucré : Galuim Valancia

28 - F. des Liliuceés

281 - Ornithogale de Narbonne : Ornithoylum narbonense

282 - Tulipe sauvage : Tulipa sylvestris L

283 - Glaieul des moissons : Gladiolus segetum

284 - Glaieul de constantinopole : Gladiolus byzantinus

29 - F. des aracées

291 - Arisarum vulgaire : arum arisarum L

30 - F. des polygonuceés

301 - Renoueé des oiseaux : Polygonum ariculare L

31 - F. des Caryophyllacies

311 - Silème en flû : Silene fuscata

312 - Silène noire : Silene fuscata link

313 - Silène de France : Silene gallieu L.

32 - F. des Renoneuluceés

321 - Adonis annuel : adonis annua L

322 - Nigelle de damas : Nigella damascena L

33 - F. des papaveraceés

331 - Coquelicot : Papaver rhoeas L.

332 - Pavot hybride : Papaver hybridum L.

333 - Roemerie hybride : Romeria hybrida (L)

34 - F. des fumariacées

341 - fumettère officinale: fumaria officinalis (L)

35 -

351 - Luzerne bardane : Medicago hispida

352 - Gesse ochre : Lathyrus ochrus

36 - F. des oxalidaceés

361 - Oxalis : oxalis pes-caprae L

37 - F. Euphorbiacées

371 - Euphorbe reveille-matin : Euphorbia helioscopia

38 - F. Malvacées

381 - Mauves à petites fleurs : Malva parviflora L

382 - Mauves de Nice : Malva nicacensis All

Il est, sans doute vrai que les conditions climatiques présentent une contrainte considérable pour le déroulement de l'opération de désherbage chimique surtout pour l'utilisation des produits s'utilisant aux stades précoces des céréales et demandant des manipulateurs qualifiés (techniques de pulverisations).

A cette époque du cycle végétatif des céréales on enrigistre soit des précipitations importantes rendant les terrains inaccessibles pour les engins des traitements soit une sécheresse prolongée accentuant la phytotoxicité des produits et rendant les agriculteurs réticents.

A cause de ces contraintes et en dépit de tous les efforts déployeés pour étendre l'aire des produits polyvalents à utilisation précoce les superficies traitées restent limiteés.

Etant conscients de ces contraintes nous avons introduit des produits s'utilisant à des stades tardifs (début tallage - redressement) et sont pourvus d'une bonne souplesse d'emploi que l'on peut appeler "Produits de Rahrappage" et dont les resultats, malgré l'effet de la concurrence végétative entre les adventices et les céréales sont probants. (Voir tableaux 2 et 3.)

Une autre contrainte d'ordre économique s'oppose à l'utilisation des herbicides surtout par les petits agriculteurs.

Cette contrainte, qui résident dans le coût de l'opération qui est relativement important par rapport aux autres composantes

de la production, rend le céréaliculteur réticent en dépit des efforts de vulgarisation et de sensibilisation déployés à tous les niveaux et en utilisant tous les médias d'informations.

Pour ce faire et en vue d'encourager les céréaliculteurs à s'initier et à se convaincre davantage de la nécessité de desherber chimiquement leurs céréales l'etat s'est chargé de subventionner la plupart des désherbants à 50% de leurs prix d'achats et d'octroyer des crédit pour l'acquisition des appareils de traitements.

L'etat a confié cette opération à l'Office des Céréales qui s'est chargé d'acheter les produits des firmes phytosanitaires les stocker dans ses differents centres régionaux et les vendre aux agriculteurs au moment opportun.

TABLEAU 2

$\overline{M}$ DES AUGMENTATION DE RENDEMENTS EN QX/HA

	T	Su	Dicu	2,4D	Dos	Ip	Dicu + tok	D4To	illo
1971-72	27,3	1,7	1,6	-	0,8		-	-	-
72-73	28,0	4,0	6,3	1,8	6,1	-	6,0	-	-
73-74	24,6	1,3	2,8	-	5,1	-	4,4	6,5	-
74-75	22,2	9,1	12,3	3,9	15,0	11,0	10,7	10,6	-
75-76	24,9	2,8	0,7	0,5	2,5	2,9	4,7	5,3	-
76-77	17,7	0,4	0,8	0,3	1,7	2,0	3,9	3,3	4,0
77-78	30,5	0,6	0,9	1,7	0,2	0,2	-	1,1	-
78-79	14,2	0,4	1,4	0,4	2,2	1,1	0,4	1,2	2,3
79-80	31,2	-	1,5	0,9	2,4	1,9	1,9	3,2	4,3
80-81	22,7	2	7,4	3	9,8	-	2,8	5,6	3,3
$\overline{M}$	24,3	2,5	3,6	1,3	4,6	3,2	4,4	4,6	3,7

N C	MA	D.Ma/HA	STADES DES CEREALES
2,4D	2,4D	480 g.	Plein tallage - 2 Noeuds

DICURAN CHLOZTOLURON 2500 g	2 Feuilles - Début tallage
DOSANEX METOXURON 360 g	" " " "
TOK NITROFENE 150 - 100 g	" " " "
IP ISOPROTURON 150 - 175 g	" " " "
ILLOXAN DICLOFOPMETHYL 90 g	2 Feuilles - Plein tallage
SUFFIX BEZOYL PROPETHYL 120 g	Fin tallage - deux noeuds

TABLEAU 3 RENDEMENTS EN QX/HA

DESHERBAGE CHIMIQUE 1974 - 1975

	T	2,4 D	Dosanex	Dicur	Ipuren	Suffix 20
BEJA	18,4	30,1	33,7	29,7	35,1	36,8
MORNAGUIA	16,1	19,2	39,3	31,1	28,5	27,5
MEDJEZ	25,0	26,7	29,5	22,0	22,5	24,2
LE KEF	29,4	28,6	46,6	40,9	47,0	36,7

PLUVIOMETRIE EN MM 1974 - 1975

	12	1	2	3	4 ...	T
BEJA	48,4	21,2	134,8	59,5	24,5	563,8
MORNAGUIA	27,5	9,0	127,6	67,2	21,0	411,8
MEDJEZ	12,7	8,0	107,9	39,7	13,4	340,2
LE KEF	24,5	11,3	110,0	27,3	20,9	308,3

DESHERBAGE CHIMIQUE 1976 - 1977

	T	2,4D	Dosanex	Dicur	Ipuren	Suffix 20
BEJA *	2,1	4,4	4,4	3,3	3,3	3,2
MORNAGUIA	22,4	20,8	17,8	18,2	17,6	22,2
MEDJEZ	3,2	6,3	10,9	9,4	7,9	5,2
LE KEF	24,2	25	27,5	24,7	30,3	24,8

PLUVIOMETRIE EN MM 1976 - 1977

	12	1	2	3	4	T
BEJA	29,9	38,7	21,5	21	87,5	432
MORNAGUIA	26,5	49,5	10,0	39,2	51,7	426
MEDJEZ	23,8	31,9	3,2	30,4	56,5	345,3
LE KEF	12	27,0	6,0	41,0	68	388

* Non exploitable à cause de la verse

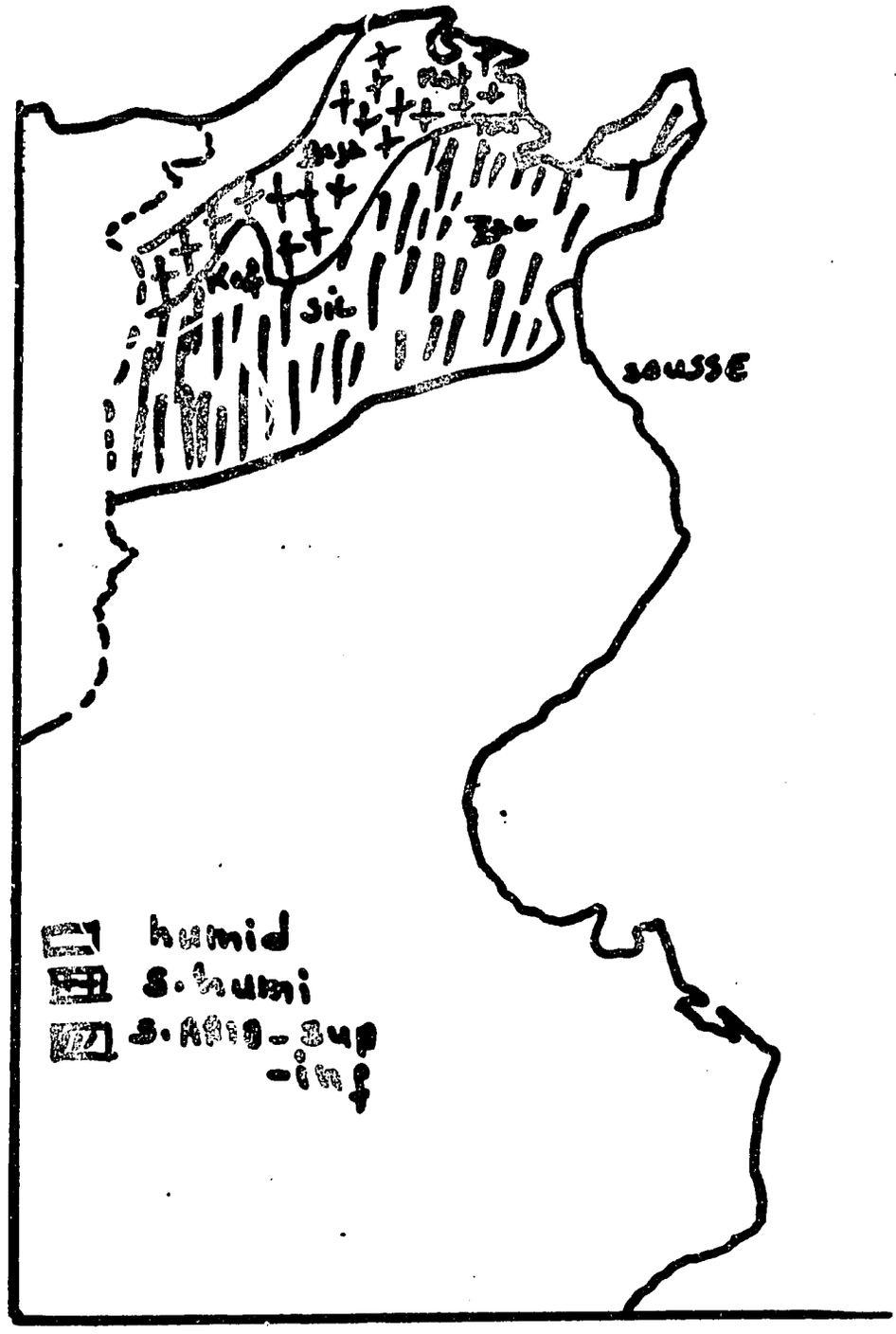
TABLEAU 4 : PRIX DES DESHERBANTS
(SUBVENTION COMPRISE) EN DT
Campagne 80-81

N C	DOSE PC	PRIX UNITAIRE
2,4 D	1,5 L - 2 L	0,635
DICURAN 500 L	5 L	1,775
DOSANEX 80WP	4 - 5 Kg	2,700
TOK 5 WP	3 Kg	1,675
SUFFIX 20	6 L	1,225 (ancien STOK)
ILLOXAN	2,5 L	3,450
SERVICE		3,400

PRIX DES BLES EN DT
(80 - 81)

BLE DUR	9,600 /Qx
BLE TENDRE	8,700 /Qx

ZONES CEREALIERES



LE CONTROLE DES MAUVAISES HERBES POUR LES PETITES GRAINES

Dr. Arnold APPLEBY

Aujourd'hui je voudrais orienter mes remarques vers quelques un des problèmes relatifs au contrôle des mauvaises herbes concernant les petites graines dans l'état de L'Orégon et les façons pratiques de les combattre avec l'éspoir que certaines de ces notions puissent être aussi appliquées ici, en Tunisie.

A/ Méthodes générales du contrôle des mauvaises herbes.

Avant de commencer par les méthodes pratiques spécifiques à L'Orégon, faisons un rapide tour d'horizon des méthodes générales pratiquées pour maîtriser les mauvaises herbes et la façon dont elles pourraient s'insérer dans la production des petites graines.

Le contrôle mécanique des mauvaises herbes :

Le contrôle mécanique des mauvaises herbes implique l'utilisation de la machine pour leur destruction avant maturité. Ceci peut être important quand il s'agit de préparer le lit de semence par exemple.
Une technique de contrôle des mauvaises herbes consiste à les laisser germer puis à les détruire avec le labour avant de semer. Ceci est appelé labour tardif. Cette méthode peut relativement être efficace si les conditions du milieu ont favorisé un grand pourcentage de mauvaises herbes à germer.
Il est plus probable que cette méthode soit partiellement efficace contre les bromes par exemple que contre la folle avoine, vu que celle-ci met davantage le temps pour germer que les bromes.

Méthodes de culture :

Quelques méthodes importantes de culture impiliquent l'utilisation de variétés compétitives ainsi qu'une utilisation judicieuse de la quantité et de l'emplacement des engrais ainsi que d'autres méthodes. Une pratique importante à cet égard est l'utilisation de la rotation des cultures.
En changeant de cultures et en variant céréales et légumes ou d'autres herbicides sont utilisés ou bien en alterlant cultures d'automne et cultures de printemps les cycles des mauvaises herbes peuvent être interrompus.
Le premier tableau nous montre l'importance de se prémunir à la fois contre les mauvaises herbes et de fournir les engrais appropriés.

Dans l'étude que nous montrons dans le premier tableau il n'y avait aucun avantage à contrôler des mauvaises herbes si les niveaux n'étaient insuffisants. Il en serait de même si n'était utilisé dans un champs envahi par les mauvaises herbes, celles-ci en tirerait davantage de profit et l'on vu remarquerait aucune augmentation.dans la productivité des petites graines.

1er Tableau : Action réciproque du contrôle des mauvaises herbes et de l'engrais azoté sur le rendement des petites graines dans l'ouest de L'Orégon.

Niveau N (Kg ha)	Rendement (Kg/ha)		Rendement %
	M.H Contrôlées	M.H non contrôlées	
0	4 860	4 860	0
40	6 100	5 010	8
80	6 530	5 300	19
120	6 680	4 860	28

Le contrôle manuel :

Dans certaines situations le contrôle manuel peut être effectué. Si les mauvaises herbes sont éparpillées, la main d'oeuvre suffisante et la superficie negligeable, la méthode la plus économique de deshertage serait alors d'arracher la petite quantité de mauvaises herbes à la main.

Dans certaines régions, les mauvaises herbes ramassées de cette manière peuvent être utilisées comme fourrage pour le bétail.

La méthode Chimique :

Un grand nombre d'herbicides a été utilisé pour le contrôle des mauvaises herbes. Dans les petites graines un récent sondage a montré que presque 47 différentes sortes d'herbicides ont été recensés dans le monde (voir tableau N°2). Il est important de ne pas dépendre uniquement des herbicides pour le contrôle des mauvaises herbes, mais plutôt de les utiliser comme une arme efficace en même temps que les autres méthodes de contrôle.

B/ Le contrôle des mauvaises herbes dans L'Orégon :

L'Orégon est un état au climat varié, et différentes pratiques particulières aux régions sont éffectuées.

Je diviserai cette conférence en trois grandes parties relatives aux programmes des céréales parceque les problèmes et les méthodes peuvent être différentes d'un programme à l'autre.

Rotation Céréales Jachère : 200 à 300 mm de pluie :

Une assez grande partie du Centre Nord de L'Orégon de prête bien à la production des céréales en alternant les cultures de blé ou d'orge avec une année de jachère.

La jachère sert à emmagasiner l'humidité afin d'augmenter la consistence de la récolte.

Un aspect important de l'alternance céréales, jachère est de maintenir les mauvaises herbes en état de liberté relative pendant la jachère. Dans cette région la terre est généralement laissée en chacune après les moissons pendant toute la période d'automne et d'hiver jusqu'à ce que le labour ait lieu au printemps suivant.

La tendance vers l'utilisation des herbicides pour contrôler les mauvaises en automne, en hiver et au début du printemps. Plusieurs signes indiquent de plus en plus que le fait de laisser les mauvaises herbes pousser pendant cette période peut réduire la quantité d'humidité emmagasinée sous sol.
Des recherches effectuées par M.Donald Rydrych au centre de Recherches de Columbia à Pendleton prouvent que le fait de maintenir une jachère desherbée signifie une importante amélioration de la quantité d'humidité sous terraine (tableau3).

Le labour en automne peut aider à contrôler les mauvaises herbes, mais il peut aussi entrainer une érosion non désirée pendant la période des pluies hiernales. Un certainsherbicides a été recensies à cet usage. Ceux-ci comprennent le cyanazine, l'atrazine, le metribusin, le propham, le glyphosate, paraquat, dalapon, 2,4-D, et la dicamba.

Tableau 3 : Quantité d'humidité emmagasinée au printemps suivant trois systèmes de jachère pendant l'hiver.
(Humidité mesuré en Avril à Pendleton en Orégon)*

Traitement	Cm H_2O
pas de labour l'hiver pas d'herbicides.	6,9
pas de labour - herbicides en automne	8,9
labour d'automne-pas d'hebicides	6,9

*Données fournies par M.Donald J. Rydrych, Pendleton, Oregon.

Quoique les besoins en fertilité sont généralement rencontrées en ajoutant les engrais commercialisés, la période jachère peut être considérée comme période d'azotage et d'augmentation d'azote dans le sol.

Rotation Céréales Jachère : 200 à 300 mm de pluie :

Une assez grande partie du Centre Nord de L'Orégon de prête bien à la production des céréales en alternant les cultures de blé ou d'orge avec une année de jachère.

La jachère sert à emmagasiner l'humidité afin d'augmenter la consistence de la récolte.

Un aspect important de l'alternance céréales, jachère est de maintenir les mauvaises herbes en état de liberté relative pendant la jachère. Dans cette région la terre est généralement laissée en chacune après les moissons pendant toute la période d'automne et d'hiver jusqu'à ce que le labour ait lieu au printemps suivant.

La tendance vers l'utilisation des herbicides pour contrôler les mauvaises en automne, en hiver et au début du printemps. Plusieurs signes indiquent de plus en plus que le fait de laisser les mauvaises herbes pousser pendant cette période peut réduire la quantité d'humidité emmagasinée sous sol.
Des recherches effectuées par M.Donald Rydrych au centre de Recherches de Columbia à Pendleton provent que le fait de maintenir une jachère desherbée signifie une importante amélioration de la quantité d'humidité sous terraine (tableau3).

Le labour en automne peut aider à contrôler les mauvaises herbes, mais il peut aussi entrainer une érosion non désirée pendant la période des pluies hiernales. Un certainsherbicides a été recensies à cet usage. Ceux-ci comprennent le cyanazine, l'atrazine, le metribusin, le propham, le glyphosate, paraquat, dalapon, 2,4-D, et le dicamba.

Tableau 3 : Quantité d'humidité emmagasinée au printemps suivant trois systèmes de jachère pendant l'hiver.
(Humidité mesuré en Avril à Pendleton en Orégon)*

Traitement	Cm H_2O
pas de labour l'hiver pas d'herbicides.	6,9
pas de labour - herbicides en automne	8,9
labour d'automne-pas d'hebicides	6,9

*Données fournies par M.Donald J. Rydrych, Pendleton, Oregon.

Quoique les besoins en fertilité sont généralement rencontrées en ajoutant les engrais commercialisés, la période jachère peut être considérée comme période d'azotage et d'augmentation d'azote dans le sol.

Les mauvaises herbes non contrôlées pendant la période de jachère peuvent consommer inutilement un engrais précieux.
Il faut tenir compte d'un important concept pour une bonne gestion des champs : s'assurer que les mauvaises herbes ne poussent pas dans les clôtures entre les champs. Des herbicides tels que latrazine + l'amitrole font très bien l'affaire pour empêcher les mauvaises herbee de produire la graine qui lui permettent de s'étendre dans les champs avoisinants.
Pendant cette année, le contrôle des mauvaises herbes se fait en grande partie au moyen de traitements d'herbicides.

Comme les productions sont relativement basses, les herbicides les moins chers sont toujours les plus préférés tels que le bromoxynil, le metribuzin, le linuron et le terbutryn qui sont utilisés pour les problèmes particulières des mauvaises herbee.

Travaux annuels- - 300-600 mm

Les mauvaises herbes peuvent être considérés comme de graves problèmes dans les régions défrichées annuellement dans l'Est de L'Oregon.
Les problèmes majeurs sont le brome pubescent (bromes tectorum) et une grande variété de mauvaises herbes à feuilles larges. Les productions sont suffiamment élevées pourque les cultivateurs s'offrent les herbicides les plus chers.
Une grande variété d'herbicides et de combinaisons d'herbicides sont emplyés.
L'un des traitements favoris est un mélange de MCPA + bromoxynil + dicamba.
Sont aussi combinés le metribuzin + bromoxynil, le diuron + 2,4-D, etc...
Pour combattre le brome lanugineux, le trifluralin ou metribuzin sont parfois employés et souvent combinés avec succés.
Une autre approche qui donne d'heureux résultats est celle la technique qui consiste à retarder la semence appelée plus communément récoltes par rotations.
En alternant la culture du blé avec les pois plantés au printemps ou d'autres légumes le brome lanugineux peut être considerablement réduit. Les graines de ce brome ont une vie très courte au sol, donc s'il n'est pas capable de produire des graines pendant deux ou trois ans, le problème est presque totalement résolu.

Travaux annuels : 500 à 1200mm :

Dans les régions plus pleuvieuses de l'Ouest de l'Orégon nous trouvons un nombre beaucoup varié et abandant les mauvaises herbes dont les principales sont : l'ivraie d'Italie (Lolium multiflorum) et la folle avoine (Avena Fatua).
Il y a aussi une grande variété de plantes à l'hiver à feuilles larges, pâturnis des près (Poa annua), bromes et quelques plantes persistantes telles que les chardons de Canada (Cirsium arvense).
Pour éliminer la folle avoine, le diclofop-methyl, le difenzoquat, triallate, ou le barban sont efficaces contre l'ivraie d'Italie. Le diclofop-methyl est un vivace traitement de choc largement utilisé (voir tableau 4).

Tableau 4 : Influence du diclofop methyl sur la production du blé dans l'endroit de l'Orégon de l'Ouest.

Année	Nombre d'endroits	Production moy. de blé (Kg/ha)	
		diolofop	sans traitement
1975	6	6 500	3 400
1976	4	6 100	2 500
1977	4	5 200	3 000
1978	3	4 000	2 500
1979	4	8 500	7 100
	Moyenne :	6 200	3 700

D'autres procédés font appel au triallate un trifluralin appliqué après plantation et incorporés, et suivi par un traitement précoce au diuron, dés l'apparition de la plante. Ces traitements se sont avérés tellement efficaces que le l'ivraie est en voie de dispaétion dans l'Oeust de l'Orégon.

Pour combattre les plantes à feuilles larges, les herbicides principaux sont : le diuron, le 2,4-D, le MCPA, le dicamba, et le dinoseb.

Le Bromoxynil, le terbutryn, le linuron, et le metribuzin sont aussi employés comme dans la plupart des régions agricoles à travers le monde il ya une tendance à comboner les herbicides pour mieux s'attagner aux mauvaises herbes quand celles-ci sont diverses et mélangées.

Malheureusement, la plupart des herbicides, des plantes à feuilles larges réduisent l'efficacité du diclofop contre la folle avoine quand les herbicides sont employées en tant que mélangé.

L'avenir de contrôle des mauvaises herbes pour les petites graines s'annonce brillant. De nouveaux herbicides continuent d'apparaître à l'experience un exemple est l'introduction des nouveaux herbicides sulfonylurea dont le chlorsulfuron (appelé Glean aux Etats Unis).
Ces herbicides peuvent contrôler jusqu'à des taux aussi bas que 5 à 20 g/ha. Ils sont très efficaces sur une grande variété de plantes à feuilles larges et peuvent aussi bien arrêter la croissance de certaines mauvaises herbes.

LES ASPECTS DE LA FERTILITE DU SOL DANS LA PRODUCTION CEREALIERE

D. Michael Glenn

Traditionnellement, l'agriculture a compté sur l'utilisation des éléments nutritifs contenus dans le système du sol. La majorité des éléments nutritifs essentiels de la plante sont en effet fournis directement par la fertilité naturelle du sol. Cependant la fertilité du sol est une source limitée et, après une certaine periode, tout sol cultivé developpera une carence en elements nutritifs. Trois éléments font potentiellement défaut dans les regions céréalières de l' Afrique du Nord: l'azote, le phosphore et le soufre.

Les carences en éléments nutritifs constituent un problème pour la production céréalière non seulement parcequ'elles reduisent le rendement mais aussi parceque des capitaux importants sont necessaires pour combler ces déficits. Ces dépenses épuisent les crédits disponibles et déséquilibrent la balance nationale des payements (Ewell, 1974; Hauser, 1974). La politique nationale d'importation et de distribution d'engrais peut être telle que la disponibilite et le coût de ces engrais deviennent un facteur limitant plus important que celui de l'identification des carences en éléments nutritifs.

Le déclin de la fertilité du sol

Les régions céréalières de l'Afrique du Nord ont souffert, à travers les siècles, des différents degrés d' érosion. Ceci est dû en grande partie à la nature érosive du milieu, mais la situation s'est davantage aggravée par les techniques de conduite du sol et de la culture qui ont favorisé la déperdition du sol (M'Rad, 1977). La quantité des éléments nutritifs essentiels de la plante perdus à cause de l'érosion peut être trés élevée (tableau 1). La recherche a démontré que les pertes d'azote et de matière organique peuvent être cinq fois plus grandes dans le materiau érodé que dans le sol initial. Celles de la potasse et du phosphore sont respectivement deux et trois fois plus grandes (Brady, 1974). Plus important est le fait qu'une grande porportion des éléments perdus par l'érosion sont utilisables par les plantes. Le pâturage des résidus de récolte est une pratique nécessaire en Afrique du Nord étant donné que les produits fourragers font défaut de façon chronique (M'Rad 1977).

Cependant, cette technique de conduite aggrave encore plus les pertes du sol dûes a l'érosion car on elimine la composante du système du sol qui réduit efficacement le mouvement du sol, à savoir:les résidus de recolte. Le maintien des residus en surface est nécessaire pour limiter l'érosion éolienne et celle dûe à l'eau. Les résidus de récolte agissent comme barrières et réduisent le mouvement du sol en réduisant la vitesse de l'eau et du vent à la surface du sol. Après avoir atteint le seuil de 1 tonne/ha de résidus, le controle de l'érosion du sol est en général proportionnel à la quantite des residus de surface (Luebs et Laag, 1964). Le premier épuisement de la fertilité du sol, celui de l'azote en particulier, occure à la suite de l'enlèvement du grain. 80% de l'azote total de la plante peut se trouver dans la matière sèche du grain (Glenn, resultats non publies). Le lent épuisement de la fertilité du sol occure à travers le pâturage dans le système de cultures actuel. Les animaux pâturant restituent effectivement au sol 80 a 90% des éléments résiduels, mais il y a une nette perte des éléments nutritifs du sol qui sont utilisés pour couvrir les besoins de maintien et de croissance des animaux (W. McGuire, communication personnelle). Dans le temps, le pâturage ne réduit pas uniquement les niveaux de fertilité du sol, il reduit également les apports du carbone necessaire au maintien des niveaux désirables de matière organique pour l'amélioration du sol, l'augmentation de la capacité de retention de l'eau et de la capacité d'échange de bases.

La perte d'éléments du sol et l'utilisation insuffisante d'engrais sont les deux facteurs limitants principaux de la céréaliculture de l'Afrique du Nord. L'adoption de l'utilisation croissante d'engrais est une pratique qui est souvent lentement instituée. Ceci est dû auxcoûts à l'importation des engrais. Ces prix incluent non seulement le coût du materiau initial mais également les frais de transport du port vers les zones interieures augmentant ainsi l'interêt sur le capital investi et les autres coûts de distributions. Ewell (1974) et Hauser (1974) soulignent que le coût des engrais et leur disponibilite en temps opportun font que l'utilisation des engrais est souvent parmi les dernières techniques adoptées par le système de production pour l'accroissement des rendements.

TABLEAU 1 Prélèvement annuel d'éléments nutritifs au Missouri

Condition	Elements prélevés (kg/ha) N	P	K	Ca	Mg	S	sol perdu tonne m./ha
Prélèvement par l'érosion							
maïs continu.	59	16	540	196	78	15	8.8
maïs-ble-trèfle	23	7	191	76	26	5	1.2
Prélèvement par la culture							
moyenne pour le maïs	107	20	89	36	27	18	

(Miller, M.F. and H.H. Krusekopf, 1932)

TABLEAU 2. Pluviométrie moyenne, ruissellement et perte du sol sur les parcelles labourées

Pratique culturale	valeurs moyennes (1965-1970) Pluie (cm)	Ruissellement (cm)	Perte du sol tonnes/ha
jachère nue-résidus enlevés	42,0	5,0[a]	17,5[a]
labour conventionnel	42,0	2,9[b]	6,0[b]
couverture de chaumes (mulch)	42,0	2,4[c]	3,7[c]
pas de labour	42,0	1,0[d]	0,9[d]

(Onstad, 1972)

Sur la meme colonne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes (α=0,05)

Les éléments limitant la production céréaliere en Afrique de Nord

L'Azote (N), le phosphore (P), et le soufre (S) ont été identifiés comme étant les facteurs limitants en Afrique de Nord. Les microéléments suivant: zinc (Zn), manganese (Mn) et Fer (Fe) sont problablement insuffisants sur les sols calcaires de l'Afrique du Nord lorsque sont cultivées des espèces susceptibles tel que le citron. Cependant les déficits en microéléments sont trés peu probables sur les cultures céréalieres jusqu'à ce que les rendements seraient plus élevés par suite d'une utilisation accrue d'engrais, de variétés à haut rendement mieux adaptées, et des techniques de conduites améliorées.

Facteurs influençant la disponibilité en azote en Afrique du Nord

Les céréales absorbent la plupart de leur azote sous forme du NH_4^+ and NO_3^- de la solution de sol. La quantité de ces deux ions disponible dans la zone racinaire depend premièrement des quantités fournies par les engrais et par la minéralisation de l'azote organique du sol. La

quantité nette de l'azote libéré par la matière organique du sol dépend des degrés relatifs de minéralisation, d'immobilisation et de dénitrification de l'azote. Les facteurs affectant ces processus sont: 1) la quantité et la composition (ratio C/N) de la matière organique du sol et des résidus incorporés, 2) humidité du sol, 3) la température du sol, 4) le pH du sol, 5) l'aération du sol, et 6) la population des microorganismes. Les trois premiers facteurs sont d'une importance majeure pour l'évaluation de la disponibilité de l'azote.

Les résidus des céréales ont caracteristiquementun ratio C/N élevé. leur utilisation dans le contrôle de l'érosion et ensuite leur enfouissement dans le sol nécessitera ou immobilisera une certaine quantité d'azote nécessaire à la decomposition, quantité qui aurait été autrement disponible pour produire la culture suivante. L'immobilisation de l'azote est clairement apparente quand les résidus de céréales sont incorporés juste avant le semis. Environ 3 kg d'azote du sol, et/ou provenant des résidus de récolte sont necessaires pour une conversion microbienne de 100 kg de résidus en matière organique stable (Harmsen et Kolenbrander, 1965). Le processus d'immobilisation explique l'augmentation initiale des besoins en engrais azotés lorsque sont adoptées les nouvelles techniques de conduite du sol qui conservent les résidus de récolte et l'humidité du sol. Cependant, plus tard, l'utilisation accrue des engrais et le maintien des residus de récolte augmenteront la quantité de matière organique dans le sol. Les éléments libérés par la matière organique du sol en plus de l'azote résiduel peuvent permettre de couvrir les besoins en azote (Bartholomew, 1965).

Les processus de mineralisation et d'immobilisation sont activés par l'intermédiaire des microbes qui son sensibles aux changements d'humidité et de température du sol. Les niveaux de réaction de ces processus sont optima à une température de 35°C et à une pression de l'humidité du sol de 1/3 a 1/10 de bar c'est a dire à la capacité au champs. (Stanford and Epstein, 1974; Stanford et Smith, 1972). Stanford et al. (1973) ont demontré que les taux de minéralisation et eventuellement d'immobilisation décroitraient de façon lineaire quand la termpérature et l'humidité du sol s'éloignent de leurs niveaux optima. Smith et al. (1977) ont intégré ces effets de la température et de l'humidité dans l'étude de la minéralisation de l'azote pour examiner la minéralisation potentielle de l'azote du sol sous les conditions de champs. Ils ont

conclu que la variation annuelle des résultats d'essais de l'azote du sol dépend directement des effets de la variation climatique annuelle sur la minéralisation. Swenson et al. (1979) ont demontré que durant les années sèches la quantité de l'azote-nitrate accumulé durant l'anneé de jachère par le processus de minéralisation serait trés reduite à cause des conditions peu favorables à l'activite microbienne. Ils ont demontré qu'entre l'automne et le début de printemps de l'année de culture, les niveaux d'accumulation supplémentaire du nitrate n' étaient pas élevés. Ils ont conseillé de prélever les échantillons du sol en automne, au moment des semis pour évaluer la quantité d'azote contenue dans le sol avant l'apport de l'engrais azoté.

Un programme efficace d'analyses de l'azote du sol doit être développé en Afrique de Nord pour évaluer de manière précise la quantité d'azote présenté dans le sol. Un tel programme d'analyses du sol permettrait d'éviter à la fois la sous et la sur utilisation des onéreux engrais azotés.

Facteurs influençant la disponibilité du phosphore en Afrique de Nord

En Afrique du Nord, les sols sont généralment calcaires. Cette caracteristique du sol limite considérablement la disponibilité en phosphore. La phosphore est généralement plus disponible entre les pH 5.5 et 7.0. Quand le pH est superieur a 7.0, le phosphore insoluble dans l'eau formera des précipités avec les ions Ca^{++}, Mg^{++} et CO_3^{--} pour réduire la disponibilite de P. La texture du sol affecte également la disponibilité de P. En général, les sols contenant un pourcentage élevé d'argile fixeront plus de phosphore que ceux à texture plus légère. Ceci est le resultat d'une plus grande surface d'exposition et donc de fixation potentielle de P grâce à des quantités élevées d'argile.

Le degré de saturation colloidale du phosphore influence énormément la réponse au phosphore ajouté. Les sols qui ont reçu des quantités élevées d'engrais phosphorés pendant plusieurs années devraient développer un degré de saturation élevé. Dans les sols à saturation de P élevée, il devrait être possible de reduire la quantite de P apporteé et d'utiliser un pourcentage plus élevé du P du sol (Tisdale et Nelson, 1975). De tels changements dans la technique de gestion de l'engrais P nécessitera un programme efficace d'analyses du sol pour évaluer la quantité de P à apporter pour l'obtention d' un niveau de rendement optimal. Quand l'engrais P soluble est epandu et incorporé dans le sol,

il est exposé à une plus grande surface et peut être potentiellement fixé par la fraction colloidale du sol. L'application localisée sur le rang des engrais P réduira la surface en contact avec l'engrais et par voie de consequence réduira la fixation de P et donc la disponibilité de P augmentera. L'application localisée est d'une importance capitale pour les sols faibles en phosphore et avec potentiel de fixation élevé.

La supériorité de l'application localisée par rapport a l'épandage de P a été reconnue par les agronomes depuis les annees 1930. Les recommendations pour l'engrais phosphate sur blé d' hiver ont généralement préconisé que la dose d'application localisée de P devrait être doublée dans le cas ou l'application serait effectuée par épandage. Peterson et al. (1981) ont revu la litterature et ont conduit des essais pour verifier cette recommendation. Ils ont trouvé qu'elle n'était pas fondée. Par contre, ils ont conclu que l'efficacité relative de la méthode d'application de P a varié selon les résultats d'analyses du sol (tableau 3). Les sols avec des niveaux trés bas du P disponible necessitent 3 fois plus de P en épandage par rapport à l'application localisée. Les sols légèrement déficitaires en P ont montré les mêmes niveaux de réponses quand d'égales quantites de P sont épandues ou localisées. Les recommandations pour les engrais phosphatés doivent donc tenir compte des résultats d'analyses du sol et également de la méthode d'application.

TABLEAU 3. Doses d'application du phosphore pour maximiser le rendement. Applications par épandage ou en bandes

taux analyses du sol (ppm)	dose optimale de P (kg/ha)		dose epandue / dose localisée
	epandu	localisé	
8	73	12	3,1
10	45	28	1,6
14	45	30	1,5
17	45	45	1,0
19	45	43	1,1
19	27	22	1,2

(Peterson et al., 1981)

Les effets de la fertilité du sol sur l'incidence et la sévérité des maladies

Le piétin échaudage (Gaeumannomyces graminis var tritici) est une importante maladie fongique du blé dans les climats tempérés. Les plus sérieuses chutes de rendement occurent dans les zones à haute pluviométrie ou irriguées quand le blé est cultivé de façon continue. Le semis precoce favorise l'infection et l'établissement du microbe. Les hivers doux et les printemps frais et humides favorise davantage la dissemination du microbe à travers tout le système racinaire. L'azote nitrate accentue les dégats causés par le microbe tandis que l'azote ammonium attenue la sévérité de la maladie. Le phosphore localisé près de la graine de semence favorisera le developpement racinaire, particulièrement sur les sols frais et humides et la bonne vigueur de la plante limitera les dégats causés. La localisation des engrais chloriques sur ou à côté des semences ou les applications printanières des engrais chloriques réduiront non seulement la sévérite de la maladie du piétin mais egalement celle des maladies foliaires et d'epis telles que la rouille jaune et la septoriose du ble (Jackson et al., 1981). Christensen et al. (1981) on émis l'hypothèse q'un des mecanismes par lequelle le Cl supprime le pietin du blé est celui de l'absorption du Cl par la plante qui diminue le potentiel hydrique des racines et par conséquent retarde le degré de colonisation de la racine par le pathogène.

Christensen et al (1981) ont demontré que les applications printanières de l'engrais chlorique ont réduit la pression osmotique de 2-4 bars dans les feuilles du blé d'hiver et probalement autant dans les racines. Cook et al. (1972) ont demontré la sensibilité de l'infection du piétin au potentiel hydrique réduit en mesurant le degré de croissance des hyphes sous des pressions d'eau controleés osmotiquement. Leur oeuvre suggère que la susceptibilité de l'hôte à la colonisation des racines par le piétin est réduite par la réduction du potentiel hydrique des racines. Il est également possible que le potentiel de l'inoculum du pietin est indirectement réduit par les applications de Cl à travers un changement dans la quantité ou la composition de l'exsudation racinaire. L'étude de l'application du chlorure sur le blé d'hiver infecté de piétin a permi d' avoir des resulats remarquables (tableau 4). Au stade laiteux, le poids humide, le poids du grain et le rendement ont été augmente par un épandage printanier du chlorure en surface. Cette recherche a démontré qu'avec

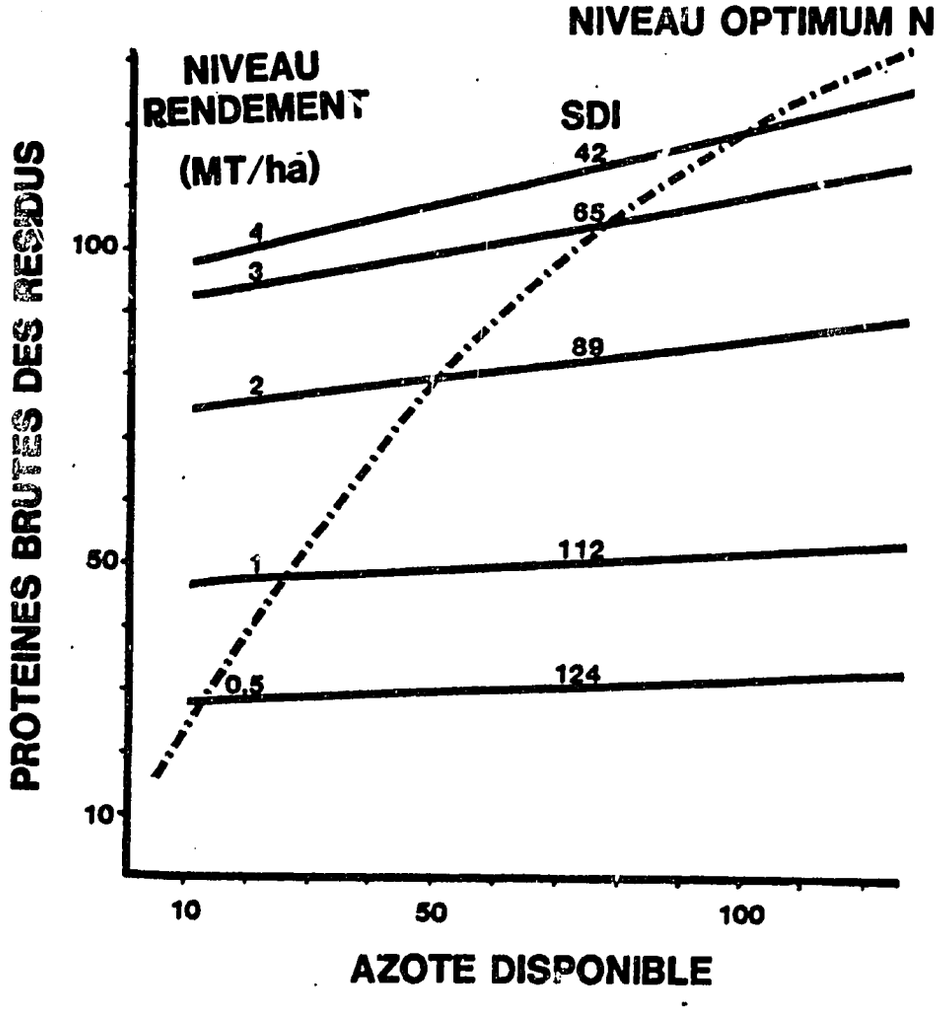


Figure 1. L'effet des niveaux de manque d'eau (SDI) et de l'azote disponible sur les niveaux des proteines brutes des résidus de cereales.

des techniques culturales et des apports d'engrais raisonnés, l'occurence et les degats causés par le pietin peuvent être réduits.

TABLEAU 4. Rendement en poids humide du blé d' hiver (stade laiteux) rendement et poids des grains influencés par des doses variées de N et de Cl épandus en surface.

li Lieu	Engrais source N	dose N	dose Cl	poids humide g/60cm rang	rendement grain kg/ha	poids du grain g/1000
B	$(NH_4)_2SO_4$	140	0	475[a]	5.420[a]	43,4[a]
	$(NH_4)Cl$	140	355	605[b]	7.570[b]	47,3[b]
C	$(NH_4)_2SO_4$	140	0	632[a]	6.720[a]	52,3[a]
	$(NH_4)_2SO_4$+KCl	140	101	690[a]	7.530[b]	54,4[a]
	$(NH_4)_2SO_4$+NaCl	140	101	683[a]	7.530[b]	57,9[a]
	$(NH_4)CL$	140	355	711[a]	7.490[b]	55,4[a]

(Christensen et al., 1981)

Sur une meme colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement differentes. (α= 0,05)

Les effets de la fertilité du sol sur la qualite du foin utilisé comme aliment du betail

La production de matière sèche des céréales et les proteines brutes des résidus de récolte sont directement liés au degré du manque d'eau que la plante expérience et au niveau d'azote disponible pour la plante. Il est généralement admis que le manque d'eau diminue la production globale de la matière sèche mais augmente le pourcentage des proteines brutes dans toutes les parties de la plante (Fedack et Mack, 1977; Aspinall et al., 1964). En Afrique du Nord ou il y a un deficit chronique de produits fourragers de haute qualité, la paille peut être mieux utilisée dans la ration de maintien des animaux non lactants. Dans les zones semi-arides de l'Oregon, la recherche procéde à l'étude des relations existantes entre le manque d'eau, la disponibilité de l'azote et la qualité de la paille utilisée comme fourrage.

L'intensité et la durée du manque d'eau sur les céréales peuvent être intégré dans le concept de la "tension journaliere" propose par Hilar et Clark (1971). Brièvement, ce concept détermine l'intensité et la durée du manque d'eau durant chaque stade phénologique de croissance. Il compare les mesures cumulatives du manque d'eau

(appelées indice de tension journalière SDI) au rendement ou à la matiere organique. L'indice de tension journaliere est calculé comme suit:

$$SDI = \sum_{\text{emergence}}^{\text{recolte}} \left(1 - \frac{\text{transpiration reelle}}{\text{transpiration potentielle}}\right)(CS)$$

ou CS est une mesure numerique de la susceptibilité de la culture au manque d'eau pour chaque stade de croissance

SDI = Stress Day Index (indice de tension journaliere)

Dans les regions à rotation céréales-jachère de l'Oregon, le niveau du manque d'eau (SDI) est l'élément déterminant pour le rendement en grain, des résidus et des proteines brutes (tableau 5). Le niveau de l'azote disponible (N) (N du sol + N engrais, kg/ha) a un effet significatif mais moindre sur ces reponses. Le manque d'eau (SDI) réduit le rendement potentiel et la dimension du reservoir physiologique de l'azote. La réduction des quantités d'eau dans le sol limite davantage l'absorption de l'azote et la conversion en proteines brutes en limitant la quantite de N qui peut pénétrer dans les racines grace au mouvement de l'eau. Ces deux effets de l'alimentation limitée en eau se combinent pour réduire les niveaux des proteines brutes dans les residus de récolte même quand on augmente les niveaux d'azote (figure 1).

La productivité des systèmes céréales-élevage peut être sensiblement ameliorée en Afrique du Nord. Les techniques de conservation de l'eau amelioreront l'alimentation en eau disponible, réduiront le manque d'eau dans la plante et augmenteront le potentiel productif de la zone. La conservation effective de l'eau conjuguée aux techniques de conduite culturales de controle des mauvaises herbes et d'épandage d'engrais optimiseront à la fois le rendement en grain et la qualité et la quantité du fourrage de céréales.

TABLEAU 5. L'effet du manque d'eau (SDI) et du niveau de l'azote disponible (N) sur le rendement en grain, en résidus et en proteines brutes, utilisant des coefficients de regression multiple.

Rendement en grain (tonne m./ha)

rendement grain = 5,81 - 0,043 (SDI)

Rendement residus (kg/ha)

Paille	= 3801,12 - 25,84 (SDI)
Paille hachée (balles)	= 2363,76 - 18,35 (SDI)

Rendement en proteines brutes (kg/tonne metrique de residus)

Paille	= 977,92 + 22,28 (SDI) + 4,95 (N)
Paille hachée (balles)	= 1706,24 + 24,59 (SDI) + 6,81 (N)

Utilisation des engrais en fonction de l'analyse du sol

En Afrique du Nord, la majorité des matériaux de fertilisation sont des dérivés ammoniacaux. Le sulfate d'ammonium, l'urée, les phosphate d'ammonium et les nitrates d'ammonium sont les sources communes de N, P et S. Les engrais azotés sous forme d'ammonium presentent des avantages et des inconvenients. Le principal avantage est le taux réduit de lessivage et de denitrification par rapport à l'azote sous forme de nitrate. L'inconvenient majeur est que l'azote sous forme d'ammonium se volatilise quand il est épandu et laissé en surface sur les sols calcaires humides.

Le sulfate d'ammonium (24% de S) et le super phosphate simple (10% S) sont les engrais communs utilisés en Afrique du Nord ou les niveaux initiaux de soufre peuvent être trés bas. Les chercheurs (Beaton et Fox, 1971, Ahn, 1977) ont souligné qu'en Afrique du Nord les déficits en soufre sont apparents quand on utilise des engrais azotés et phosphatés ne contenant pas de S. Les déficits en soufre peuvent être généralisés là où les niveaux de matière organique sont bas. Les engrais contenant S ne sont pas utilisés et le soufre contenu dans les fumées industrielles n'est pas restitué dans le sol par le biais des précipitations. Les besoins en soufre des céréales sont relativement bas. Un ratio N/S de 14/1 dans les tissus de la plante est adéquat pour une croissance normale (Tisdale et Nelson, 1975). Le coût d'incorporation du soufre dans un programme de fertilisation est bas puisque les engrais azotés et phosphatés contenant S assureront un niveau adequat de S pour une croissance normale de la plante.

L'apport de tout element fertilisant par l'agriculteur comporte deux risques importants. Premièrement l'apport de l'engrais augmentera le rendement. Deuxièmement l'augmentation du rendement induira un bénéfice qui couvrira le coût supplementaire de l'engrais et permettra à l'agriculteur de faire un bénéfice net qui sera supérieur à celui obtenu sans apport d'engrais.

L'apport de l'engrais azote doit être en équilibre avec la quantité d'eau disponible dans le sol, sous les conditions normales de croissance, les blés tendre blanc et dur rouge d'hiver necessitent respectivement 25 et 40 kgs de N/tonne m. de grain (Glenn et Bolton, 1982; Gardner et al., 1980). La sur-fertilisation en azote stimulera souvent une croissance végétative excessive, retardera la maturité et induira un niveau plus élevé du manque d'eau durant la periode de remplissage du grain. La conséquence de cet apport excessif de l'engrais azoté sera de diminuer le benefice net à cause du manque de réponse de la plante à cette quantité supplémentaire. Dans certains cas le rendement peut être diminué. Les baisses de rendements dûes à un apport excessif de phosphore ou de soufre sont rares. Cependant il entraine une réduction du bénéfice net.

L'analyse du sol pour l'azote et le phosphore peut réduire l'incertitude associée à la fertilisation. Des procédures de laboratoire ont été mises au point pour la determination des niveaux d' azote et de phosphore disponibles. En Afrique de Nord, la corrélation entre les résultats d'analyses au laboratoire et ceux observés aux champs peut confirmer et généraliser l'information de l'analyse du sol développée dans d' autres régions analogues. L'analyse du sol pour N et P peut aider à identifier les parcelles qui n' auront pas de réponse à ces elements, elle permettra également de servir de base pour la détermination par les chercheurs et les vulgarisateurs, des recommandations à faire quant à l'utilisation des engrais N et P.

LITERATURE CITED

Ahn, P.M. 1977. Soil factors affecting rainfed agriculture in semi-arid regions with particular reference to the Sahel zone of Africa. In: An International Symposium on Rainfed Agriculture in Semi-Arid Regions.

Aspinall, D., P.B. Nichols, and L.H. May. 1964. The effects of soil moisture stress on the growth of barley. Aust. J. Agri. Res. 15:729.

Bartholomew, W.V. 1965. Mineralization and immobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. In: Soil Nitrogen. (Ed.) W.F. Bartholomew and F.E. Clark. No. 10. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wis.

Beaton, J.D. and R.L. Fox. 1971. Production, marketing and use of sulfur products. In: Fertilizer Technology and Use. (Eds.) R.A. Olsen, T.J. Army, J.J. Hanway and V.J. Hilmer. 2nd ed. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wis.

Brady, N.C. 1974. The Nature and Properties of Soils. 8th edition. Macmillan Publishing Co. New York.

Christensen, N.W., R.G. Taylor, T.L. Jackson, and B.L. Mitchell. 1981. Chloride effects on water potentials and yield of winter wheat infected with Take-All root rot. Agron. J. 73:1053-1058.

Cook, R.J., R.I. Papendick, and D.M. Griffin. 1972. Growth of two root rot fungi as affected by osmotic and matric water potentials. Soil Sci. Soc. Amer. 36:78-82.

Ewell, R.H. 1974. Fertilizers. The limiting factor in the success or failure of the green revolution. p. 733-802. In: V.H. Fernandez (Ed.), Fertilizers, Crop Qaulity and Economy. Elsevier Scientific Pub. Co., New York.

Fedack, G. and A.R. Mack. 1977. Influence of soil moisture levels and planting dates on yield and chemical fractions in two barley cultivars. Can. J. Plant Sci. 52:261-67.

Gardner, H. and N.R. Goetze. 1980. Winter wheat (non-irrigated Columbia Plateau). FG 54. Oregon State University Extension Service.

Glenn, D.M. and F.E. Bolton. A stochastic approach to nitrogen fertilization of dryland soft white winter wheat in the Pacific Northwest. Agron. J. (submitted 1982)

Harmsen, G.W. and G.J. Kolenbrander. 1965. Soil inorganic nitrogen. In: Soil Nitrogen. (Ed.) W.F. Bartholomew and F.E. Clark. No. 10. Amer. Soc. Agron. Inc. Madison, Wis.

Hauser, G.F. 1974. FAO's efforts to increase food production by promoting fertilizer use. p. 343-363. In: V.H. Fernandez (Ed.), Fertilizer, Crop Quality and Economy. Elsevier Scientific Publishing Co., New York.

Hilar, E.A. and R.N. Clark. 1971. Stress day index to characterize effects of water stress on crop yields. Trans. ASAE 14:757-61.

Jackson, T.L., R.L. Powelson and N.W. Christensen. 1981. Combating Take-All root rot of winter wheat in western Oregon. FS 250. Oregon State University Extension Service.

Luebs, R.E. and A.E. Laag. 1964. Tillage and nitrogen for dryland grain in a winter rainfall climate. Bull. Calif. Agric. Exp. Stn. 805.

Miller, M.F. and H.H. Krusekopf. 1932. The influence of systems of cropping and methods of culture on surface runoff and soil erosion. Res. Bull. 177. Missouri Agr. Exp. Station.

M'Rad, M.S. 1977. Rainfed agriculture in semi-arid Tunisia. In: An International Symposium on Rainfed Agriculture in Semi-Arid Regions. April 1977. Riverside, CA. Consortium for Arid Lands Institute.

Onstad, C.A. 1972. Erosion modeling on a watershed. Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 15:287-289.

Peterson, G.A., D.H. Sander, P.H. Grabouski, and M.L. Hooker. 1981. A new look at row and broadcast phosphate recommendations for winter wheat. Agron. J. 73:13-17.

Smith, S.J., L.B. Young and G.E. Miller. 1977. Evaluation of soil nitrogen mineralization potentials under modified field conditions. Soil Sci. Soc. Amer. 41:74-76.

Stanford, G. and E. Epstein. 1974. Nitrogen mineralization-water relations in soils. Soil Sci. Soc. Amer. 38:103-107.

Stanford, G., J.O. Legg, and S.J. Smith. 1973. Soil nitrogen availability evaluations based on nitrogen mineralizations potentials of soils and uptake of labeled and unlabeled nitrogen by plants. Plant and Soil 30:113-124.

Stanford, G. and S.J. Smith. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Amer. 36:465-72.

Swenson, R., W.C. Dahnke, and D.D. Patterson. 1979. Nitrate nitrogen accumulation and management in some North Dakota soils under dryland conditions. North Dakota Farm Res. 36(5):3-8.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. 3rd Edition. MacMillan Publishing Co., New York.

LA FERTILISATION DES BLES EN TUNISIE

S. Rezgui

I. INTRODUCTION

Il est connu que les plantes prennent leur nourriture dans l'air et dans le sol. Au niveau de ses racines la plante doit trouver de l'eau et des principes fertilisants nécessaires à sa croissance: azote, potasse et acide phosphorique. En Tunisie les terres sont généralement riches en potasse et pauvres en matières organiques. En culture seche, une quantité d'humus est detruite chaque année par la secheresse prolongeé et les fortes chaleurs de l'été. Toute seule l'action des engrais minéraux n'a pas le même effet sur la végétation. Il est donc nécessaire de renouveller cet engrais organique pour maintenir la fertilité du sol moyennant le fumier des fermes. En fait c'est la fumure minérale qui est employeé surtout en céréaliculture. Elle consomme plus de 50% du volume global des engrais.

II. GENERALITES SUR LA FERTILISATION MINERALE

Dans le centre et le sud tunisiens les aleas climatiques sont tels qu'ils priment toutes les autres donneés des cultures. En effet la pluviometrie moyenne dans cette region est de 150 mm et présente une variabilité exprimeé par le volume des précipitations au moment des semailles sur la pluviometrie totale se situe entre 0.32 à 0.89. Dans cette region, la céréaliculture n'y devient financierement rentable qu'à la condition de réduire les frais au minimum possible. Aussi les céréaliculteurs de cette région ne procèdent à l'épandage des engrais minéraux que si l'anneé s'annonce particulierement bonne. Vue la modicité des récoltes produites dans cette région, les céréaliculteurs

du centre et du sud ne sont pas en état d'améliorer leurs pratiques culturales ni d'acheter les intrants nécessaires.

Ainsi dans les conditions difficiles du climat, les céréaliculteurs ne peuvent pas accèder aux crédits et en conséquence ne peuvent pas adopter les techniques modernes de production.

Dans le Nord par contre les conditions climatiques sont relativement favorables, La pluviomètrie y varie de 400 mm à 700 mm/an et la variabilité du rapport des pluies au moment des semailles sur le total des precipitations est comprise entre 0.29 à 0.69.

Cette variabilité de la pluviometrie dans les deux régions semble être à l'origine des décisions des realisations des emblavures et des niveaux de fertilisation des blés.

Les doses d'acide phosphorique sont enterreés en eté après le déchaumage. Les agriculteurs utilisent soit le Super 45 soit le Super 16, selon les disponibilités du marché. Notons qu'une fumure adequate de Super 16 pourrait servir pour deux recoltes successives à cause de la composition varieé de cet engrais. Par contre l'action du Super 45 est plus rapide et ne peut servir que pour une seule récolte.

Les doses d'azote (ammonitre 33,5%) à apporter depend de la culture précedente et surtout du bilan hydrique du sol. En principe les céréaliculteurs du Nord procedent à deux applications, l'une au moment de semis, l'autre au stade tallage.

III. CALCUL DES BESOINS REELS EN ENGRAIS

L'estimation des prélevements des éléments nutritifs par ha et par une récolte de blés est ventileé comme suit:

50 à 60 kg d'acide phosphorique
90 à 110 kg d'azote
70 à 80 kg de potasse.

(Source: Note de la D.R.V. du 14.01.80)

Ainsi une restitution de ces éléments moyennant une fertilisation adequate s'avère nécessaire. A la lumière des résultats obtenus par la Division Technique les besoins réels en engrais des blés ont été calculés en fonction de la pluviomètrie et du précedent cultural:

a) Engrais azotés:

Pour le Nord:	700.000 ha x 200 kg =	140.000 T
Pour le Centre et le Sud:	800.000 ha x 100 kg =	80.000 T
Soit une total de:		220.000 T

b) Engrais phosphatés: (Super 45)

Pour le Nord:	700.000 ha x 100 kg =	70.000 T
Pour le Centre et le Sud:	800.000 ha x 70 kg =	56.000 T
Soit une total de:		126.000 T

La consommation actuelle fait apparaitre des niveaux de fertilisation qui restent de loin en decà de l'utilisation optimale malgré les plans de développement qui ont toujours prévus des utilisations d'engrais relativement eleveés. Comme c'est illustré par le Tableau No. 1: D'où il ressort que la céréaliculture au Nord ne consomme que le 1/4 de ses besoins azotés et seulement 1/3 de ses besoins en engrais phosphatés. Ainsi on admet que certains exploitants pratiquent une sorte d'agriculture "vampire" en prenant sans jamais rendre à la terre ce qu'elle leur donne.

Outre le taux d'accroissement annuel moyen de fertilisation ne va pas de paire avec celui de l'utilisation des varietés à haut rendement lesquelles variétés se caractèrisent par un potentiel de production élevé et en conséquence des besoins plus important au éléments nutritifs. Tableau No. 5.

c) L'approvisionnement des Agriculteurs

Les engrais à composition fixe utilisés en céréaliculture sont soit fabriqués en Tunisie soit importés de l'étranger et

ensuite repartis entre les gros revendeurs officiels qui disposent d'un reseau de distribution très etendu à travers le territoire tunisien. Il semble toutefois que le volume des engrais qui transite à travers ces organisms fait l'objet d'une contrainte de gestion des stocks. En effet aucun de ces organismes ne pourrait prendre à son compte les frais de stockage les obligeant à immobiliser de gros capitaux pendant des longs mois. Quant à l'agriculteur il prefère s'approvisionner au fur et à mesure de ses besoins. D'où l'apparition de ruptures de stocks qui perturbent le déroulement des campagnes céréalières.

En plus de cette contrainte, la fertilisation des blés est en étroite relation avec la taille de l'exploitation sachant que 80% des 326 000 exploitants ont une superficie < 20 ha.

IV. INTERPRETATION DES RESULTATS DE FERTILISATION

La nécessité de mettre en oeuvre un programme de fertilisation adapté aux zones céréalières de la tunisie s'est justifieé par l'introduction des nouvelles varietés des blés à haut rendement depuis 1968. Les nombreux et divers essais de fertilisation effectués dans le cadre des activités de la Division Technique sur les cultures des blés durant 12 ans ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- L'élément nutritif limitant la production des blés en Tunisie est l'azote qui depend avant tout de la quantité et la distribution des pluies d'une part et de l'assolement d'autre part.

- L'effet de l'azote sur le rendement engendre une augmentation allant de 2.2 Qx/ha à 7.02 Qx/ha en cultures seches alors que cette augmentation est evalueé à 23.7 Qx/ha dans les blés en irrigués. Ces résultats sont illustreés dans le tableau No. 3 dont le résumé est ventilé comme suit:

Zones	Doses Recommandés en unités/ha	Augmentation du rend.t Qx/ha	Benifice Net en Dinars	Gain Coût
Z_{1a}	100	7.02	43629	3.12
Z_{1b}	67	4.012	22460	2.58
Z_2	45-67	2.2-3	10.000-13.500	2-
Z_3	67	4.37	25.763	7.17
Irrigué	150	23.7	186.624	2.81

EVOLUTION DES EMBLAVURES DES BLES EN HA ET % DES BLES A HAUT RENDEMENT PAR RAPPORT AUX BLES ORDINAIRES PAR ZONE (TABLEAU NO. 1)

	1973 - 74		1974 - 75		1975 - 76		1976 - 77		1977 - 78		1978 - 79		1979 - 80		1980 - 81		Moyennes	
Zone	Sup des Blés.	% BHR	Sup des Blés	% BHR	Sup des Blés	% BHR	Sup des Blés	% BHR	Sup des Blés	% BHR	Sup des Blés	% BHR	Sup des Blés	% BHR	Sup des Blés	% BHR	Superficie des Blés	% BHR
Z 1	254.616	42.8	260.570	79.6	263.345	132.7	255.135	195.26	260.700	207.8	243.630	239.18	269.720	305	260.093	477	258.476	161.2
Z 2	239.902	13.1	271.314	22.9	259.588	49.65	291.856	55.97	272.019	69.58	293.445	92.35	298.323	104.2	287.813	128.7	278.033	60.6
Z 3	181.121	56.6	169.100	106.22	169.618	154.17	132.616	130.36	99.600	202.37	96.353	270.5	99.538	204	96.745	270.1	130.586	137.3
Z 4	78.300	13.81	126.605	3.01	105.355	4.16	98.420	6.29	94.956	6.45	109.647	6.7	100.418	7.8	65.048	10.09	97.343	6.85
Total	753.939	23.75	827.589	31	807.906	43	778.027	45,5	727.269	49.5	743.075	52.47	767.999	56	709.699	64	764.438	45.3

Z 1: Bizerte, Beja et Jendouba

Z 2: Kef et Siliana

Z 3: Zaghouan et Nabeul

Z 4: Kasserine

Office des Céréales

Projet Céréales

EVOLUTION DES TAUX DE FERTILISATION EN UNITES/HA ET PAR ZONE

(Tableau No. 2)

ZONE	1973-74		1974-75		1975-76		1976-77		1977-78		1978-79		1979-80		1980-81		MOYENNES	
	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2
Z 1	18,3	14,9	22	20,73	23,32	27,24	28,72	30,08	36,16	25,8	37,57	33,2	35,66	29,36	46,77	36,85	31,05	27,3
Z 2	7,3	5,2	10,1	6,5	11,6	9,06	12,19	4,73	13,84	6,57	16,02	8,32	13,66	6,06	15,5	11,36	12,5	7,26
Z 3	18,77	17,5	30,4	10,92	16,76	15,4	22,43	14,4	22,92	21,03	32,15	22,14	21,33	18,34	28,85	23,32	22,8	17,1
Z 4	0,38	0,53	0.51	0,32	0.66	0,53	0,51	0,66	0,33	0,73	0,4	0,84	1,05	1,26	1,31	1,66	0,62	0,8
Moyennes	13,05	10,94	16,52	10.95	15,08	15,2	17,88	14,18	21,32	14,68	21,70	17,17	20,73	15,20	27,5	21,44	19,08	14,9

Z 1 : Bizerte, Beja et Jendouba

Z 2 : Kef et Siliana

Z 3 : Tunis, Zaghouan et Nabeul

Z 4 : Kasserine

(Tableau No. 3)

RESULTATS D'EXPERIMENTATION DES ESSAIS DE FERTILISATION

Z 1a: BEJA ET MATEUR: MOYENNE DE 25 ESSAIS

Unités	Rendement Moyen	Augmentation des Rendements	%	Benifice Net en	Gain Coût	Response Ratio
0	31,412					
33	35,344	3.932	12,52	28,274	4,67	35,88
67	37,344	5.932	18,9	40,028	3,81	18,67
100	38,432	7.02	22,35	43,629	3.12	12,87
133	39,06	7.648	24,35	43,023	2,6	9,84

Z 1b: JENDOUBA, TEBOURSOUK ET MEDJEZ: MOYENNE DE 25 ESSAIS

0	29,86					
22	32,04	2.18	7,3	14,361	3,57	48,79
45	32,68	2.82	9,44	15,788	2,58	24,33
67	33,872	4.012	13,44	22,460	2,58	16,94
90	34,004	4.144	13,88	19,238	2,03	12,66

Z 2: KEF, SILIANA, BOUARADA ET KRIB: MOYENNE DE 35 ESSAIS

0	25,14					
22	27,186	2,046	8,14	13,135	3,35	41,4
45	27,331	2,191	8,72	10,033	2,00	20,35
67	28,174	3,034	12,07	13,511	1,95	18,88
90	28,888	3,748	14,91	15,614	1,84	10,75

RESULTATS D'EXPERIMENTATION DES ESSAIS DE FERTILISATION
(Suite)

Z 3: ZAGHOUAN, FAHS ET BORJ EL AMRI: MOYENNE DE 23 ESSAIS

Unités	Rendement Moyen	Augmentation des Rendements	%	Benifice Net en	Gain Coût	Response Ratio
0	23,75					
22	26,173	2.423	10,2	16,584	3,97	39,85
45	27,313	3.563	15	22,586	3,26	20,33
67	28,123	4.373	18,41	25,763	2,81	14,06
90	27,97	4.22	17,77	19,933	2,07	10,41

Z 4: KAIROUAN EN IRRIGUE: MOYENNE DE 7 ESSAIS

0	21,73					
50	32,2	10,47	48,2	84,823	8,73	21,57
100	39,243	17,513	80,6	139,640	7,78	13,15
150	45,43	23,7	109,07	186,624	7,17	10,15
200	43,57	21,81	100,4	159,704	5,01	7,3

PRINCIPES FONDAMENTAUX DES ROTATIONS MEDICAGO ANNUEL-CEREALE DANS LES ZONES SEMI-ARIDES

Dr. A. B. K. Dahmane

I. Principales contraintes limitant la production des céréales dans les zones semi-arides de la Tunisie

La production céréalière dans les zones semi-arides, où la pluviométrie moyenne annuelle varie entre 250 et 500 mm, est affectée par plusieurs sortes de contraintes dont principalement les contraintes biophysiques et autres socio-économiques.

Parmi les contraintes biophysiques, la pluviométrie se distingue par son insuffisance et surtout par son irrégularité interannuelle et intrasaisonnière tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Par exemple, des études météologiques (1969) ont révélé pour le semi-aride supérieur (pluviométrie moyenne annuelle variant entre 400 et 500 mm) qu'il éxiste au grand maximum 50% de probabilité pour que les précipitations annuelles atteignent une hauteur de 400 mm ou plus, alors qu'il y a 80% de probabilité pour que la pluviométrie annuelle ne dépasse pas 300 mm.

Par surcroit au caractère aléatoire des précipitations et au manque d'eau, les températures relativement élevées du printemps et de l'été accentuent le déficit pluviométrique annuel. Pour ces régions semi-arides, l'évapotranspiration potentielle annelle fluctue entre 1200 et 1500 mm (RIOU, 1980).

L'action combinée des éxcés thermiques et du déficit hydrique lors du développement des grains de céréales réduit la migration des réserves des 2 dernières feuilles et engendre souvent l'échaudage des grains de céréales dans ces régions.

Ainsi, les conditions climatiques rendent la production des céréales tributaire des variations pluviométriques et incitent à rechercher les moyens de régulariser la production céréalière et les rendements des céréales dans ces régions.

L'irrigation permet de profiter des avantages du climat sec et chaud, qui est favorable à la récolte des grains et à la production des semences de qualité, tout en supprimant son inconvenient capital pour la production céréalière que constitue la sècheresse. Cependant, dès que l'eau est présente en quantité suffisante, elle est généralement utilisée pour des spéculations économiquement plus rentables notamment le maraîchage de primeur.

A défaut d'irrigation, les réserves en eau du sol peuvent être augmentées par la technique du "Dry land farming" ou la pratique de la jachère travaillée. Il est important de noter que cette technique culturale n'est profitable pour les céréales que lorsque la conservation "hors-saison" est appréciable et que les pluies de l'automne suivant seront suffisantes et précoces pour assurer une bonne germination et un bon développement du blé jusqu'à ce que les racines atteignent l'eau emmagasinée dans les couches profondes du sol (1 m à 1,50 m de profondeur). En effet les pertes d'eau par évaporation à partir des couches superficielles du sol nu de la jachère sont considérables comme en témoignent les chiffres suivants (Yankovitch, 1956):

Pluviométrie annuelle en mm	Evaporation en mm
486	319
386	342
420	379
412	346

D'aprés les recherches réalisées en Amérique (Mathews et Army 1960) et en Australie (French, 1966), la quantité d'eau emmagasinée "hors saison" varie entre 1,4% et 20% suivant les hauteurs d'eau enregistrées sur la jachère et suivant le pourcentage d'argile dans le sol. Cependant l'eau emmagasinée est celle qui a percolée au-dessous de 30 cm de profondeur et par conséquent elle ne sera pas profitable aux céréales au moment du semis ou même à la levée.

Yankovitch (1956), aprés une vingtaine d'années d'éssais sur le role de la jachère travaillée, a conclu qu'en Afrique du Nord les rendements des blés d'hiver sont plutôt associés aux quantités de pluies au moment des semailles.

Par conséquent, malgré cette technique culturale, la variabilité interannuelle des rendements et leur faiblesse restent associées aux aléas pluviométriques.

L'autre contrainte biophysique de grande importance est d'ordre édaphique. En effet, les sols à vocation céréalière sont de plus en plus squelettiques et moins fertiles: d'une part à cause de l'aridité du climat qui engendre souvent un couvert végétal réduit et qui donc prédispose ces sols au transport facile par les eaux de ruisellement ou par les vents violents, d'autre part à cause du travail continu du sol préconisé par des systèmes de culture (monoculture céréalière; jachère travaillée de 15 mois - céréale) anciennement développés en vue d'une exploitation minière des reserves organiques du sol sans aucun souci quant à la sauvegarde du capital et du patrimoine sol. La méthode du "Dry land farming" ou la pratique de la jachère travaillée a été généralisée pour tous les sols à vocation céréalière des régions semi-arides sans considération des effets à long terme d'une telle methode sur la stabilité des terres et sur l'évolution de leur fertilité et de leur équilibre biologique. Aujourdhui, c'est à dire aprés 50 ans

ou plus de "Dry land farming", les terres céréalières des régions en question souffrent unanimement d'une fertilité réduite du fait du déséquilibre entre d'une part le taux élevé d'oxidation et de consommation de la matière organique par les récoltes successives et les pertes par érosions et d'autre part le taux trés faible de restitution soit par apport d'amendements humiques soit par les résidus laissés par les récoltes. Plusieurs études ont mis en évidence la diminution de la teneur en Azote du sol à la suite d'une longue période (20 ans et plus) d'exploitation du sol par une rotation étroite basée sur l'alternance de la jachère et des céréales.

En Australie, Clark et Marshall (1947) ont rapporté qu'aprés 16 et 20 années de rotation jachère/blé l'azote total du sol a diminué et est passé respectivement de 0.158% à 0.094% et de 0.222% à 0.135% dans les 10 premiers cm d'un sol rouge-brun.

Williams et Lipsett (1961), en Australie, ont mentionné qu'aprés 40 ans de travail continu du sol dû à des rotations étroites jachère/céréales/prairies non améliorées (mauvaises herbes surtout) la teneur en carbone, azote et soufre a diminué de l'ordre de 20 à 50% par rapport à sa teneur initiale et qu'il y avait aussi une perte de prés de 17% de phosphore organique du sol.

Valdeyron (1954) souligne que l'assolement biennal jachère-blé en usage dans le Nord de la Tunisie n'est pas compatible avec une bonne conservation de la fertilité des sols. L'auteur ajoute que sur le plan économique cet assolement ne représente pas un optimum et il est trés vraisemblable qu'il constitue une hypothèque sur l'avenir des rendements.

S'il est vrai que le recours à la fumure minérale pour la restitution de certains éléments nutritifs (P,K) est un moyen rapide pour subvenir aux besoins des céréales, il est moins certain que la fumure minérale azotée puisse être aussi facilement préconisés pour ces régions car l'absorption même de l'azote

par les céréales est conditionée par les réserves en eau du sol lesquelles varient non seulement en fonction de la pluviométrie mais aussi en fonction des propriétés physiques du sol.

En outre, les fertilisants chimiques présentent le risque d'agumenter la pression osmotique de la solution du sol au delà du seuil favorable à l'absorption de l'eau par les céréales cultivées sous un faible régime pluviométrique.

L'analyse de ces contraintes biophysiques montre la dimension des problèmes rencontrés pour la culture en sec des céréales dans ces sortes d'environnements.

En plus, des contraintes socio-économiques (faible niveau de technicité "know-how" des agriculteurs, faible pouvoir d'autofinancement et endettement auprés des banques, manque d'assurance contre les années de sècheresse, etc...) ne sont pas encore favorables à l'intensification de la production des céréales surtout lorsque cette intensification est basée sur des investissements énergétiques de plus en plus coûteux: mécanisation, transport, engrais chimiques, herbicides et insecticides, etc...

Les résultats auxquels ont abouti les différents systèmes céréaliers traditionnels sont loin d'être satisfaisants tant sur le plan production totale que sur le plan rentabilité des terres à céréales. Ces résultats sont dûs aux 2 aspects suivants des systèmes céréaliers actuels:

i) Incompatibilité de ces systèmes avec la conservation du patrimoine sol et le maintien de sa fertilité (structure, matière organique).

ii) Caractère unisectoriel fondé sur le développement d'une seule source de revenu: les céréales.

Sur la base de ces constatations, il est important de concevoir pour les zones semi-arides des systèmes céréaliers moins statiques dans le temps donc plus souples et plus diversifiés afin de garantir une meilleure rentabilité des terres

à vocation céréalière malgré les viscissitudes du climat et en tenant compte aussi des contraintes socio-économiques. L'introduction dans l'assolement de légumineuses adaptées aux conditions biophysiques du milieu peut sous certaines conditions, être avantageux pour la production des céréales.

II. Principes fondamentaux des rotations "médicagos annuels/céréales" préconisées pour les zones semi-arides de la Tunisie.

L'utilisation des médicagos annuels (ou médics) dans les rotations céréalières des zones semi-arides est basées sur les principes fondamentaux suivants:

1) Utilisation des caractéristiques biologiques des médics permettant une meilleure valorisation des facteurs biophysiques.
2) Amélioration de la productivité des céréales et augmentation de la production totale de proteines.
3) Diversification des sources de revenu garantissant une meilleure sécurité financière contre les risques de sècheresse.

Ces 3 principes ne sont pas exclusifs mais sont plutôt interdépendants. Ils reposent respectivement sur les données suivantes:

Premier principe: Les médics (appelés aussi luzernes annuels ou en arabe "Nefla") se développent et persistent dans les règions où l'aridité du climat exclu le développement et la persistance d'autres espèces annuelles de légunineuses. Ce pouvoir d'adaptation des médics aux conditions difficiles du climat est dû d'une part à la grande proportion de graines dures (non facilement germinables) produites par les médics, et d'autre part, à la vitesse de germination et à la rapidité de croissance dont sont capables les médics dés que les couches superficielles du sol sont saturées par les eaux des pluies.

La production de graines dures confère aux médics un pouvoir d'auto-régénération échelonné dans le temps suivant les conditions climatiques de chaque saison. En plus, et à l'image des xérophytes, les médics ont un rapport "racines/organes aériens" d'autant plus élevé que la pluviométrie est plus faible comme en témoigne le tableau suivant (Dahmane et Grira: Résultats non encore publiés):

Tableau 1: Variation du rapport $\frac{\text{racines}}{\text{organes aériens}}$ en fonction de la pluviométrie annuelle en mm

Variété	Cultivar	PLUVIOMETRIE						
		200	250	300	350	400	450	500
Médicago Truncatula	Jemalong	0.294	0.239	0.216	0.164	0.152	0.138	0.164
Médicago Littoralis	Harbenger	0.239	0.184	0.184	0.132	0.118	0.114	0.112

Ces caractéristiques biologiques confèrent aux médics une grande éfficience dans la conversion de l'eau des pluies en biomasse. Cette dernière présente 4 intérêts majeurs pour les régions semi-arides:

1) Couverture précoce du sol par une masse végétale importante parmettant une réduction considérable des risques de perte du sol par les érosions.

2) Amélioration de la structure du sol par les racines qui assurent une bonne agrégation des particules du sol et qui confèrent au sol une meilleure stabilité structurale. Bien qu'impondérables, ces aspects liés au développement des médics restent évidents.

3) Augmentation de la richesse du sol en azote: en effet, les médics contribuent éfficacement à l'augmentation de la teneur du sol en azote par les quantités importantes d'azote

fixé symbiotiquement au cours de leur développement. La quantité d'azote fixée dans le sol varie entre 50 et 300 kg/ha/an suivant les hauteurs de pluies enregistrées au cours du développement des médics et suivant le type de sol (Dahmane, 1978). En plus, une grande proportion des éléments nutritifs prélevés du sol par les médics font retour au sol par les urines et défécations des animaux à la pâture.

4) Développement de l'élevage et son intégration à la céréaliculture: La grande quantité d'herbe (5 à 10 tonnes) produite par les médics et sa haute valeur énergetique (0.75 U.F) permet d'abord d'augmenter la charge à 6 ou 10 brebis par hectare puis d'améliorer la production de protéines d'origine animale puisque les gains journaliers de poids vif peuvent atteindre 200 à 300 g par tête ovine. Par ailleurs, les gousses de médics couvrant le sol en été sont assez riches en protéines (8%) et peuvent par conséquent constituer une réserve fourragère importante fort appréciée par les ovins durant les années sèches. Pareille source d'herbe durant l'hiver et de fourrage sec durant les périodes sèches de l'année est la meilleure garantie contre le surpâturage des zones de parcours "hors assolement".

Deuxième Principe: L'amélioration de la productivité des céréales découle de la valeur des médics en tant que précédent cultural. En effet, le taux de minéralisation de l'azote organique laissé par les racines des médics est fonction, en grande partie, des conditions climatiques (pluviométrie et humidité du sol, température du sol, aération...) dont les variations affectent à la fois et dans le même sens aussi bien la libération de l'azote du sol que la croissance et le développement des céréales. Ainsi, les reliquats d'azote organique dans le sol représentent une banque d'azote d'où puisent les céréales leurs besoins en azote aux divers stades physiologiques et en fonction de leur développement. Les études de Braun (1974) montrent que les années à haut rendement sont aussi des années

à forte libération d'azote par le sol.

Cette interrelation entre les éléments du climat, la minéralisation progressive de l'azote du sol et les rendements des céréales montre l'importance et l'utilité des rotations médics-céréales surtout dans les zones où la pluviométrie pose des difficultés pour l'emploi des engrais azotés industriels. Une pareille rotation réduit les risques (verse, faim d'azote, échandage et parfois mitadinage) encourus par les céréales fertilisées à l'azote industriel, réduit les dépenses en engrais azotés et régularise les rendements en améliorant la stabilité structurale du sol et en diminuant la population des parasites des céréales dans le sol (les nématodes en particulier).

Ces arrières effets des médics permettent d'envisager la culture des variétés de céréales à haut rendement et d'assurer donc une plus grande productivité des céréales.

La valeur des médics pour les régions semi-arides et pour les terres à vocation céréalière ne doit pas être considérée uniquement sous l'angle de l'amélioration de la fertilité du sol mais aussi à travers l'augmentation de la production totale de protéines d'origine végétale et animale dans le temps et par unité de surface (French, Matheson et Clarke, 1968). Une enquête sur l'évolution de la culture des médics dans une zone semi-aride de la Tunisie (Rhimi, 1979) a révélé que, sur les dix exploitations concernées par l'enquête, le nombre d'ovins est passé de 1660 têtes en 1973 à 8260 têtes en 1979 et que cette augmentation de l'effectif ovin était en corrélation étroite (r=0.8***) avec l'augmentation des superficies réservées à la culture des médics en rotation avec les céréales. Ainsi, l'accroissement du cheptel ovin et le gain total de poids vif, qui, sous les conditions tunisiennes de climat et de sol, peut atteindre 350 à 390 Kg/ha^{1} (Gachet, 1979) témoignent du haut potentiel des médics pour le développement de l'élevage et la production de viande.

Troisième principe: L'intégration de l'élevage à la céréaliculture par le biais des médics forme un système à double entrée où la production des céréales d'un côté et la production de viande et de laine de l'autre côté représentent 2 sources complémentaires de revenu. La production de viande par hectare et par an équivaut en moyenne à 25 quintaux de céréales (Gachet, J.P., 1979) soit approximativement 200 dinars. Il faut ajouter à ce chiffre la valeur de la laine produite.

Ce système est donc capable d'assurer une plus grande stabilité financière au niveau de l'exploitation que le système jachère travaillée-blé. Il présente ainsi une protection contre les impactes de sècheresses imprédictibles qui affectent chroniquement ces régions semi-arides. Le système médics-céréales est logiquement un moyen éfficace pour rendre l'agriculture en sec plus productive et plus rentable malgré les caprices du climat.

III. Remarques Concluantes

Il est important de souligner que les principes fondamentaux ci-dessus développés sont subordonnés aux modes de conduite et d'exploitation des prairies de médics, aux techniques de travail du sol pour la culture des céréales dans la rotation des cultures.

En outre, la réussite du système médics-céréales dépend du degré d'intégration de l'élevage à la céréaliculture.

Si en Tunisie ce système est encore mal exploité ou que certains résultats observés ne coïncident pas quelquefois avec les théories avancées, c'est pour des raisons socio-économiques. Outre que ce système éxige sur le plan technique des précautions particulières (date de commencement du pâturage, durée de pâturage, charge à l'hectare, apport de phosphate pour les médics, préparation superficielle du sol pour la semis de la céréale aprés médics...) il est un fait que le manque d'effectif ovin

chez certains céréaliculteurs représente un frein majeur à la réussite de ce système. Des médics non pâturés ou non fertilisés (P_2O_5) sont rapidement envahis par les adventices annuelles (graminées notamment) qui profiteront de l'azote fixé par les médics beaucoup plus que la céréale suivante.

Notre suggestion est que le gouvernement devrait encourager les agriculteurs (céréaliculteurs) à augmenter leur éffectif ovin, par exemple, en leur fournissant 5 à 8 têtes d'ovin pour chaque hectare de médic semé et bien installé. Aleur tour, les agriculteurs s'engageront à retourner au gouvernement le même nombre d'ovin aprés 5 ans. Les moutons récupérés par les instances étatiques seront élevés dans des fermes spéciales dans le but de constituer une source d'approvisionnement en cheptel ovin pour les nouveaux agriculteurs désirant adopté ce système médics-céréales, mais aussi pour soutenir l'effort de développement de l'élevage sur les parcours "hors-assolements" des terres marginales aprés leur mise en valeur.

BIBLIOGRAPHIE:

Braun, H (1974) Influence de la nitrification sur les rendements en blé. Extrait du No 8-1974 de la revue Mitteilungen der heransgeber Deutsche handwritschafts-Geselschaft.

Clarke, G.B. et Marshall, T. J. (1947). The influence of cultivation on soil structure and its assessment in soils of variable mechanical composition.

Dahmane, A.B.K. (1978). The influence of soil, climatic and management factors on nitrogen accretion by annual Médicago species in a semi-arid environment of south Australia Ph.D. Thesis, 181 pages, University of Adelaide, Waite Agricultural Research Institute, Adelaide, South Australia.

French, R.J., Matheson, W.E. and Clarke, A.L. (1968). Soils and agriculture of the Northern and Yorke Peninsula region of South Augtralia. Dept. of Agric. South Aust. Special Bull, No. 1.68 pp. 1-72.

Gachet, J.P. (1979). Résultats d'engraissement d'agneaux sur prairies de luzernes annuelles. Lab. Production fourragère et Zootechnie. Institut National de la Recherche Agronomique de Tunis

Mathews, O.R. et Army, T.J. (1960) Proc. Soil Sci. Soc. Amer, 1960, 24, 414.

Riou (1980) Une formule Empirique simple pour estimer l'évaporation potentielle moyenne en Tunisie. Cahiers de l'ORSTOM, Série Hydrologie, Vol XVII No. 2.

SECRETARIAT D'ETAT AUX TRAVAUX PUBLICS ET A L'HABITAT (1969). Etudes météorologiques. Probabilité des pluies en Tunisie.

Valdeyron, G. (1954). Etude du milieu et des méthodes de culture. Ann. Serv. Bot et Agron, de Tunisie. Vol 26:23-25.

Williams, C.H. et Lipsett, J. (1961). Fertility changes in soils cultivated for wheat in Southern New South Wales. Aust. J. Agric. Res. 12: 612-629.

Yankovitch, L. (1956). Résultats de 22 années d'expériences dans les cases lysimétriques et cases de végétation du service botanique et Agronomique de Tunisie. Ann. Serv. Botan. et Agron. de Tunisie, Vol 29, 1956.

LE SYSTEME MEDICAGO-BLE ET SON EVOLUTION EN TUNISIE

Haddad Ali

INTRODUCTION

L'introduction du systeme Australien d'utilisation des sols Medic-Blé en Tunisie date depuis 1971.

C'est au niveau de la division technique de l'Office des Céréales que naissait la première tentative de la culture de Medicago en rotation avec les céréales. L'ideé est venue suite à une degradation dans la production animale qu'a connu le pays à la suite de l'experience cooperative generaliseé des annés 1960.

Le systeme Medic-Blé etait alors l'unes des solutions qui pourrait ouvrir la possibilité d'integrer la production animale à la cerealiculture et aider à combler le deficit en matiere de viande.

Ce système ne touchant pas à la sole des cereales, favorise une plus importante charge animale par Ha en remplaçant une jachère peu productive par une culture de legumineuse annuelle de très haute qualité fourragère.

Deux facteurs essentiels ont encouragé la Tunisie à tenter cette experience. Ce sont:

1. La Medicago est une plante familière à nous, elle pousse spontanement partout dans nos champs et reussit à survivre au surpaturage et même dans certains champs au labour profond. On compte dans certaines prairies jusqu'à 60% de Medicago parmi les adventices. Cette plante a pu avec le temps developper la

rhizobia qui lui est favorable si bien que même les varietés importeés si n'avaient pas senti le besoin pour l'inoculation.

2. L'Australie qui est le pays d'origine du systeme Medic-Blé est caracterisé par des conditions climatiques et environnementales analogues à celles de notre pays. La similitude est très grande en ce qui concerne la longueur de la saison vegetative, la pluviometrie et sa repartition et la température et ses fluctuations. C'est de ce fait qu'à priorie il n'y avait pas de raison à ce que le systeme ne marche pas en Tunisie.

L'INTRODUCTION DU SYSTEME EN TUNISIE

La Tunisie à travers la Division Technique de l'Office des Céréales a introduit le systeme Medic-blé aprés avoir été encouragéé par la bonne reussite de ce systeme en Australie et impressionnée par ses avantages agro-économiques qui peuvent être resumés comme suit:

- Augmenter la charge animale à l'ha.
- Ameliorer la structure du sol
- Enrichir le sol en Azote
- Reduire l'érosion
- Minimiser le coût des operations culturales.

L'introduction de ce système d'assolement a passé par deux stades qui sont :

- Stade experimental
- Stade production

I. STADE EXPERIMENTAL:

Au debut de l'introduction de l'assolement Medic-blé l'objectif etait de definir le paquet technique relatif à ce systeme dans les conditions tunisiennes.

Il s'agit de definir les techniques suivantes:

- La ou les varietés qui s'adaptent mieux
- La fertilisation adequate
- L'effet de l'inoculation
- La date et la densité de semis
- Le comportement du blé aprés Medic
- La regenerescence

1) Varietés:

Quatre varietés de Medicago et une de Trefle sous terrain ont été essayeés dans differentes regions se situant entre 300 et 500 mm de pluviometrie annuelle. Ces varietés sont: Jemalong, Harbinger, Paragose, Cyprus et Clara. De toutes ces varietés deux seulement ont été retenues d'après leur adaptation et bonne production. Ce sont:

- Jemalong = M. Truncatula
- Harbinger = M. littoralis

Jemalong presente une large adaptation du point de vue type de sol et pluviometrie quoi qu'elle soit manifestement mieux adapteé dans les zones où la pluviometrie est superieure à 400 mm.

Harbinger s'est mieux adapteé aux sols legers et à une pluviometrie moins importante. Elle fleurit deux semaines avant Jemalong. Cependant toutes les varietés importées n'ont pas pu resister aux grands froids, à l'altitude superieure à 600 metres et à l'inondation.

2) Fertilisation:

La Medicago produit son propre azote grace au rhizobia, vivant dans les nodosités de ses racines. Pour les deux varietés retenues et commercialiseés les nodules se developpent convenablement ce qui explique que la fixation d'Azote se fait sans difficulté.

Pour ce qui est du phosphate la medicago a montré un besoin pour cet element. La difference est nette entre la Medicago qui a reçu du P_2O_5 et le temoin qui n'en n'a pas reçu. Cependant la difference n'est pas decisive entre les doses de 22 unités, 45 u. et 67 u. De toutes les façons la dose recommandée aux agriculteurs est de 45 u. par ha. Celle ci doit entre appliquée avant les premières pluies d'automne.

3) Inoculation:

Elle est sans effet sur les varietés importées, c'est ce qu'il ressort des essais avec et sans inoculum. Il est certain que les souches de rhizobia existantes dans nos sols s'adaptent aux varietés introduites.

4) Date de Semis:

La date de semis est trés dependante des pluies d'ouverture. Quand la saison s'annonce normale le semis precoce donne de meilleurs rendements mais quand la saison est tardive le semis tardif donne mieux. Mais dans tous les cas il n'est pas recommandé de semer plus tard que fin novembre.

Le semis precoce de debut octobre a toutefois l'avantage d'allonger la periode à laquelle le betail peut paturer la medicago avant sa floraison. Aussi à ce stade le paturage est conseillé car il permet aux animaux de controler les adventices qui poussent avec la Medicago.

5) Densité de Semis:

Plus la densité est eleveé plus la medicago est homogené et propre. Avec une densité de 10 kg/ha on a obtenu 40 à 50% d'adventices qui poussent avec la medicago. Avec 15 kg/ha ce pourcentage s'est reduit à 10%. La densité économique

recommandeé est de 12 kg/ha car on tolere jusqu'à 70% de propreté de la medicago ce qui est acceptable pour un champ d'exploitation et non pas de production de semences. D'ailleurs il est souhaitable à ce qué la medicago soit melangeé avec des espèces ligneuses telque les gramineés ce qui diminurait les cas de meteorisation.

6) Le Blé aprés Medic:

La sole de blé c'est celle qui importe le plus pour l'agriculteur et malgré les avantages attribués à ce systeme cellui ci n'est accepté que si au moins les rendements en blés ne sont pas diminues.

Nos essais preliminaires de comparaison du blé aprés Medicago et du blé aprés jachère ont donné qu'il n'y a pas de difference significative entre les rendements. Dans trois regions differentes dans la zone de 350 à 450 mm de pluie les moyennes de rendements sont de 9,40 Qx/ha aprés Medic et 9,83 Qx/ha aprés jachère.

7) Regeneration:

Dans les parcelles de demonstrations la regeneration etait bonne et depassait de loin la production de la medicago de premier année. Les moyennes de rendements en matière seche dans les trois regions de la zone dejà indiquée au paragraphe precedant etaient de:

3,4 tonnes/ha d'MS pour la medicago de 1er année

7,23 T/ha d'MS pour la medicago de regeneration

La conclusion à tirer des resultats obtenus au cours de ce stade qui a duré trois ans c'est que techniquement et agronomiquement le système Medicago-Blé peut fonctionner et

remplacer le système traditionnel jachère-blé en Tunisie. Le paquet technique etant plus ou moins defini il etait alors possible d'entamer la deuxième stade celui de l'extension du système à l'echelle commerciale.

II. STADE EXTENSION AU NIVEAU DES AGRICULTEURS:

Il s'agit de relancer le système pour être appliqué à l'echelle de la production chez les agriculteurs et par leurs propre moyens avec l'assistance continuelle des techniciens de la division technique de l'Office des Céréales. A ce stade encore le travail experimental continue de se poursuivre mais cette fois ci il est fait surtout dans les conditions de l'agriculteur. Ainsi donc nos essais de comparaison des rendements du blé aprés Medic et apres jachère sont installés sur les champs de ces derniers. La determination de la production herbaceé est fait sur leurs champs de Medic, l'estimation de la charge animale par ha est faite en fonction de la dureé de l'exploitation et le nombre de têtes que fait paitre chaque agriculteur sur sa medicago.

Du côté vulgarisation et toujours au niveau de la division technique de l'Office des Céréales nous organisons chaque anneé à l'intention des agriculteurs des visites commenteés et des journeés d'informations afin de les sensibiliser à pratiquer le système.

Des facilités sont offertes aux agriculteurs quant à la procuration de semences de Medicago. Les prix sont en partie subventionnés et des crédits de campagne sont mis à leur disposition par l'Office des Céréales.

1) Evolution du Système chez les Agriculteurs:

Parmi les attributions de la division technique dans ce domaine c'est l'approvisionnement des agriculteurs en semences.

Cette operation est rendue possible du fait que l'office de tutelle qui est l'Office des Céréales est en premier lieu à caractère commercial. Il est trés important à ce que nous tenons l'approvisionnement des agriculteurs en semences, au moins à ce stade, car cela nous facilite le suivi de prés de ceux qui pratiquent le système et par la même occasion d'evaluer son extension année aprés année.

Ainsi donc les superficies en Medicago ont evolué depuis 1971-72 comme suit:

Année	Superficie en Ha 1ere Année	Superficie en Ha Regeneressence	Total en Ha
1971-72	15		15
72-73	468		468
73-74	492		492
74-75	2770		2770
75-76	3128		3128
76-77	4550	555	5105
77-78	3091	1365	4456
78-79	3421	896	4312
79-80	2204	1234	3438
80-81	1413	2215	3628

2) Contraintes

Sachant que notre objectif tracé au debut de la phase extension était de realiser 5000 ha par an de Medicago, il ressort du tableau precedant que sauf dans le cas de l'année 76-77 où on s'est rapproché de ce chiffre, pour le reste on est encore loin et cela pour plusieurs raisons:

- La delicatesse même du système
- L'Agriculteur et ses habitudes
- La vulgarisation.

a. La Delicatesse du Système

Dans la pratique et à l'echelle de l'agriculteur tunisien le système Medicago-Blé n'est pas simple. Il est plutôt fragile de telle sorte qu'une defaillence quelconque à n'importe quel niveau de ses deux phases Medic ou blé produit son echec.

Il est bien entendu que ce système se base sur la regeneration spontaneé de la Medicago pour pouvoir continuer; ou un surpaturage à la phase Medicago ou un labour profond à la préparation pour la phase blé échove cette regeneration. De l'autre côté le sous dosage dans le semis de la Medic ou l'abscence d'animaux pour qu'elle soit patureé favorisent le developpement des mauvaises herbes ce qui se repercute sur le rendement en blé l'année qui suit. Pour cette raison l'agriculteur mal avertd et peu habitué au système le jete au premier echec. D'ailleurs les superficies de regeneressence aussi reduites presenteés au tableau précedant refletent cette situation.

b. L'Agriculteur et ses traditions.

Il est à noter que l'agriculteur tunisien est trés attaché à ses habitudes, sa conviction de l'effet benefique de la jachère est incontestable. Pour lui elle repose le sol et emmagasine de l'humidité donc elle est l'assurance d'une bonne recolte de blé. On a remarqué dans plusieurs cas chez certains agriculteurs qui ont semé de la medicago, qui aprés le paturage de leurs champs jusqu'à fin mars ils se précipitent pour retourner le sol dans le but de ne pas rater le labour

de printemps traditionnellement pratiqué. En consequence, la medicago ou du moins ce qu'il en reste est enfoui avec ses fleurs et ses gousses.
Une autre habitude encore nefaste sur le systeme et à laquelle l'agriculteur tient beaucoup c'est le labour profond plus qu'une raison rend difficile le changement de cette habitude notamment:

- La conviction de l'agriculteur de l'effet de ce labour sur les rendements en blé
- Le materiel de travail en disposition qui n'est pas facile d'être remplacé.

D'autres part certains agriculteurs ne possedent pas d'animaux et avec le système traditionnel ils louent leurs jachères aux eleveurs transitaires. Certains d'entre eux ont adopté le nouveau système Medic-blé dans le but d'elever le prix de location à l'ha. Dans certains cas ce prix s'est multiplié par 10 fois en passant dans le cas de la ferme d'essaada à El Fahs de 5 TD à 50 TD respectivement de la jachère au Medic.
Il va sans dire que la location si elle est rentable pour le proprietaire elle ne l'est pas sur le système car la regle à suivre qui consiste à ne pas surpaturer et à s'arreter au stade floraison n'est jamais respectée.

c. La Vulgarisation

En ce qui concerne la vulgarisation je pense tout simplement dire qu'elle n'est pas suffisante surtout sur le plan regional où les vulgarisateurs mêmes ne connaisent pas grand chose sur le système et même s'ils en sont informés ils ont des priorités pour d'autres techniques à vulgariser.

3) Rentabilité du Système chez les Agriculteurs

Malgré toutes les contraintes avanceés et malgré l'evolution un peu timide des superficies en Medicago le système a donné chez certains agriculteurs de bon resultats.

La production en Matière seche de Medicago d'aprés la moyenne des cinqs dernières années est autour de 2 (deux) tonnes par hectare avec des pics de 4,5 t à Moghrane de 6 t à Beja.

La moyenne de la charge animale à l'ha est estimeé pour 28 fermes à 9 têtes/ha pendant 90 jours.

Les rendements en blé aprés Medic compares avec ceux aprés jachère n'ont pas montré de difference significative aussi bien sur plaine production que sur des essais.

Sur plaine production prenons à titre indicatif les resultats des trois anneés suivantes:

- En 1975-76: moyenne de 43 fermes, Blé/Medic = 16,41 Qx
  Blé/Jachère = 16,9 Qx
- En 1976-77: moyenne de 28 fermes, Blé/Medic = 8,19 Qx
  Blé/Jachère = 8,55 Qx
- En 1977-78: moyenne de 18 fermes, Blé/Medic = 12,05 Qx
  Blé/Jachère = 11,39 Qx

Sur des essais prenons l'exemple de l'anneé 1980-81:
Les moyennes de sept essais faits dans sept localités differentes de la zone de 350-450 mm avec trois doses d'Azote sont les suivants:

	Aprés Medic	Aprés Jachère
N = 0:	16,72	13,77
N = 33:	18,60	15,26
N = 66:	20,51	15,83

Ces resultats ne font que confirmer que le système Medicago-blé est techniquement valable en Tunisie mais que beaucoup de

travail reste à faire envers les agriculteurs pour les convaincre à bien respecter les recommandations exigées quand ils appliquent le système.

Peut être encore les institutions de recherche en Tunisie s'interressent elles de plus prés à ce système et etudient ses composantes surtout la phase medicago en se basant sur les ecotypes tunisiens qui poussent partout au pays.

ACTIONS MENEES POUR LA PROMOTION DE LA CEREALICULTURE EN TUNISIE

A. Godbane

De pays exportateur de céréales jusqu'en 1965, la Tunisie est devenue par le suite un pays importanteur et cela pour satisfaire aux besoins croissants de l'alimentation humaine et animale dûs à une demographie galopante et à une élevation du niveau de vie.

C'est ainsi bien que la production céréalière totale est passée de 6.000.000 Qx (BD, BT, Orge) en 1969-70 à 12.330.000 Qx en 1980-81. Les importations de céréales sont augmentées de 3,3 millions de Qx en 1975 à 8,7 millions de Qx en 1980.

Que faire pour combler ce déficit toujours croissant? Le pouvoir politique a adopté une double strategie.

La première consiste à doter le pays de services techniques de pointe qui allieront le recherche à la vulgarisation, en même temps que le renforcement des structures existentes de recherches et vulgarisation en hommes et matériels; ainsi que la formation de cadres dans ce domaine.

La deuxième strategie est d'accorder divers encouragements aux agriculteurs telsque: subventions diverses, revisions de prix, credits, etc. pour permettre aux agriculteurs de suivre le progrès dans ce domaine, et améliorer leur productivité.

I. Réforme d'Ordre Structurel

Une des mesures les plus importantes d'ordre structurel a été la création en 1968 avec la collaboration d'organismes internationaux (CIMMYT et USAID), du projet céréales comme support à la recherche et à la vulgarisation.

C'est un projet intégré et de structure verticale dont l'objet fondamental du programme est d'augmenter la production céréalière de la Tunisie et de mettre en place les moyens de recherche et de vulgarisation qui pourront ultérieurement

fournir à l'agriculture un courant continu d'informations sûres et valables.

La tâche confieé à ce projet est de

1) Vulgariser les nouvelles variétés de céréales à haut rendement et les techniques culturales approprieés auprés des agriculteurs notemment par

- l'installation de parcelles d'essais et de démonstrations chez les agriculteurs
- l'organisation de journeés d'information de, vulgarisation et de visites commenteés.

2) Encadrer et conseiller les agriculteurs (ceci est assure actuellement par une equipe de 20 techniciens regionaux).

3) Estimer les emblavures et la production.

4) Contrôler les prêts en nature accordés par l'Office des Céréales aux petits et moyens agriculteurs.

5) Programmer les besoins de la céréaliculture tunisienne en semences selectionnées, engrais et herbicides.

6) Promouvoir et vulgariser les traitements contre les mauvaises herbes.

7) Programmer et coordonner la distribution des semences céréalières.

8) Aider l'INRAT, et autres structures de recherche à developper leur activité en matière de recherche céréalière.

Parellelement au renforcement des programmes de recherche de l'INRAT, il y a eu la creation de la station de recherche sur les céréales du Kef, et bientôt celle du centre ouest (Kairouan). Vient le jour, ces stations auront pour tâche de developper de variétés et de techniques approprieés à ces régions.

Quand au CRGR il s'est spécialisé à étudier les problèmes liés aux besoins en eau des céréales et au comportement des variétés de céréales en condition d'irrigation. Des cartes de vocation céréalière trés interessanteset qui ont été utilisées

à grande echelle par les technieiens pour la mise en place de certains projets ont été établis par cet organisme.

A côté de la recherche, il y a eu la formation de cadres, c'est ainsi que la plupart sinon la majorité des cadres dont le domaine ont été formés au cours de cette dernière decennie, soit à l'étranger, ou à l'INAT, et à l'Institut des Grandes Cultures du Kef pour les cadres moyens.

La Vulgarisation Agricole

La vulgarisation agricole est assureé par deux directions relevant du Ministère de l'Agriculture et par les organismes sous/tutelle. Il s'agit de la D.E.R.V. qui assure (vulgarisation de masse: radio, television, presse, seminaires, etc.); de la Direction de la production végétale (intervention) et de la Division technique de l'Office des Céréales (experimentation, vulgarisation et intervention).

Il est à noter que seule la Division Technique de l'Office des Céréales consacre le plein temps à la vulgarisation des techniques de production céréalière, les vulgarisateurs relevant de la Direction de la Production Végétale ne consacrent que le 1/5 de leur temps à la vulgarisation en matière de production céréalière et ceci dans le cadre de CTV (Cellule Territoriele de Vulgarisation).

Investissement et Financement

Le financement constitue un des facteurs qui conditionne la réussite des campagnes céréalières. La mise en application des techniques modernes de production nécessite la mobilisation de capitaux importants.

Actuellement le financement est assuré par le credit agricole, l'autofinancement des agriculteurs, les operations speciales (avances en nature, etc.), et les subventions de l'état.

Le crédit de campagne a évolué dans le sens d'un meilleur financement des exploitations, son volume a plus que triple

au cours de la dernière decennie; seulement actuellement il ne couvre que 45% des charges estimées de l'exploitation, les 55% restants devont être apportées par les fonds propres des exploitants. Les bas revenus limitant d'ailleurs la capacite d'autofinancement des agriculteurs; ce qui est un frein à l'augmentation de la production.

Depuis 74 les petits et moyens exploitants ont pu acceder au credit par le biais des societés de caution mutuelle agricole.

Pour les agriculteurs dont la taille des exploitations est inferieure à 10 ha, leur accès au credit de campagne continue à être difficile sauf pour ceux situés dans des zones geographiques couvertes par des projets tels que APMANE FIDA, Sida, etc.

Les credits d'investissement ont été axes sur la mecanisation, et des facilités plus grandes ont eté accordeés depuis l'année dernière aux agriculteurs par l'intermediaire de la B.C.T. pour leur equipement en materiel approprie surtout des tracteurs puissants 60, 90 C.V. ou plus, de gharrues à soc en vue de remplacer les charrues à disque, et de moissonneuse-batreuses, et ceci sous forme de credit fournisseur.

Les subventions de l'état sont nombreuses:

- Le materiel agricole à l'importation vient d'être detaxé
- Les herbicides sont subventionnés à 50%
- Les semences selectionnées sont subventionnées dans le cadre de la polique de l'echange à raison de 25 Qx par exploitant
- Les engrais sont aussi subventionnés.

Les Prix des Céréales:

Des révisions des prix des céréales à la production en fonction de l'accroissement du coût de production se fait periodiquement. C'est ainsi qu'entre 77/78 et 81/82 le prix des

B.D.	est passé	de	7^d135	à 11^d000	soit 54%	d'augmentation
B.T.	"	"	6^d535	10^d000	53%	"
Orge	"	"	5^d034	8^d000	58%	"

Des operations speciales sont aussi effectuees tel l'action de pulverisation à certains agriculteurs avec remboursement partiel en fin de campagne, où l'avance d'intrents effectués par l'Office.

Stockage

La capacité actuelle de stockage etant de 465 000 tonne. Dans le cadre du renforcement de l'équipement du pays en unités de stockage il a été programmé de doter le pays de silos de stockage.

C'est ainsi que le 6ème plan verra la realiser de 40 silos dont

1 silo portuaire de 30.000 T à Gabés

1 silo de stockage 20.000 T à Sfax

1 silo de stockage 20.000 T à Sousse

1 silo de stockage 10.000 T à Gafsa

1 silo de stockage 10.000 T à Beja

ainsi que l'extension du silo de Bizerte pour 100.000 tonnes avec équipement de manutention portuaire.

Tels sont les principales mesures prises pour encourager l'agriculture en Tunisie.

PRIX DES CEREALES EN TUNISIE

Ben Sania

I. INTRODUCTION

1. L'agriculteur tunisien est il un homme économique rationnel? En particulier est-ce qu'il procede à la maximization/minimization d'un certain nombre d'objectifs, prenant en considération les contraintes propres à son exploitation, celles dûes à son environnement et tenant compte des alternatives et options technico-économiques qui lui sont disponibles?
2. Plusieurs chercheurs ont obtenu une evidence directe de la rationalité économique de l'agriculteur dans les pays en voie de développement. En Tunisie l'évidence est surtout d'une nature indirecte. Gafsi[1/] a montré que la préférence des céréaliculteurs tunisiens au niveau des variétés à haut rendement pour le blé dur aux dépens du blé tendre est le résultat d'un choix raisonné. Le blé dur à haut rendement constitue une amélioration de performance à caractere technologique neutre, à l'inverse des blés tendres à haut rendement qui ne sont supérieurs aux variétés traditionnelles que lorsque le paquet technologique est changé d'une facon substantielle. Nygaar[2/] a aussi montré que la sous-optimization apparente dans l'application des intrants modernes est en fait la résultante de la prise en considération, par les agriculteurs, du facteur risque. Moi même je viens de compléter[3/] une étude de l'Offre des Céréales où l'évidence est substantielle quant à la nature positive de la réaction des céréaliculteurs aux changements réels des prix des céréales.

II. LE SYSTEME ACTUEL DE FIXATION DES PRIX

3. Les objectifs du gouvernement dans la fixation des prix au producteur sont les suivants:

- Inciter les agriculteurs à une production supérieure
- Améliorer le taux de collecte de manière à assurer l'approvisionnement en céréales des zones urbaines.
- Garantir des revenus minima aux producteurs.

La réalisation de ces objectifs ne peut être assurée que si les prix des céréales, en termes relatifs aux prix des autres productions agricoles, sont fixés sur la base de prix planchers (minimum), à temps pour avoir un impact sur les decisions de semer et/ou d'application des intrants. Finalement les prix devraient être fixés à la marge, c'est-à-dire de façon à ce qu'ils égalent le coût marginal du dernier agriculteur dont on désire la production.

4. Le système actuel pèche par rapport à ces trois éléments. Les prix sont fixés sur la base de coûts moyens estimés d'une exploitation moyenne à technologie intermédiaire, ils sont fixés en termes nominaux et ne sont annoncés que tard dans la campagne agricole.

Deplus on n'a souvent pas pris en consideration le coût d'opportunité économique des céréales (prix de reference) dans le processus de fixation des prix.

Finalement il est impossible de prédire l'impact d'un niveau de prix donné sur la production, faute d'élasticités de l'offre des céréales refletant la réaction des céréaliculteurs, dans leur ensemble, aux changements de prix.

C'est à cette dernière preoccupation que l'étude présenteé s'est addressée.

III. ETUDE DE L'OFFRE DES CEREALES 1955-1980

5. Cette étude a essayé d'évaluer l'effet de changement dans les prix des céréales, dans les prix des produits competitifs et dans les prix des intrants, sur les superficies semées en céréales, les rendements céréaliers et la proportion commercialisée au circuit officiel de collecte.

Les données agrégées, séparées pour le Nord d'une part, et pour le Centre et le Sud d'autre part, sont celles des années 1955-1980, période de l'indépendance du pays.

6. Pour les superficies de l'ensemble des céréales dans le nord, l'élasticité des prix à court terme est de 0,58 et à long terme elle est de 1,00, des coefficients ayant des niveaux de signification statistique de 1%. Les pluies d'automne ont un effet faible de 0,03, mais significatif à 10%. Dans le Centre et le Sud, c'est la pluviomètrie d'automne qui a l'effet le plus significatif.

7. Pour les rendements dans le nord et pour les trois céréales, c'est le rapport prix de l'azote sur le prix de la céréale qui a le plus d'impact, les élasticités étant de -0,70 pour l'orge, de -0,82 pour le blé tendre et de -0,54 pour le blé dur (Pour ce dernier le coefficient des phosphates était de -0,43 et significatif.). C'est les pluies entre janvier et mars qui ont le plus d'impact sur les rendements au nord. Au Centre et Sud, les pluies des 3 saisons, automne, hiver, printemps sont significatives et plus particulièrement celles d'hiver (janvier-mars).

8. Pour la collecte par l'Office des Céréales et les cooperatives, les coefficients d'élasticité des prix relatifs et du niveau de production sont significatifs à 1/10000 eme ou mieux et sont supérieurs à l'unité, excepté pour l'orge.

1/ Gafsi, Salem. "Green Revolution: The Tunisian Experience." Ph.D. Dissertation, University of Minnesota, August 1975.

2/ Nygaard, David. "Risk and Allocative Errors Due to Imperfect Information: The Impact of Wheat Technology in Tunisia." Ph.D. Dissertation. University of Minnesota, December 1979.

3/ Ben-Senia, Mohamed. "Supply Response of Cereals in Tunisia." Ph.D. Dissertation, Iowa State University, December 1981.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les chercheurs tunisiens ont activement participé dans la discussion des principaux aspects de la céréaliculture lors de la session finale de synthèse. Les conclusions générales et les recommandations resultant de cette session sont comme suit:

a) Pluviometrie annuelle insuffisante engendrant des conditions difficiles et une production moyenne basse; ceci est particulierement vrai pour les regions du centre et du sud de la Tunisie.

b) Les sols à faible teneur en matiere organique se dessèchent rapidement causant ainsi des déficits hydriques.

c) Le manque d' utilisation des engrais azotés est encore évident sur les superficies de la production commerciale bien que cette utilisation ait augmentée de cinq(5) fois depuis 1968.

d) La compétition des mauvaises herbes réduit les rendements bien que les superficies traitées continuent d' augmenter et beaucoup plus d' herbicides sont disponibles.

e) Le manque d' équipements appropriés interdit le déroulement opérations culturales en temps opportun

f) Manque de crédits agricoles appropriés

2) Le développement et la distribution des variétés ameliorées de blé ont induit une augmentation appreciable du rendement et de la resistance aux maladies. Des rendements de plus de 4 tonnes/hectare en blés dur et tendre sont obtenus en parcelles experimentales. Les rendements des triticales égalent ceux du blé et procurent une source supplementaire pour l' alimentation du bétail. Les résultats préliminaires des variétés d'orge ont également montré des performances optimistes. Ces resultats doivent être extrapolés au niveau de la production.

3) Le programme d'activités des instituts de formation tunisiens ne comporte pas les aspects de recherche appliquée et de vulgarisation, et ce malgré la presence d' un personnel qualifié, de laboratoires et d' autres facilites. Le financement constitue la principale raison pour ce manque. Dans le but de former efficacement les étudiants, ces instituts doivent avoir un programme de recherche. Les efforts des instituts de recherche et de formation doivent être coordonnés et leurs liens avec les secteurs agricole et industriel doivent être renforcés.
4) La méthode généalogique des croisements a prouvé qu' elle était efficace pour l' amélioration de differentes especes céréalieres. Les croisements doubles et les top cross permettent d' avoir beaucoup plus de variabilité génétique que les croisements simples. En plus de l' augmentation du rendement, la qualité des céréales pour la consommation humaine et animale est egalement un aspect trés important.
5) L' épuration et la certification des semences, y compris le developpement de la recherche semences et des laboratoires d' analyses, ont été efficaces pour l' avancement du programme semences et Tunisie. Le temps (nombre d' annees) necessaire pour la multiplication à grande échelle d' une nouvelle variété constitue la principale contrainte. Ce temps doit être écourté par de plus grandes superficies de multiplication par variété et par le choix des zones à potentiel élevé, en y considerant l' irrigation.
6) Bien que les herbicides soient disponibles pour le contrôle des mauvaises herbes, ils sont chers et selectifs pour certaines espèces adventices. L' etablissement de relations etroites entre les compagnies commerciales d' herbicides, les instituts de recherche et les agences de vulgarisation con-

tribuerait significativement dans le programme Tunisien de contrôle des mauvaises herbes.

7) Le choix de la méthode appropriée pour la préparation du lit de semences et le déroulement en temps opportun de chaque operation culturale tout au long de la saison culturale amélioreraient sensiblement le potentiel de la production céréalière. Le developpement des systèmes de rotation appropriés aux differentes zones céréalières amélioreraient également les conditions du sol et de culture.

8) Les sols tunisiens sont riches en potassium mais sont trés déficitaires en phosphore et en azote. Le niveau de la matière organique est trés bas, ceci étant dû à l' exploitation continue des parcelles depuis des siècles sans avoir prevu un programme de fertilisation adéquat, qui aurait permis une restitution au sol des éléments necessaires. Ces facteurs doivent être pris en consideration dans le choix des systèmes de culture.

9) Lorsque la technologie céréalière serait developpée, un service efficace de vulgarisation, composé d' un personnel qualifié formé en production céréalière, serait necessaire pour le transfert d' informations au niveau des exploitations agricoles. Le programme de vulgarisation doit être un effort commun des instituts et du ministère de l' agriculture.

10) Les agences internationales telles que l' USAID et le CIMMYT, et les universites etrangères, telle que l' Oregon State University, sont disposées à fournir le germplasme, l' équipment, et la formation de chercheurs tunisiens.

11) Il y a un besoin absolu de former plus de cadres dans plusieurs disciplines agricoles.

VISITES ET TOURNEES DE CHAMPS

Le symposium a été tenu à l' auditorium de l' Institut National Agronomique Tunisien (I.N.A.T.) à El Minzah, à Tunis. Le directeur et l' encadrement de l' institut ont été très hospitaliers durant la semaine programmée pour les sessions prevues.

Une tournee aux champs d' une duree de deux jours a ete effetuee sur les regions céréalières Nordouest, centre et Sud de la Tunisie. Les participants ont tout d' abord visité la station de recherche I.N.R.A.T. sise à Beja dans le Nord Ouest tunisien. C' est le principal centre de recherche céréalière du pays et le directeur de recherche, Mr. A. Maamouri a passé en revue toutes les activités de recherche et ce, au fur et à mesure que le groupe visitait les pépinières de croisements et les essais agronomiques mis en place dans la station. La principale activité de cette station est axée sur la recherche blé dur et blé tendre, avec en second plan la recherche sur triticales, orges et legumineuses. Le tour a ensuite continué vers l' Ouest à travers la grande region céréalière de Bou Salem a Jendouba et ensuite versle sud en direction d' El Kef.

Le projet mixte OSU-USAID-MOA Tunisien est situé à l' Ecole Supérieure d' Agriculture du Kef (E.S.A. du Kef). Le Directeur Rhouma Zoubidi et le representant de l' OSU Dr. F. Bolton ont invité le groupe pour le dejeuner et ont servi de guides lors de la visite des nouveaux laboratoires équipés par le biais du contract OSU-USAID de promotion de la recherche céralière en zone sèches du centre de la Tunisie, une visite de champs a été également effectuée sur les parcelles de croisements et d' essais agronomiques conduits par l' encadrement de l' E.S.A. du Kef et l' I.N.R.A.T. la principale activité de cette zone est axée sur la recherche sur l' orge, le blé tendre et le ble dur. La tournée a ensuite progressé vers le sud à travers les regions de Thala et Foussana la nuit a ete passee a Sbeilta.

Durant le deuxieme jour, les participants ont observé les parcelles de croisements et les essais agronomiques mis en place au niveaux des exploitations agricoles réparties à travers la région centrale de Tunisie. Cette recherche, conduite par l' encadrement de

l' E.S.A. du Kef, est destinée à demontrer l' augmentation de la production céralière grâce aux techniques de conduite améliorées. Il a été également possible de visiter des petites exploitations, irriguees à partir des puits, où l' on pratique la culture de tomates sous serre, melons et autres arbres fruitiers. Les agriculteurs de la region, qui disposent de l' irrigation, reçoivent une assistance du projet mixte OSU-USAID et MOA Tunisien.

Le tour a ensuite progressé vers la région du Pont Fahs au sud de Tunis. L' office des céréales conduit des essais agronomiques sur cette et d' autres regions du Nord de la Tunisie, et ce depuis sa creation en 1968. Les recommandations faites aux agriculteurs tunisiens, basees sur les activités de recherche et de vulgarisation, utilisant une gamme d' herbicides et de doses d' engrais, ont permis une amelioration notable du controle des mauvaises herbes et des rendements à travers la region céralière.

Il y avait environ 40 participants représentant les instituts de recherche tunisiens et les autres agences de cooperation.

CONCLUSION FINALE DES PARTICIPANTS INTERNATIONAUX AYANT PARTICIPES AU SYMPOSIUM

Nous adressons nos sinceres remerciements au Ministère de l' Agriculture, I.N.A.T., I.N.R.A.T., l' Office des Céréales, l' E.S.A. du Kef, et la mission USAID en tunisie pour leur généreuse hospitalité durant tout notre sejour. Une appréciation particulière est adressée au Dr. A. Daaloul, Dr. H. Ketata, et Mr. Amor Yahiaoui pour leur excellente organization du séminaire et des tournées de champs.

Les participants au symposium et aux tournées ont unaniment reconnus que les objectifs fixés ont été atteints: échanges d' idées et d' informations, encouragement de relations étroites et formation des futurs chercheurs. Les présents contracts OSU-USAID-MOA Tunisien relatifs à la culture en sec, l' irrigation, la vulgarisation et les techniques de conduite supportent fortement nos objectifs.

Les aspects du support pour une cooperation prolongée entre la Tunisie et la programme OSU-USAID seraient de 3 voies:

a) Fournir un germplasme génétiquement diversifié de blé Hiver x Printemps et orge, à partir de l' Oregon State University.
b) Echange d' informations scientifiques et establissement de rapports plus étroits entre les chercheurs.
c) Formation des meilleurs jeunes étudiants tunisiens dans les principales disciplines pour l' obtention de diplomes M.S. et Ph.D.

TUNISIA CEREAL BREEDING AND PRODUCTION SYMPOSIUM

APRIL 12-16, 1982

ORGANIZERS

Oregon State University
United States Agency for International Development
Contract No. AID/ta-c-1352

National Institute of Agronomy in Tunisia

National Institute of Agronomic Research in Tunisia

Office of Cereals in Tunisia

Superior School of Agronomy at Kef, Tunisia

LOCATION

National Institute of Agronomy in Tunisia
El Menzah, Tunis, Tunisia

FOREWORD

The International Spring X Winter Wheat Improvement Program located at Oregon State University (OSU), funded by the United States Agency for International Development (USAID) and closely linked to the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) is presently cooperating with approximately 130 cereal programs in 54 countries. The three major objectives of the program are 1) the creation and dissemination of agronomically superior winter wheat germplasm, 2) the training of gifted and dedicated young scientists and 3) the development of in-country symposiums where all aspects of increasing cereal production are reviewed for a specific country. Close association between scientists, students and administrators of OSU and Tunisia led to the selection of Tunis, Tunisia, for the cereal symposium held April 12-16, 1982.

An agreement between USAID and the Tunisian Ministry of Agriculture (MOA) in 1967 established training grants for Tunisian agricultural students to study toward M.S. and Ph.D. degrees in the United States. In concert with USAID funding for training, an accelerated cereal improvement program was initiated in Tunisia in 1968 between CIMMYT and the Tunisian MOA with funding from USAID and the Ford Foundation. Gifted and dedicated young scientists selected through this program and sent for training in the OSU cereal project during 1969 established relationships among scientists of the research institutes.

Cereal production in Tunisia is primarily devoted to fall-sown spring wheat and barley. However in the western one-third of the country, adjacent to the Algerian border, semi-winter or facultative type cultivars are required because of occasional freezing temperatures and late spring frosts. Improved genetic strains of this type, resulting from the winter x spring crosses developed at OSU, have been sent to Tunisia for the past twelve years as early generation segregating populations, observation nurseries, and more recently, as yield

trials. Tunisian scientists have evaluated this germplasm at a number of locations in western and central Tunisia and many promising cultivars are being advanced in yield trials for potential release as varieties.

This symposium was organized in conjunction with Dr. A. Daaloul, Director of Agronomy Division at the National Institute of Agronomy in Tunisia (INAT). Dr. Daaloul completed both M.S. and Ph.D. degrees at OSU as part of the cereal improvement program. He not only contributed physically in conducting the cereal research but also obtained a vision for the total international development and exchange of germplasm. Dr. Daaloul and his colleagues at INAT are to be commended for the excellent arrangements for the meetings. Appreciation is also expressed to Mr. Amor Yahyaoui for organization and coordination of the meetings and field tour.

There were approximately 50 participants in the formal sessions representing the various agencies involved in cereal research and production. Lists of participating agencies and scientists making formal presentations are included. The two days of field tours through Beja, Bou Salem, Jendouba, Kef, Sbietla, Pont Fahs and return to Tunis were very informative and provided time for in-depth discussions between participants.

Manuscripts of all presentations, with the exception of two, are included in French and English. The proceedings are presented in two distinct sections, the French appearing first on white paper and the English second on blue paper.

The symposium was successful in meeting the stated objectives of sharing information, coordinating in-country cereal activities, and opening future channels of communication within and between internal and external cereal improvement programs. We were pleased to have three members representing USAID, the funding agency for the OSU International cereals program.

Recommendations resulting from the symposium were discussed with appropriate administrators and are reported in the proceedings.

PARTICIPATING AGENCIES

DERV	Direction of Teaching, Research, and Extension
INAT	National Institute of Agronomy in Tunisia
INRAT	National Institute of Agronomic Research in Tunisia
ESAK	Superior School of Agriculture in Tunisia
OC-MOA	Office of Cereals - Ministry of Agriculture, Tunisia
OSU	Oregon State University, U.S.A.
U of N	University of Nebraska, U.S.A.
USAID/T	United States Agency for International Development/ Tunisia
USAID/W	United States Agency for International Development/ Washington

OBJECTIVES OF THE SYMPOSIUM

1. To review different aspects of research related to breeding and production including extension activities associated with wheat and barley production in Tunisia.

2. To promote a coordinated effort of cooperation and support among the different national agencies working in various aspects related to wheat and barley.

3. To strengthen areas of cooperation with the OSU-USAID Winter x Spring Wheat Improvement Program, the local USAID mission, and agencies of the Tunisian Ministry of Agriculture (MOA) for the mutual improvement of cereal production throughout the cereal regions and specifically in western and eastern Tunisia.

4. To encourage the selection and training of qualified research and extension personnel both in short courses and at the graduate level.

CONTENTS

	Page
Foreword	204
Participating Agencies	207
Objectives of the Symposium	208

Opening Ceremony

Welcome address: Director A. Jerraya, INAT

SESSION I

CEREAL CULTURE IN TUNISIA AND OREGON

Chairman: A. Jerraya, INAT

Cereal Production in Tunisia
M. L. Mouafak, Office of Cereals - Ministry of Agriculture
(not received in time for inclusion)

Oregon Research and Production — 212
W. L. McCuistion, Oregon State University

SESSION II

CEREAL IMPROVEMENT

Chairman: H. Ketata, INAT

Selection Techniques for Cereal Improvement — 219
W. E. Kronstad, Oregon State University

Selection Methods and Statistical Analyses Utilized in Tunisia
A. Daaloul and H. Ketata, INAT (not received in time for inclusion)

Cereal Improvement Program of INRAT — 228
M. Deghais and A. R. Maamouri, INRAT

SESSION III

CEREAL IMPROVEMENT PROGRAM IN TUNISIA

Chairman: W. E. Kronstad, Oregon State University

Cereal Improvement in the Semi-Arid Regions of Tunisia — 238
A. Yahyaoui, E.S.A. du Kef

Page

Status of Cereal Technology in Tunisia 252
Ben Salem, INRAT

Barley Improvement Program of INRAT 263
El Faleh Mouldi, INRAT and Ahmed El Ahmed, ICARDA

SESSION IV

SEED MULTIPLICATION

Chairman: Z. Rhouma, E.S.A. du Kef

Cereal Certification and Foundation Seed Programs 269
D. Brewer, Oregon State University

Cereal Seed Production and Multiplication in Tunisia 274
M. El Ghanmi, Office of Cereals

SESSION V

TRAINING AND COOPERATIVE PROGRAMS

Chairman: A. Yahyaoui, E.S.A. du Kef

Graduate Training Program 277
W. E. Kronstad, Oregon State University

The Winter X Spring Wheat Improvement Program 280
W. L. McCuistion, Oregon State University

Third Cycle Type Research On Cereal Improvement in INRAT 285
H. Ketata and A. Daaloul, INAT

SESSION VI

CEREAL ROTATION AND CULTURAL PRACTICES

Chairman: W. L. McCuistion, Oregon State University

Cereal Production Techniques Under Semi-Arid Climatic Conditions 288
F. Bolton, O.S.U. on assignment with E.S.A. du Kef

Weed Control and Its Impact on Cereal Production 321
L. Ettounsi, Office of Cereals

Weed Control in Small Grains 333
A. Appleby, Oregon State University

Aspects of Soil Fertility in Cereal Production 341
D. M. Glenn, Oregon State University

Page

SESSION VII

CEREAL ROTATION AND CULTURAL PRACTICES (continued)

Chairman: H. Halila, INRAT

The Fertilization of Wheat In Tunisia 352
S. Rezgui, Office of Cereals

Fundamental Principles on the Use of Medic/Cereal Rotation in the Semi-Arid Areas 360
A. Dahmane, INAT

The Medicago-Wheat Rotation System and its Evolution in Tunisia 366
A. Haddad, Office of Cereals

SESSION VIII

EXTENSION AND ECONOMIC ASPECTS OF CEREALS

Chairman: D. Brewer, Oregon State University

Promotion of Cereal Production in Tunisia 375
A. Godbane, Office of Cereals

Cereal Prices in Tunisia 381
M. Ben-Sania, Agricultural Economist recently returned from study in the U.S.A.

SESSION IX

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Chairman: W. E. Kronstad, and A. Daaloul

Summary of Conclusions and Recommendations 384

VISITS AND TOURS

Summary of locations visited 387

FINAL SESSION

Final Summary from the International Participants of the Symposium 389

OREGON RESEARCH AND PRODUCTION

Willis L. McCuistion

The state of Oregon is located in the extreme northwestern corner of the United States, bordered on the west by the Pacific Ocean, north by the state of Washington, the east by the state of Idaho and the south by the state of California.

There are three major institutes of higher education within the state; Portland State University in Portland, Oregon, Oregon State University in Corvallis, and the University of Oregon in Eugene.

Oregon State University is located in the extreme northwest corner of the state of Oregon seventy miles inland to the east of the Pacific Ocean and approximately 50 miles to the west of the high Cascade mountain range. The University is a land grant institute combining research, teaching, and extension and is located in Corvallis, Oregon. Total enrollment for undergraduate and graduate degrees is 17,460 students distributed among 14 major schools. The School of Agriculture has 1,357 students in 12 departments and the Crop Science Department which houses the Cereal Program consists of 114 students of which 66 are undergraduates and 48 in post-graduate studies.

Production of agricultural products provide a major source of income for the state of Oregon. Three mountain ranges traversing the state from north to south serve to greatly diversify climatic zones which in turn diversify agricultural products. Previously, forestry products were the most important source of income; however production and sale of agricultural crops now surpass forest products. The importance of agriculture to Oregon's economy can be seen in the following table, noting the value of sales, in millions of dollars, for selected years from 1964 to 1981.

Oregon Agricultural Products
Value of Sales (Millions of Dollars)

Year					
1963	1967	1971	1974	1978	1981
$418.8	523.3	587.5	1,088.6	1,285.0	1,760.0

Of the 1,760 million dollars of gross farm sales in 1981, $1,148 million was received from all crops and $612 million from all livestock within the state.

More than 170 agricultural commodities are produced within the state of Oregon. There are 85 leading agricultural commodities that exceed $1 million dollars in gross farm sales and a similar large number of nursery and greenhouse crops with less total sales. Considering all edible crops, cereal grains are by far the highest sources of gross sales, $345.2 million dollars, and wheat is the major cereal in area and total yield as shown in the following table:

Oregon Cereal Production And Gross Sales - 1981

Grain	Area Harvested (ha)	Yield (kg/ha)	Total Production (tons)	Gross Sales (millions $)
Wheat	587,250	4032	2,367,792	302.2
Barley	82,296	2928	240,963	26.6
Oats	22,692	2839	64,422	8.1
Others	12,960		57,000	8.3
	708,198		2,730,177	345.2

Only 15 percent of the predominantly soft white winter wheat produced in Oregon is consumed locally and the remainder must be sold on the export market.

There are a large number of agricultural research centers within the state of Oregon; however cereal research has been restricted to primarily eight experimental stations as shown in Figure 1. The major experimental sites are Sherman County (north central Oregon, 200mm rainfall), Pendleton (northeastern Oregon, 500mm rainfall), and Corvallis (west central Oregon, 1,000mm rainfall). The major areas of cereal research and production that will be addressed in this paper are: a) breeding and genetics, b) production and management practices, c) plant protection including diseases and weed control, d) seed multiplication and distribution, e) harvest, storage, transportation, and distribution, f) improvement of the palatability and the nutritional properties of the end products, and g) the extension service.

Breeding and Genetics

Major cereal research activity occurs within the public sector with funding from the state of Oregon, USDA (United States Department of Agriculture), USAID (United States Aid for International Development), NSF (National Science Foundation), NIH (National Institute of Health), NASA (National Aeronautics and Space Administration), and competitive grants.

Germplasm and varietal development are progressing in soft white winter wheats, hard red winter wheats, winter x spring crosses, malting barley, and feed grains including wheat, barley, oats, triticale, and sorghum. Total hectares and percentage of wheat market classes presently grown in Oregon are as follows:

Total Hectares And Percentage of Wheat Market Classes Grown in Oregon

Market Classes	Hectares	% of Total
Soft White	571,336	97.4
Hard Red Winter	13,282	2.2
Hard Red Spring	2,632	0.4
	487,250	100.0

Production and Management Practices

A number of high yielding varieties of wheat and barley developed through the breeding and genetics program are available for production. In order to maximize the production from these varieties, research must be conducted on the methods of seeding and the time, rate, and depth of seeding. Also of importance are proper seed treatment, soil management, and cropping systems. To realize high yields in the major agricultural regions, timely application of herbicides for weed control are required. Due to the diversity of climatic conditions within the state, the methods of harvesting and storage are of utmost importance for maintenance of high quality seed. Qualified scientists are working in these areas and a interdisciplinary approach has been adopted to address research relating to various cereal subjects.

The diversity within the cereal production area has required a broad range of cultural practices. The high rainfall region of Western Oregon has a predominance of heavy soils which are often flooded throughout the winter months. The low pH of the soil may cause aluminum toxicity which reduces the production potential of cereals and liming is a common practice. High incidence of disease is also commonly observed within this production region. Large pivotal irrigation circles have been developed in north central Oregon

using water from the Columbia River. The region previously in native vegetation has light textured soil and several new problems have arisen related to soil and disease organisms. The intermediate rainfall region, approximately 500mm, near Pendleton in northeastern Oregon commonly follows an annual cereal, legume rotation including peas and beans. The somewhat drier and largest cereal production area in Oregon, 200mm, practice alternate years of cereal and fallow. During the fallow year, moisture is conserved by clean tillage utilizing a stubble mulch to protect soils against wind and water erosion. Extensive research is being conducted for minimum or no-tillage practices in order to reduce the high costs of management during the fallow period. Several problems are being addressed related to these systems such as proper stand establishment and control of persistent weeds within the stubble.

Plant Protection

1. Diseases - Most of the major cereal diseases can be observed within the various cereal production areas of the state of Oregon. Cereals produced in the high rainfall area are subject to stripe rust, leaf rust, *Septoria* species, powdery mildew, barley yellow dwarf virus, Cercosporella, and Take-all diseases. In the drier regions, several of the same diseases occur in addition to *Fusarium*, *Pythium*, and *Cephalosporium* stripe.
2. Weed Control - A number of highly effective chemical herbicides are available for control of both monocot and dicot weeds in cereals. These have been provided through very effective research conducted by the weed control section of the Crop Science Department. The herbicides being utilized are selective for specific weed problems within the cereal crop. Major weed species remaining difficult to control in the lower rainfall regions are *Bromus tectorum* (cheatgrass), *Elymus* L. (wild rye), and *Aegilops cylindrica* (goatgrass).

Seed Multiplication and Distribution

The cereal breeders are responsible for the development of the initial head rows for breeder seed. Foundation seed is then managed by the section

entitled Foundation Seed Project within the Crop Science Department. The seed is then advanced to the Crop Improvement Association, within the University, which maintains responsibility for final increase of certified seed for sale to the farmer. Varietal development and multiplication has been maintained within the public sector for many years and there is very little competition by the private sector in the state of Oregon.

Harvest, Storage, Transportation, And Distribution

By the time the cereal grower reaches the harvest season, he has already accumulated considerable costs and thus must protect the crop with efficient harvest and storage of the grain. Since the wheat grower in Oregon may have from 100 to 1,000 hectares of cereals for harvest, it has become necessary to mechanize the harvest and transportation of the grain. A large percentage of the grain is stored in enclosed storage facilities on the farm or large elevators located in the major cereal regions. Much of the grain of the eastern part of the state is transported down the Columbia River by barge (boats) to the port at Portland. Highly organized marketing agencies have been developed for the transportation and distribution of cereal grains within the United States and for foreign markets.

Improvement Of The Palatability And The Nutritional Properties Of The End Products

Since cereal grains within the state are utilized for human consumption, animal feeds, and malting products, different quality standards are required.

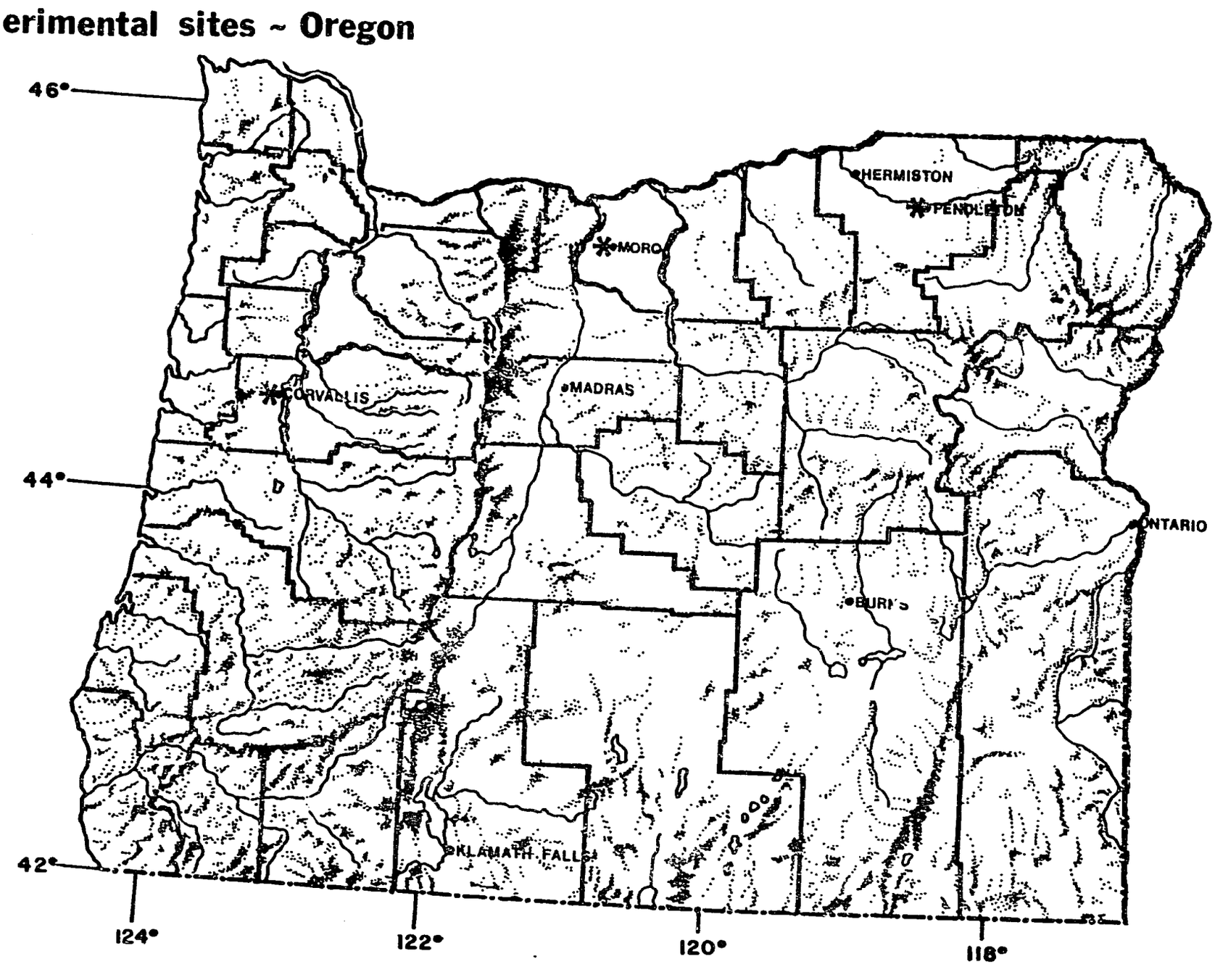
The soft white wheats are used primarily for pastries and some export for Japanese noodles. To meet the quality standards, the cereals must be developed with low protein content, high flour yield, good texture and viscosity, and acceptable cookie diameter. On the contrary, hard red winter wheats must have high protein content, good gluten strength, and balanced milling and baking properties. Cereals developed for feed grain must have highly palatable vegetation and a high level of protein in the grain. The very stringent requirements for malting barley restrict the number of cultivars accepted for the malting industry. All of the quality standards are closely monitored in the varietal development program of the cereal project.

Extension Service

A cereal extension specialist on staff in the Crop Science Department is responsible for coordinating extension activities throughout the cereal growing regions of the state. Extension agents are located within each county producing cereals and it is their responsibility to interact directly with the producer to keep him informed of present recommendations and new information resulting from research. Wheat growers within the state are very active and strongly support cereal research and extension activities.

In order for cereal research and production to remain abreast of the needs of the producer, very close interaction is required between the research, extension agent, and grower. In order to increase the production of cereals, a strong interdisciplinary approach is required. The cereal program at Oregon State University strongly encourages this approach to meet the future demands that are placed on us with increasing population.

FIGURE 1.


Experimental sites ~ Oregon
46°
44°
42°
124°
122°
120°
118°
HERMISTON
PENDLETON
MORO
CORVALLIS
MADRAS
ONTARIO
BURNS
KLAMATH FALLS

SELECTION TECHNIQUES FOR CEREAL IMPROVEMENT

Warren E. Kronstad

It has been estimated by some plant physiologists that under ideal conditions it should be possible to obtain yields of 20 tons per hectare for wheat. Unfortunately the average yield for the world is less than two tons per hectare for both wheat and barley. Thus it is quite apparent that there are many constraints to higher yields including various environmental stresses which stand in the way of achieving maximum grain yields. The role of the plant breeder then is to create useable genetic variability and identify cultivars which are resistant or tolerant to many factors which limit maximum production thus reducing the risks the farmer faces. To accomplish this task there are four major steps which the plant breeder must follow. The first involves creating useable genetic variability. This is followed by applying appropriate selection pressures so that the desired progeny can be identified in segregating populations. Once such progeny are isolated, they must be evaluated. The final step involves the multiplication and distribution of the new cultivars. It should be emphasized that it is only when these new cultivars are multiplied and disseminated to the farmer that the plant breeder has made a contribution.

Breeders of cereal grains are faced with two decisions. The first involves the identification of the most promising parental combinations to hybridize thereby creating the highest frequency of useable genetic variation. Secondly, the breeder must develop effective selection pressures and techniques to identify the agronomically superior progeny in segregating populations. For both wheat and barley, the number of potential hybrid combinations is almost infinite. Perhaps here more than any other phase of the breeding program, the breeder must have a knowledge of the genetic background of potential parents and their combining ability. This frequently only comes with years of experience. For simply inherited traits, such as disease resistance, maturity and plant height, the decision as to which parents to cross is obvious; however for quantitatively inherited traits, like grain yield, the decision is difficult. It has also been found that in order to obtain the highest frequency of desired segregates in subsequent populations

that the use of three- and four-way crosses is very beneficial. Generally in three-way crosses, the third parent would be crossed to the F1 which represents a variety or selection with proven combining ability for the desired traits.

Several additional factors must be taken into account in selecting the right parental combinations. For example, the particular management practice in which the proposed cultivar is to be used. In a number of countries wheat and barley are used in an intercropping system where they will be grown interplanted between crops such as corn, sweet potato, soybeans etc. In the milder climates and generally where irrigation is available, cereal grains are frequently involved in multiple cropping. In some areas with more limited rainfall, wheat and barley may be grown in a monocultivative system. Where moisture is very limited (less than 450mm) a summer fallow system may be employed where only one crop is grown every two years in a given field.

A number of environmental stresses which tend to limit the maximum production of cereals may or may not be associated with specific management practices. In fact, breeding plants for stress environments perhaps is the major function of the plant breeder. Some of these environmental stresses might be noted as 1) extremes in temperature, 2) moisture, either limited or excessive, 3) quality and quantity of light, 4) length of the growing season, 5) sprouting in the field when the rains come during the harvest period, 6) wind, 7) hail, 8) air pollution, 9) weeds, 10) numerous soil problems, 11) along with many disease and insect pests.

After deciding which crosses to make the plant breeder now must make the second major decision and that is what selection procedure to follow. Progress in selection will depend on a number of factors. These include 1) amount of useable genetic variability, 2) the nature of this genetic variability, 3) whether the trait is qualitatively or quantitatively inherited, 4) the number of traits to be improved, 5) the management system employed as already described, 6) based on the plant breeder's philosophy as whether cultivars with wide or narrow adaptation are to be developed. Looking at just one of these factors which influence one's ability to identify the right parents as well as the effectivenss of selection involves the nature of inheritance. Specifically, whether the particular trait or

traits are qualitatively or quantitatively inherited. Those traits which are influenced by few genes are not modified greatly by the environment such as seed color, plant height or perhaps maturity, are easily selected in early generations because one can easily identify the desired genotypes. Early selection in the F2 or F3 generations can be effective as plants either have or do not have the trait. However on occasion, even with simply inherited traits, it becomes necessary to employ special techniques in order to identify the desired segregates. One such example would be in the work in developing aluminum tolerant plants. In many countries around the world acid soils are a problem in cereal production. At Oregon State University it was found that oftentimes in acid soils it is soluble aluminum which is the limiting factor. As a consequence, a method was developed which is referred to as the nutrient solution seedling technique. Potential parental varieties or segregating populations are germinated in a complete nutrient solution for 36 hours. This material is then transferred to a solution which contains various concentrations of aluminum. After being exposed to this stress environment for approximately 72 hours, they are then transferred back to a happy or nutrient solution again. After 36 hours the seedlings are evaluated based on their ability to reinitiate root growth. It is easy then to identify those which are tolerant from those that are susceptible. The tolerant types are subsequently transplanted into the field where selection for other desired traits can be carried out. Tolerance to aluminum toxicity has been reported as being quantitatively inherited in the literature; however using this nutrient solution technique, it has been found that the genetic control of the tolerance is simply inherited with one to three genes being involved. However, this is an example where even though the trait is simply inherited, it was necessary to develop a technique in order to clearly identify both parental sources to be used in hybrid combinations and identify the desired plants in segregating populations. Such a technique may be employed for a number of other traits where there is a large environmental x genotypic interaction making it difficult for the plant breeder to identify the desired types especially under field conditions.

When discussing grain yield one is describing a quantitatively inherited trait where the variation is continuously being influenced by both many genetic factors and the environment. Here it is more difficult

to identify the most promising parental combinations which will have the highest frequency of desired segregates. Furthermore it is more difficult to identify the highest yielding plants in subsequent early segregating populations. Thus a different strategy must be developed in breeding and selecting for maximum grain yield. Frequently selection must be delayed until the F5 or F6 when frequently replicated trials can be established to assess the role of the environment.

One approach to breeding for maximum yield has been to look at the components of yield; such as kernel weight, kernel number per spike, tiller number per plant and even plant height. It has been thought that perhaps the uniculm plant might represent a desired plant type, however others feel that the ability of the wheat or barley plant to tiller is an adaptive mechanism which is very useful particularly under stress environments. Certainly the development of semi-dwarf wheats has been a major factor in increasing yield productivity. Many plant breeders feel that perhaps the spike is the key to increasing productivity, both in terms of a more fertile spike which means more kernels per spikelet or more kernels per spike and kernel weight. One of the disadvantages in looking at the components of yield is that when using a stepwise regression such as a pathcoefficient analysis, negative indirect associations may be observed between some components such as kernel number and kernel weight. This means as the plant breeder selects for kernel number, kernel weight might be reduced thus making zero progress in terms of increasing grain yield.

Still another approach using both the components of yield as well as grain yield per se, has been the use of various biometrical models in an effort to determine the nature of the genetic variability controlling a particular trait. Here the nature of the genetic variation can be partitioned into genes which are additive and those which behave in a non-additive manner for a specific trait. Since the breeder of self-pollinating species can only utilize the additive portion of the total genetic variance in selection, it is important to know what proportion of the total genetic variation is due to additive type gene action. This in turn will tell how effective he will be in his selection procedure. There are many different biometrical models available for the plant breeder to utilize in partition of genetic variances. However one which will be suggested here involves the use of combining ability analysis. With this method one is able to partition the

genetic variation for a particular trait into either the General Combining Ability (GCA) or Specific Combining Ability (SCA). It is generally regarded that GCA is a measure of additive genetic variance whereas the SCA reflects more those genetic factors which behave in a nonadditive manner. Since the plant breeder of self-pollinating species is mainly concerned with the additive portion, estimates of GCA are the most meaningful. With the combining ability analysis, it is not only possible to partition then the genetic variances into the additive or nonadditive portion for the specific trait but one can also develop and identify the relative contributions of each parental line in terms of its contribution to the GCA and SCA effect for a particular trait. Generally a diallel cross is utilized in this approach. Since it does take a great deal of time in developing diallel crosses, one can also use testers which have been shown to have good GCA, thus avoiding having to make as many crosses. It has been found that in single and three- and four-way crosses, that the use of GCA is a way of identifying parents which when crossed in appropriate combination give rise to a high proportion of desired segregates. For example, when two parents which both have high GCA effects are crossed, subsequent generations will have a higher proportion of high yielding progeny than when two parents have medium or low GCA effects. Likewise, when making three-way crosses, it has been found that the third parent when crossed with the F1 should be the one with the highest GCA effect. Therefore, it would appear that GCA may be a very useful means of both identifying the most promising parental lines for quantitatively inherited traits like grain yield.

One of the concerns that has been raised is if there is enough genetic variability present in wheat or barley to make further increases in grain yield or have yield plateaus been reached. Several approaches are being investigated to increase the amount of useable genetic variability. One involves the systematic crossing of winter x spring wheats. This program involving the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) and Oregon State University (OSU) directs its efforts in probing the gene pool between spring wheats and winter wheats in a very systematic manner. In CIMMYT/Mexico the initial winter x spring crosses are made and subsequent F1s divided between Mexico and OSU. Scientists in Mexico then will cross their F1s back to the spring type wheats thereby transferring the good genetic factors from the winter wheats into the spring background.

In contrast the same F1 populations grown in Oregon are crossed back to winter type wheats. Here they are evaluated for those traits desired for varieties produced under winter conditions. After the most promising materials have been identified, they are sent to various cooperators through the distribution of international nurseries. Thus spring germplasm is disseminated by CIMMYT and winter material by OSU.

Another approach which is being utilized is the development of Facilitated Recurrence Selection populations using both dominant and recessive male sterile genes. Using this technique, it is now possible to develop a high degree of outcrossing within normally self-pollinating species. Thus by utilizing these male sterile genes and using a recurrent selection approach, the opportunity to bring together more favorable genetic recombinations is possible.

Still another approach to increase genetic variability has been the development of hybrid wheats. Unfortunately since the discovery in 1960 of restoring mechanism hybrid wheat still has not been a major factor in wheat production. This has been due in part to the sensitivity of the restoring gene to various environmental x genotypic interaction and the progress made in developing high yielding cultivars through conventional methods. Recently it has been found that two additional sources of cytoplasm namely Aegilops kotschyi and Aegilops variabilis cytoplasm are less specific than say the Triticum timopheevii cytoplasm which was previously utilized. Thus it would appear that there may be renewed interest in the development of hybrid wheat based on these cytoplasms. Also there is a great deal of interest in the development of chemical gametocides which would enable the plant breeder to avoid having to develop cytoplasmic male sterile and restoring lines. Whether hybrid wheat will be a reality or not still has not been determined. It would allow the breeder of self-pollinating species to utilize both the additive as well as the nonadditive total genetic variance if successful hybrids could be developed.

The use of wide crosses offers new genetic sources. The development of triticale, which represents a cross between wheat and rye, is a classic example of how one can use wide crosses. It has now been possible to cross rice and wheat, barley with wheat and perhaps some day even soybeans with wheat with the idea of transferring over nitrogen fixation. However

when one looks at the energy required by the plant in the case of the soybean in fixating nitrogen, and a number of other limiting factors, one must really question if it is feasible to develop a wheat or barley species which can fix atmospheric nitrogen. However the use of wide crosses to increase the amount of genetic variability will continue to be extremely important.

Another area that the plant breeder must be concerned with involves the development of different types of genetic resistance to various pathogens. It has been suggested that when many different physiological races of particular disease are present there is a need for horizontal or generalized or more durable type resistance. Historically the plant breeder has been concerned with major gene sources of resistance which are generally termed as being vertical. One of the difficulties in utilizing generalized resistance is the difficulty in selecting the desired types in segregating populations. Another approach in developing tolerance to diseases involves nongenetic approaches. In the case of Take-all (Gaeumannomyces [Ophibolus] graminis) where no known sources of genetic resistance has been identified, it has been found that the chloride ion does give the plant tolerance to this disease. This tolerance appears to be associated with a better uptake of moisture. Similarly with this same disease there is the term Take-all decline. This decline has been associated with the build up of certain bacteria which appears to reduce the inoculum of the fungus. It has been suggested that perhaps in the future it will be possible to pre-inoculate wheat seed with the desired strain of bacteria thus reducing the amount of inoculum of a particular disease. This, of course, is a very exciting and intriguing approach to biological disease control.

Other approaches which are available to the plant breeder include 1) anther culture, 2) somatic hybridization, 3) tissue culture and 4) DNA recombination. We must recognize that plant breeding is in fact a game of numbers. All productive programs do make many crosses and grow large segregating populations. One approach has been to use pollen culture or anther culture however despite substantial efforts utilizing this technique of doubling the pollen grain and reaching homozygosity immediately, very few examples can be cited where the method has proven satisfactory.

In the case of somatic hybridization the cell walls are removed from two different diverse species and fused. Unfortunately it is often found in subsequent generations that chromosomes may be lost making it difficult to stabilize such material. Tissue culture is receiving a great deal of attention. In our laboratory we have been able to regenerate wheat plants from scutellar callus tissue obtained from embryos. The callus tissue is grown on a nutrient solution in the presence of a hormone like 2,4-D. When the 2,4-D is removed differentiation takes place with roots and shoots developing. Of interest has been the amount of genetic variation that appears when callus tissue is obtained from a previously homozygous variety. Cytological analysis of the pollen mother cells have identified that a number of chromosome aberrations have been induced as a result of this treatment. This does appear promising in terms of being able again to subject large numbers of individual cells to possible environmental stresses or other limiting factors. For example, it may be possible to grow callus tissue on media deficiencies for lysine and identify those cells which are able to produce lysine. One can identify a number of other factors where selection pressure might be applied in the media such as is now being done with microorganisms. However it must be recognized when one talks about such things as drought tolerance or herbicide tolerance that there are many other factors involved so perhaps such a technique might be limited to specific attributes. There is a great deal of excitement now in DNA recombinant work. Several advantages have been cited where it could be used in plant breeding. One is the incorporation of a new gene without having segregation for other desired traits already fixed in the genotype. Secondly only one generation would be required to fix the desired genotype. Thirdly, one could easily develop isogenic lines in a very short period of time. Finally, such a technique might be very suitable for genetic studies. For example, one might identify a species which does have resistance to Take-all root rot disease which was previously identified where no genetic resistance has been found in wheat. Utilizing restrictive enzymes, it would be possible then to cleavage and isolate that portion of the DNA or gene which does convey this resistance. Then to transfer this gene for resistance into some form of vector, for example, a bacteria plasmid. Bacterium then could be used to infect the wheat plant which result in say some form of a tumor or crown gall where the gene for

resistance would become attached to the chromosome within the cells of the gall. Then one can isolate callus from this gall formation and utilizing tissue culture to regenerate whole plants. All the cells would now carry the gene for resistance. This system has been found to work in the case of dicots, in particular the tomato, where the Agrobacterium tumefaciens has been utilized as the vector. Unfortunately, in the case of the grasses, no such mechanism yet exists; however, there are a number of approaches being tried. There new approaches in plant breeding must be evaluated; however increases in food production in the near future will result from conventional breeding programs and improved management practices.

A concern that all plant breeders must realize involves genetic erosion. It has been found that many of our old land varieties have been replaced by our newer higher yielding cultivars. The irony of this situation is that these land varieties have in fact been used to give rise to these varieties which are now replacing them. Thus, we have narrowed down our genetic base. Also, breeders are more reluctant to use the older varieties particularly as yield levels have increased because they simply cannot afford to cross into materials where there will be a number of undesireable genetic factors as well. We also find that very valuable genetic stocks are being discarded in breeding programs because they do not fit the objectives of the breeding program.

Another area which needs to be explored further is the area of plant physiology and plant breeding. In fact, very little is known of the chain between biochemical and physiological events between the gene and the phenotype. Unless the plant breeder is going to be confined to playing the game of numbers, it is necessary to learn more about the physiology of the wheat plant.

When it is realized that each year, 70 million more people join us for breakfast, it is imperative then that the plant breeder utilize all the tools at his command. The challenge to the plant breeder and all agriculturalists is very clearly identified. We have an obligation to meet this challenge as the alternatives are unacceptable if there is ever to be world peace.

CEREAL IMPROVEMENT PROGRAM OF THE NATIONAL AGRONOMIC RESEARCH INSTITUTE OF TUNISIA

(Durum wheat, Bread wheat, Triticale and Oats)

M. Deghais and A. R. Maamouri

I. INTRODUCTION

The activities of the Genetic laboratory of the National Agronomic Research Institute of Tunisia concerns:

- durum wheat
- bread wheat
- barley
- triticale
- and oats

We will cover here the work on the improvement of all these species except barley which will be the subject of another paper.

Our program consists of three parts:

- the introduction of genetic material
- the realization of crossings between Tunisian varieties and selected issues from diverse nurseries
- regional yield trials.

Several observations have been carried out during the current program.

Up until last year the majority of our trials and nurseries were planted at Beja and only advanced-yield trials were planted in other regions (Mateur, Krib, Bou Salem, Bou Riba, and Le Kef).

New expansions were made possible this year with the creation of a new research center at Boulifa in Le Kef. Also, with a concern for developing varieties adapted to different principal cereal producing regions, a nursery combining all our lines in durum wheat trials, and bread wheat trials has been installed in localities other than those of the trials (Le Fahs, Tajerouine, Le Sers, Mateur, and Hindi Zitoun).

II. OBJECTIVES AND RESULTS

The objectives of our program are:

- to increase productivity
- and the improvement of technological qualities.

A. Increasing Production

Adaptation

The production of a given variety of cereal depends among other factors upon its adaptation to the climatical conditions which are prevalent in the agricultural region. Research on varieties which possess the type of development appropriate to the principal bioclimates constitutes one of our objectives.

High-yielding varieties of wheat that have been developed here are, for the most part, adapted to the northern region where agro-climatic conditions are favorable.

Tables No. 1 and 2 present the average yields by region of durum wheat varieties and bread wheat varieties and the increase of yields achieved by other varieties (INRAT 69 and Ariana 66).

We note that:

a) For durum wheats:

- in Beja, Mateur et Bou Salem, Maghrebi 72 outproduced the 3 other older varieties (INRAT 69, Bedri and Amel 72)
- in Krib, Amel 72 seems to be the best adapted
- from the newer varieties, Ben Bechir 79 and Karim 80 outproduced the other varieties in all locations.
- that Karim 80 was superior to Ben Bechir 79 in Beja, Mateur and Bou Salem and was equal to it in Krib.

b) For bread wheats:

- in Beja and Mateur, Dougga 74 outproduced the older varieties and was just barely inferior to Tanit 80
- in Krib, Dougga 74 and Ariana 66 were equivalent
- that Tanit 80 outproduced all varieties in Krib
- the same as Salambo 80 in Bou Salem

TABLE No. 1

Average Yields of 4 years of Experimentation (76/77 - 79/80)

Durum Wheat

	INRAT 69	Bedri	Amel 72	Magh.72	G.Bechir 79	Karim 80
Beja	36.75	27.80	38.70	44.39	49.48	53.34
Mateur	31.48	29.13	31.56	36.49	41.23	44.58
Krib	33.14	31.14	35.74	33.62	39.58	39.31
Bou Salem	34.51	32.45	36.42	37.76	39.11	42.49
Averages	33.97 100%	33.04 97.2%	35.60 104.8%	38.06 112%	42.35 124.6%	44.93 132.2%

TABLE No. 2: Average Yields of 5 years of Experimentation (76/77 - 80/81) of Varieties of Soft Wheat

	F A	Ariana 66	Carthage 74	Dougga 74	Salambo 80	Tanit 80
Beja	34.91	46.0	46.13	50.99	49.19	51.80
Mateur	31.48	34.78	36.07	41.82	39.99	42.70
Krib	31.81	37.15	35.65	37.31	40.77	42.59
Bou Salem	32.18	33.52	40.51	39.45	46.71	43.96
Moyenne	32.59 86.1%	37.86 100%	39.59 104.5%	42.39 111.9%	44.16 116.6%	45.26 119.5%

Improvements in Disease Resistance

Rust (black r., brown r., yellow r.), foot rots, fusarium, smuts, bunt, and septoria (s. tritici) are the most important diseases of wheat. Also, powdery mildew.

Efforts continue to be used to develop varieties resistant to these parasites with the exception of carbon and "carie" (bunt) which are combatted by chemically treating the seeds. Even so, outbreaks are not regular in our nurseries and mistakes by personnel and means that we cannot control sometime cause contamination.

We put into our collections disease resistant strains (rusts, septoria, powdery mildew) and we never cease to enter into collaboration with foreign institutions to diversify and reinforce our program.

Improvement of Lodging Resistance

The older varieties of wheat (Mahmoudi, Chili, Roussia, Florence-Aurore, etc) are very high in lodging resistance with good agricultural practices and fortified with nitrogen fertilizer.

The production of INRAT 60 (durum wheat) and Ariana 66 (soft wheat) which passed one meter in height consituted a big improvement during the 1960's. Some varieties of hard wheat developed later (Amel 72 and Maghrebi 72) are very productive but present the inconvenience of not supporting competition from weeds.

In view of this experiment, we have oriented our program toward the research of varieties of average size (90 to 95 cm) of types like Bedri, Carthage 74, and Dougga 74.

Four new varieties, Karim 80 and Ben Bechir 79 (durum wheats), Tanit 80, and Salambo 80 (soft wheats), are satisfactory from this point of view.

B. Improvement of Technical Qualities

For us, at this time, the most important critera of quality are:

For durum wheats:

- yellowberry
- protein content
- coloration
- the weight of 1000 kernels
- specific weight

For soft wheats:

- gluten content, particularly W.
- protein content
- weight of 1000 kernels
- specific weight

Samples of 500 grams, taken from the most advanced yield trials, are analyzed at the technical laboratory for cereals at the Institute (INRAT).

With the exception of a visual selection at the laboratory for shrivelling in the F_2, our means don't yet permit us to undertake the micro-tests used to identify exactly the crossing with a high technical value.

Efforts are used to improve the quality of older Tunisian varieties of hard wheat especially the coloration. Although very good for macaroni, our durum wheats produce couscous and macaroni products with a light color. A cross breeding program is in course using pedigrees from Argentina and North Dakota to increase the yellow coloring in our varieties and lines the most promising from the point of view of yield.

For soft wheats, Florence-Aurore, Dougga 74, Carthage 74, the Fath line, and other foreign lines constitute the base of quality improvement in our program.

Tables 3 and 4 show the average technical characteristics of varieties of durum wheat and soft wheat and varieties newly registered.

TABLE No. 3

TECHNICAL CHARACTERISTICS OF DURUM WHEATS *

	Specific Weight	Weight of 1000 k.	Yellow-berry	% Protein	Coloring (p.p.m)
INRAT 69	81.5	44.76	0	14.54	7.93
Bedri	82.87	49.29	0.1	15.29	3.17
Amel 72	81.87	50.37	2.12	13.53	5.67
Maghrebi 72	79.37	39.08	1.19	14.42	5.55
B. Béchir 79	80.62	49.66	1.12	14.14	7
Karim 80	84.12	50.22	2.69	12.38	6.16

* Average values at the Beja and Mateur Experiment stations, for the year of 80/81.

TABLE No. 4

TECHNICAL CHARACTERISTICS OF SOFT WHEAT*

	Specific Weight	Weight of 1000 k.	W	Protein Content	P/L
Florence-Aurore	84.25	45.40	341	14.09	2.21
Ariana 66	84.75	44.63	206	12.87	0.61
Carthage 74	85.25	37.43	344	14.03	1.03
Dougga 74	84.0	37.96	356	12.76	2.32
Salambo 80	82.87	38.21	203	12.60	0.94
Tanit 80	82.50	40.08	265	13.0	1.73

* Average values of experiment stations at Beja, Krib, Mateur, and Bou Salem, 80/81 season.

3. IMPROVEMENT OF TRITICALES

Experimentation with this new species, which began in 1974, permits us to conclude:

a) the high productivity of several lines
The results reported in Table 5 show that the yields of certain lines of triticales are superior to those of Dougga 74 and Maghrebi 72 but inferior to Karim 80.

b) their resistance to diseases and lodging

c) the specific weight is inferior to that of wheat

d) the weight of 1000 kernels and the protein content of certain lines surpasses that of certain varieties of wheat.

With all these considerations, we think we will see:

- the utilization of triticales (seeds, forage, and ensilage) for feeding animals
- and the utilization of mixtures of triticale flour and soft wheat flours in bread-making.

4. IMPROVEMENT OF OATS

The oat improvement program, pursued since 1975 in collaboration with the University of Wisconsin and a pilot farm at Fritissa, is still embryonic. Nevertheless, it has resulted in the procurement of three varieties (Av 3, Av 8, and Av 14) which are already being multiplied and will shortly be proposed for registering.

5. CONCLUSION

For the realization of this program, the INRAT genetic laboratory for cereals collaborates with the Office of Cereals, ICARDA, CIMMYT and INAT.

We hope that our collaboration with the agriculture research project for dry zones will be reinforced.

TABLE No. 5

YIELDS AND TECHNICAL CHARACTERISTICS
OF THE MOST PROMISING LINES OF TRITICALES WITH CHECKS OF DURUM WHEATS
AND SOFT WHEATS

Variety		1979/80	80/81	Average	Specific Weight	Weight of 1000 k.	Protein Content
T 1	Maya II Arm "S" X2802-9N-2M-3N-3M	89.82	97.91	93.83	72	46.56	13.52
T 2	" " 2Y-0M -38N-1M-7Y-3M	94.41	96.96	95.68	70.7	45.92	14.08
T 3	" 2Y-2M-0Y X2832-13N-1M-3N-0M	96.50	95.27	95.88	70.7	42.90	13.03
T 4	Bacum	88.94	93.17	91.05	71	37.54	12.42
T 5	M_2A II-Arm"S"-X2802-38N-3M-3N-0N	96.89	89.85	93.37	72	39.53	13.31
T 6	1A-IRA x BGL-X12257-2N-0M	96.59	91.55	94.04	70.7	45	13.34
T 7	M_2A - BGL-X15490-3Y-0M	97.85	91.30	94.57	71.2	42.75	13.47
DW	Karim 80	100 66 Qx/ha	100 52.3Qx/ha	100	85	44.66	13.99
DW	Maghrebi 72	86.36	85.72	81.43	82.5	42.28	13.10
SW	Dougga 74	88.29	85.72	87.00	82.5	42.48	13.10
SW	Tanit 80	-	94.64		81.7	38.68	13.46

T = Triticale DW = Durum Wheat SW = Soft Wheat

Nouvelles Variétés de Blé Tendre:

(New varieties of Soft Wheat:)

Tanit 80 = T_{Z}pp-PLx7 C
CM5287-J-1Y-2M-2Y-3M-0Y(4bj-30bj-6bj-0bj)

Salambo 80 = Pato x cc - Inia
CM1021-7mb-14bj-4bj-0bj

Nouvelles Variétés de Blé Dur:

(New varieties of Durum Wheat)

Karim 80 = 21563-AA"S" x F_g"S"
CM 9799-126M-1M-4Y

Ben Bechir 79 = Stork"S"

Avoine:

(Oats)

Av. 3 = Tam312

Av. 8 = X851

Av. 14 = 734503-1

CEREAL IMPROVEMENT IN THE SEMI-ARID REGIONS OF TUNISIA

Amor Yahyaoui

The semi-arid regions of Tunisia cover parts of the northwest, the center, and parts of the south (see Figure 1). In these regions cereals are produced on a wide array of soils and under conditions of variable amounts of precipitation. The total area under cereal production in these regions varies considerably. This variation is highly dependent on the annual precipitation that occurs during the fall and early winter. Among the major cereals, barley is by far the most adapted to these semi-arid regions, but durum wheat is still the most cultivated cereal crop. Bread wheat covers a relatively small area.

In Tunisia, increased food production in the next decades can be obtained by increasing crop yields on land already under cultivati but a great reservoir of production capacity remains in the form of land areas which have stresses that either keep them out of productio or make them only marginally productive. Productivity on these lands may never be extremely high, but any production they can provide will help to achieve self-sufficiency in cereal production.

1. Climate

The semi-arid regions of the country, particularly the central area, are characterized by extreme temperature changes, hazardous

torrential rains, and by frequent early spring droughts. The annual rainfall generally varies between 150-500 mm and the distribution is quite variable. Figure 2 shows the monthly averages of rainfall and temperature for a period of 55 years (1901 - 1955) in the region of Le Kef. The annual distribution over the last four years at four different sites in the semi-arid region, is shown in Table 1. The variation in annual rainfall within this same region can be seen in Figure 3 in which Makthar is compared to Sbeitla based on 25 years of rainfall averages (see Figure 1 for geographical situation).

2. The Actual Status of Cereals in the Semi-Arid Regions of Tunisia

In the semi-arid regions of Tunisia, cereals are produced on relatively marginal soils that differ in texture, structure, as well as in profile. About 37% of the total cereal production area in the country is in the semi-arid regions (Table 2), within which durum wheat covers 54% of the land where cereals are grown, and is followed by barley (45%) then bread wheat that covers only about 1%.

Durum and bread wheats (particularly the new high yielding varieties) are produced on heavy soils and at the higher elevation sites such as Le Kef, Makthar, and Thala, which are also characterized by cold winters and higher average precipitation (Table 1). Barley and most of the local wheat cultivars are usually produced

on shallow and sandy soils in the regions of Sbiba, Foussana, Sbeitla and Sidi Bouzid. The production of these regions is still very low (13% of the national production) and the yields are relatively low especially for barley and the traditional wheat cultivars (Table 3). The actual yield of barley is about 4 Q/ha that of durum wheat is 3 Q/ha and 6 Q/ha for bread wheat (Table 4).

3. Cereal Improvement for the Semi-arid Regions.

In the northern region, experimentations with various agricultural practices: weed control, fertilization, crop rotation, cultivation, etc...coupled with intensive work on varietal improvement have resulted in improvement of the yields per hectare (Table 4) and consequently substantial contribution to relative increases in national production. However, no major attention was given to cereal improvement in the semi-arid regions where a relatively small increase in production will have a major impact on the country's economy.

Improving cereal production in the semi-arid region is quite difficult and complex, nevertheless much crop production in years ahead will need to come from land areas that are subject to production stresses, some so severe that crop production in these areas is quite variable and unpredictable. Certainly plant breeding is not a cure for all production stresses, but much progress can be made in developing stress tolerant varieties. The major contribution of the breeders will be to develop strategies in hybridization

programs, in managing the breeding nurseries, and in selecting the breeding lines. Thus our research efforts should include:

a) Development of efficient screening techniques: Efficient screening techniques are essential for evaluating the germplasm to identify the donor parents and for evaluating the segregating populations. In order to reduce the genotype x environment interactions we might consider selecting stable genotypes that interact less with the environments in which they are to be grown. If stability of performance, or the ability to show a minimum of interaction with the environment, is a genetic characteristic, then preliminary evaluation could be planned to identify the stable genotypes. However, selection for stability is not possible until a model with suitable parameters is available to provide the criteria necessary to rank varieties for stability. The use of genetic mixtures rather than pure lines varieties has been suggested as a means to reduce genotype x environment interactions.

b) Investigation into special problem areas: In the semi-arid region, improvement is sought in the following problem areas:

- Agronomic characteristics
- Drought tolerance
- Tolerance to adverse soils conditions
- Tolerance to temperature changes

- Disease resistance
- Quality

Agronomic Characteristics

Improvement of the yield potential--a most important trait--depends upon a set of plant characteristics that varies according to the conditions under which the wheat/barley is grown. For this part of the country we will be selecting for genotypes that have the following characteristics:

- Mid-tall plants with sturdy straw, adequate tillering abilities, lodging resistance, and capable of responding to fertilizers under good climatic conditions. The somewhat tall varieties (competetive with weeds) would be popular in the lowest rainfall area and where the soil fertility is low.
- Early maturing genotypes (short period from flowering to filling) would be adapted to the semi-arid region. Genotypes of medium duration (maturity) are prefered for the higher elevation areas.
- Stand establishment ability. Varieties that have a good early stand establishment would adapt well to the areas at high elevations. Those with a later stand establishment would be selected for the lower elevations areas.
- Response to planting date. Since planting date varies in

most cases according to the occurrence of the fall and winter rains, varietal response to planting date becomes very important.

- Grain threshability is another agronomic character requiring attention. Farmers hesitate to grow varieties which are difficult to thresh. However varieties with grain that shatters readily are unacceptable because of the serious grain losses that can occur before or during harvest.
- Tolerance to temperature changes. Tolerance to frost and low temperature is important in cultivars to be grown at high elevations. In some areas high temperature (sorroco) can affect the seed set and can cause sterility.
- Drought tolerance.

  Drought tolerance is essential for stable yields in nearly all cereal growing areas. Plant types with intermediate stature, early seedling vigor, and greater leaf area index are preferred for these situations.

CONCLUSION

Improvement of crop varieties and better management of the production environment must go hand-in-hand, so it follows the new varieties with the correct genetic make-up, are a prerequisite for a more productive and intensive agriculture.

We must keep in mind, though, that productivity in the semi-arid regions may never be extremely high, but any production they can provide will help to achieve self-sufficiency in cereal production in Tunisia.

TABLE 1: ANNUAL RAINFALL (mm) FOR FOUR DIFFERENT LOCATIONS (1978-1981)

Location / Year	MONTHS												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
Kef													
1978	22.8	87.1	79.1	50.0	46.8	1.3	0	9.5	2.5	31.4	30.2	12.3	373.0
1979	27.2	72.3	51.8	136.0	20.4	13.0	0	0	68.3	29.6	162.3	0	580.9
1980	30.2	25.5	61.2	59.3	26.0	6.2	0	16.5	62.0	19.3	24.3	78.5	409.0
1981	42.1	32.3	55.5	29.5	12.8	26.0	0	11.0	11.5	32.4	18.3	36.0	307.4
Average	30.6	54.3	61.9	68.7	26.5	11.6	0	9.2	36.1	28.2	58.8	31.7	417.8
Tadjerouine													
1978	18.5	51.5	76.0	42.0	37.5	0	0	16.0	0	30.0	27.3	10.8	309.6
1979	6.0	56.5	38.5	103.5	0	22.0	0	136.0	136.0	10.1	75.0	0	447.6
1980	26.0	12.0	50.5	47.3	29.5	0	0	0	81.0	0	32.5	71.0	349.8
1981	0	34.5	40.5	27.0	20.0	21.0	0	13.0	7.7	16.0	21.9	22.6	224.2
Average	12.6	38.6	51.4	54.9	21.7	10.7	0	7.2	56.2	14.0	39.2	26.1	332.8
Makthar													
1978	21.0	65.4	44.2	21.5	44.2	19.9	0	58.6	0	36.6	32.6	17.5	361.5
1979	16.2	67.3	32.8	78.9	33.2	28.7	0	21.8	86.2	33.2	136.1	1.5	535.9
1980	15.2	20.5	52.1	24.9	31.7	22.0	0	16.5	3.5	79.9	31.3	116.5	414.4
Average	17.5	51.0	43.0	41.8	36.3	23.5	0	32.3	29.9	49.9	66.6	54.1	437.3
Sbeitla													
1978	2.6	36.2	46.5	16.5	26.6	0	78.3	0	15.7	57.0	13.0	0	292.4
1979	3.9	35.4	60.5	50.5	15.0	15.6	0	40.7	111.6	23.4	0	20.0	376.6
1981	15.2	23.5	73.8	46.9	39.1	4.5	0	0	42.4	5.0	11.0	28.0	289.4
Average	7.2	31.7	60.3	37.9	26.9	6.7	26.1	13.6	56.6	28.5	8.0	16.0	319.5

Source: CRDA du Kef.

TABLE 2: AREA UNDER CEREAL PRODUCTION (1000 ha) 1/

a. DURUM WHEAT

REGION	Traditional Varieties	High-Yielding Varieties	TOTAL
Tunisia	520.7	254.7	775.7
Center and South	228.8	1.3	230.1
% of Total in Tunisia	43.9	.5	29.6
% of Total in Center and South	53.6	.3	53.9

b. BREAD WHEAT

REGION	Traditional Varieties	High-Yielding Varieties	TOTAL
Tunisia	26.7	51.1	77.8
Center and South	4.3	.4	4.7
% of Total in Tunisia	16.1	.8	6.0
% of Total in Center and South	1.0	.1	1.1

c. BARLEY

REGION	Commercial Varieties
Tunisia	382.3
Center and South	192.1
% of Total in Tunisia	50.2
% of Total in Center and South	45.0

1/ Source: Direction de la Planification, des Statistiques et des Analyses Economiques. Ministry of Agriculture. Tunisie. 1980

TABLE 3: TOTAL PRODUCTION (1000 q) 1/

a. DURUM WHEAT

REGION	Traditional Varieties	High-Yielding Varieties	TOTAL
Tunisia	3775.1	3638.2	7413.3
Center and South	673.4	10.0	683.4
% of Total in Tunisia	17.8	.3	9.2
% of Total in Center and South	44.1	.6	44.7

b. BREAD WHEAT

REGION	Traditional Varieties	High-Yielding Varieties	TOTAL
Tunisia	318.5	968.9	1287.4
Center and South	23.2	6.6	29.8
% of Total in Tunisia	7.3	.7	2.3
% of Total in Center and South	1.5	.4	1.9

c. BARLEY

REGION	Commercial Varieties
Tunisia	2958.1
Center and South	813.1
% of Total in Tunisia	27.5
% of Total in Center and South	53.2

1/ Source: Direction de la Planification, des Statistiques et des Analyses Economiques. Ministry of Agriculture. Tunisie. 1980

TABLE 4: YIELD (q/ha) 1/

a. DURUM WHEAT

REGION	Traditional Varieties	High-Yielding Varieties	AVERAGE
Tunisia	7.3	14.3	9.6
Center and South	2.9	7.7	3.0
North	10.5	14.3	12.3

b. BREAD WHEAT

REGION	Traditional Varieties	High-Yielding Varieties	AVERAGE
Tunisia	11.9	19.0	16.5
Center and South	5.4	16.5	6.3
North	13.2	19.0	17.2

c. BARLEY

REGION	Commercial Varieties
Tunisia	7.7
Center and South	4.2
North	11.2

1/ Source: Direction de la Planification, des Statistiques et des Analyses Economiques. Ministry of Agriculture. Tunisie. 1980

FIGURE. Semi-arid Regions of Tunisia

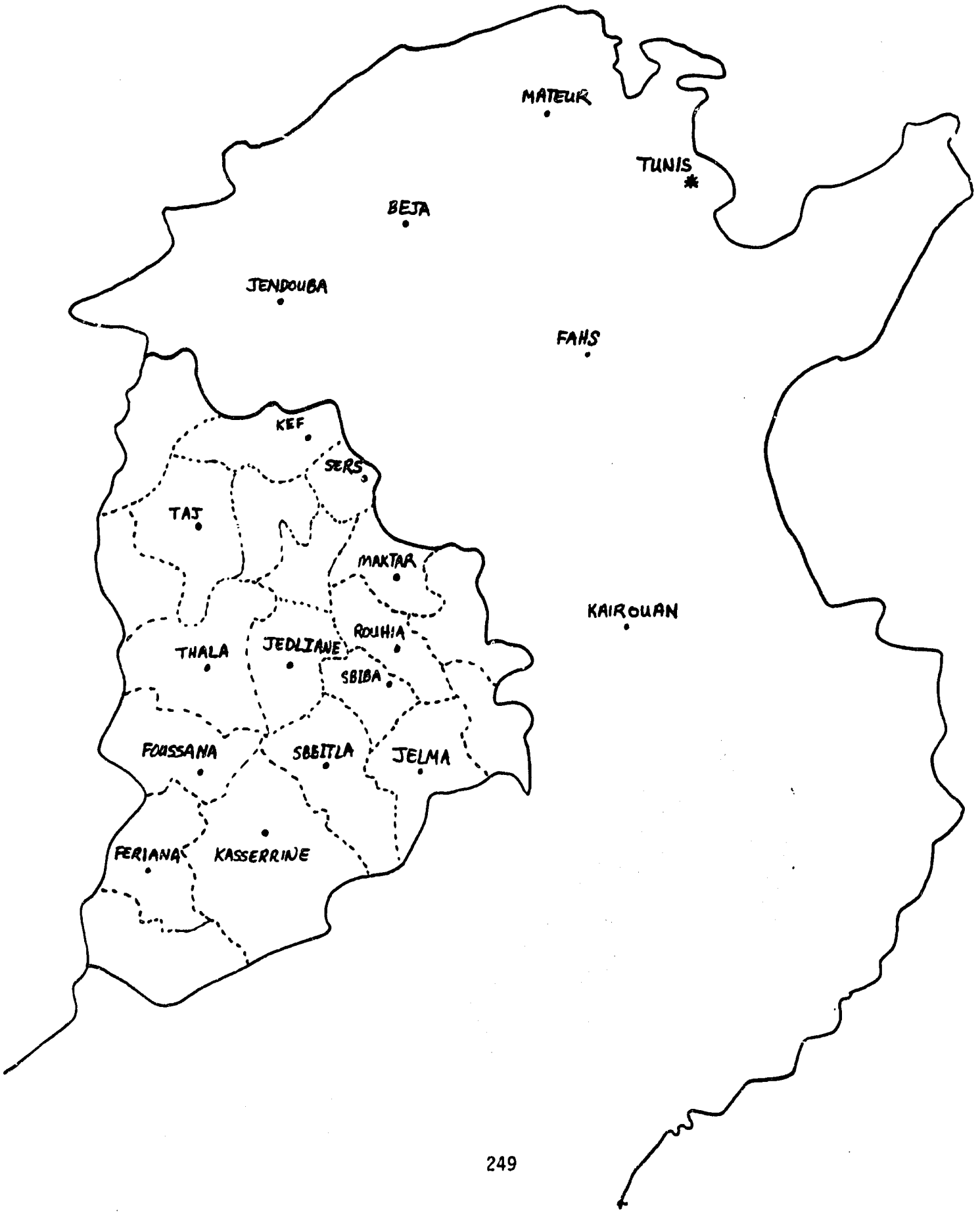
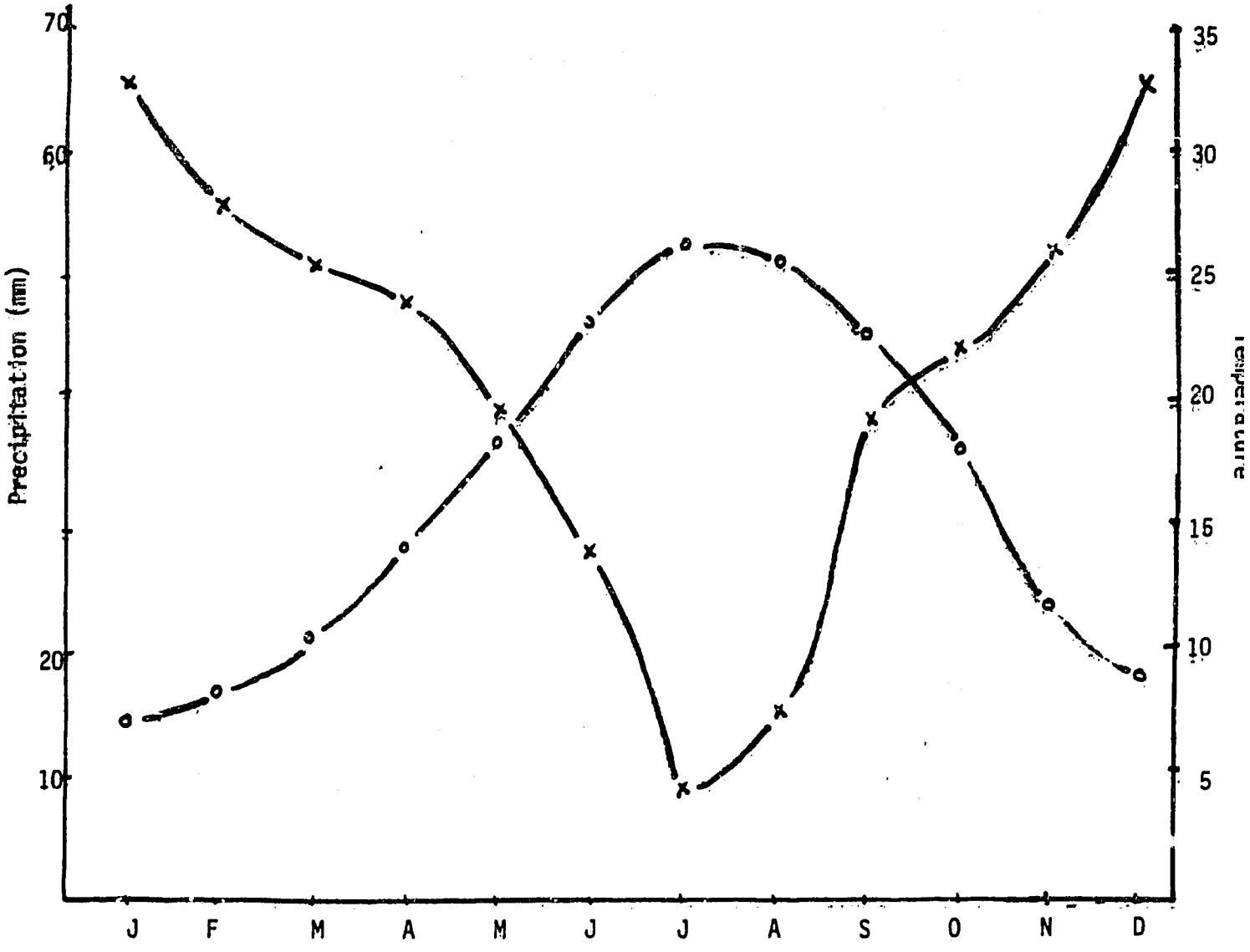


FIGURE 2. Precipitation & Temperature
55 year average
1901 - 1955
Kef, Tunisia

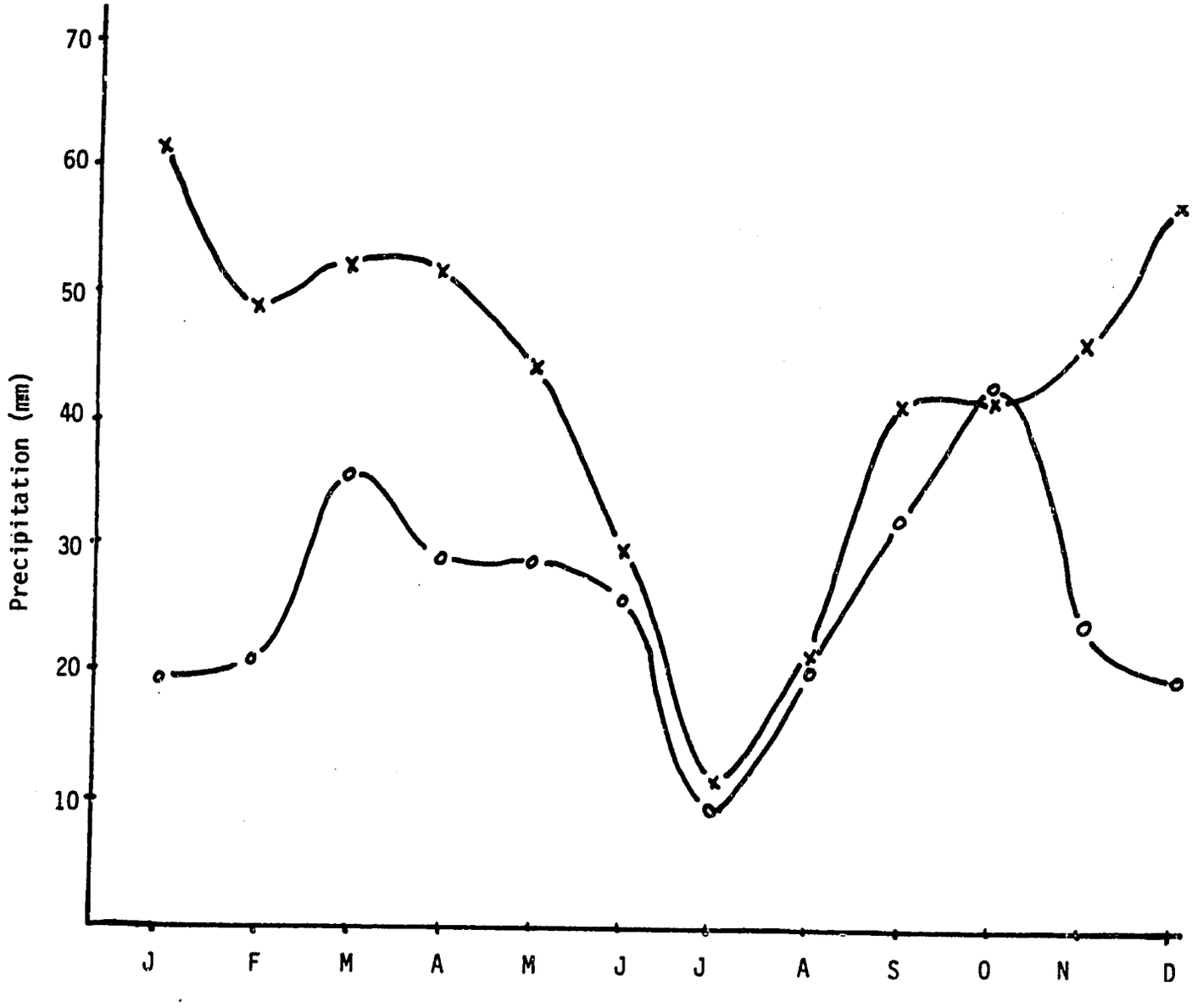


O - Temperature (°C)

X - Precipitation (mm)

FIGURE 3. Average Levels of Precipitation
Over 25 Years

- Makthar & Sbeitla, Tunisia -



X - Makthar
O - Sbeitla

STATUS OF CEREAL TECHNOLOGY IN TUNISIA

Ben Salem

PART I: ACTIVITIES OF THE CEREAL TECHNOLOGY LABORATORY

The activities of the laboratory of cereal technology cover three main areas:

- Common analyses of lines/varieties of the cereal breeding program
- Analyses for the private sector
- Research work or quality with the collaboration and participation of the industrial section.

A. Control Analyses (Table 1)

These analyses are conducted every year after harvest of the breeding material to be tested. Results are then given to the breeders as soon as possible, so that they can use them for planning the trials of the following season.

Results of the last three years have shown a great variability in some criteria which seem to vary with the location. The components that varied the most are:

- 1000 kernel weight
- test weight or specific weight
- total protein content
- the alveograph diagram

This variability can be used to classify the location according to its influence on a given component that is to be analyzed. At the station of Koudiat (Bou Salem) we observed the highest protein content; whereas at the station of Oued Beja the highest kernel weight and hectoliter weight were observed.

B. Collaboration with the private and semi-private sectors.

The laboratory tries to keep close contact with the organizations that are the primary users of the cereal flour such as the flour-mills, the bakeries, and others that are responsible for the distribution, the stockage, and the control

of the quality of the flour at the market level. This contact allowed us to be aware of the quality problems faced by the commercial sector. The outcome of this collaboration helped us to establish the following criteria in our program:

a) Participation of the laboratory in the establishment of the quality standard of the primary cereals and their derivatives.

b) The laboratory helps provide advice to the industrial sector in order to correct or improve some quality factors. At times cereals show a quality defect mainly after storage for a long period, some defects are also observed on the imported cereals.

Table No. 1: Quality analyses criteria for Durum, Bread Wheats, and Triticale (1)

DURUM WHEAT	BREAD WHEAT	TRITICALE
- 1000 kernel weight	- 1000 k. weight	- 1000 k. weight
- Test weight	- T. W.	- T. W.
- Protein content	- P. C.	- P. C.
- Yellowberry	- Alveograph	- Alveograph
- Pigmentation	- Flour yield	- Flour yield
- Semoulina yield	- Bread (baking)	- bread (baking)
- Spaghetti-making quality		
- Spaghetti-cooking quality		

(1) The barley program just started and we hope to establish contact with the breeders and start a barley quality analysis program.

C. Research Program on Cereal Quality

The objective of this program is mainly to choose quality criteria for durum wheat, bread wheat, and triticale.

1. Durum Wheats:

In addition to the regular analyses, we started to do some studies on the carotenoid pigment lost during the different steps of pasting. Color is also a very important selection factor for durum wheats. The biggest losses in these criteria occur during the kneading and pressing into a product. These losses vary with the variety.

2. Bread wheats:

a) Bread wheats that are to be used for bread making should have a protein content equal or greater than 9%. Optimum protein content is not known, but actually we are looking for higher protein content. Based on our work in the lab, tests have shown that for good bread quality, the optimum protein content lies between 12 and 13%. However these values do not necessarily represent the optimum nutritive value.

b) We have started a study on the variation of the grain ash level and its effect on the quality and purity of the wheat flour. This subject is actually a point of controversy between the flour mill organization and the quality control organization.

3. Triticale:

This cereal has been the subject of a detailed study. The next part covers the work that has been done in so far on the quality of triticales.

PART I - TABLE 2: EXAMPLE OF VARIATION IN TECHNICAL CRITERIA

(SOFT WHEAT 81)

REGION	BEJA				[illegible]				KOUDIAT				KEF							
CRITERIA / VARIETY	TW	1000 K Weight	Protein Content	W	TW	1000 K Weight	Protein Content	W	TW	1000 K Weight	Protein Content	W	TW	1000 K Weight	Protein Content	W	TW	1000 K Weight	Protein Content	W
F x A	83	48,8	13,20	203					85,5	49,9	15,56	336					84	49,3	14,42	269
TANIT 80	83,5	41,9	12,10	247	82	36,6	13,44	254	84,5	42,6	14,11	237	80	39,3	12,33	321	82	40,1	13,01	264
SALAMBO 80	83,5	39,2	11,61	170	83	35,7	12,72	202	[illegible]	[illegible]	[illegible]	213	80	[illegible]	12,53	[illegible]	[illegible]	[illegible]	12,51	[illegible]
ARIANA 66	84,2	42,7	12,92	270					84,3	43,9	15,00	237	80	34,0	12,40	267	83	40,2	13,[illegible]	258
DOUGGA 74	84,5	40,0	11,97	293					84,1	38,3	14,42	351	79,51	38,5	12,47	218	83	[illegible]	12,95	[illegible]
CARTHAGE	85,4	37,7	12,87	358					85,1	37,0	15,35	428	81	39,6	12,64	262	83	38,1	13,62	349
AVERAGE	84	49	12,47	256	82,5	36	13,00	228	84,7	42	14,64	300	80	38	12,43	258	83,0			

PART II: TRITICALE IN TUNISIA

- Is it possible to use it for human consumption?
- Actual and future status of Triticale

INTRODUCTION

Triticale is a new cereal made by man. It was made out of a cross between wheat (Triticum) and rye (secale). This cereal has shown good agronomic traits such as:

- Adapts well to tropical acid soils characterized by heavy precipitation and by the presence of some toxic mineral such as aluminum and copper.
- Tolerant to frost that occurs at early stages of the crop. (1)
- Resistant to lodging and diseases such as mildew, septoria, smut, etc. (2)
- Grain yield superior to that of wheat when grown on marginal soils (3). In Tunisia the observed yields of triticale were high (Table 1) and its disease resistance was very good (4).
- There has not been work conducted on triticale for its use for human consumption. We note that CIMMYT (5) and group of French scientists (6) have done some work on that field; and CIMMYT suggested the use of triticale for bread.

IS IT POSSIBLE TO USE TRITICALE FOR HUMAN CONSUMPTION?

We started some work on the use of triticale. We have been interested in two aspects: use of triticale by the bakery and grain quality.

I. Industrial Baking

In first step we proceeded by an industrial (panification) followed by a survey that included 50 persons. The criteria considered were:

- the color
- the texture
- the smell
- the taste

PART II - TABLE 1: RESULTS OF YIELD TRIALS ON TRITICALE IN TUNISIA 1/

N°	VARIETY	BEJA			P (2)	H
		Qx/ha	% T (1)	CL		
105	Maya II - Arm"s" x 2832 - 13N - 1M - 3N - OM	52.21	130.29	1	- 12	105
111	PSACUM	50.73	126.60	2	- 13	110
103	Maya II - Arm"s" - 2802 - 9N - 2M - 3M - 3M - 2y - OM	50.64	126.37	3	- 13	105
115	Maya II - Arm"s" x 2802 - 38N - 3M - 3N - ON	50.24	125.38	4	- 13	105
110	Maya II - Arm"s" x 2802 - F - 12M	49.77	124.20	5	- 10	105
116	(Maya II - Arm"s")^2 x 8266 - B - 6y 1M - OY -	48.62	121.33	6	- 13	100
106	Maya II - Arm"s" x 2832 - 24M - 3M - 8N - 1M - 1Y - 1M - 2Y - OM	48.24	120.38	7	- 13	10
108	NAVOJOA	47.98	119.74	8	- 12	105
114	Maya I - Arm"s" - x 2148 - 5N - 2M - 3Y - 2M - OY	47.46	118.44	9	- 14	110
123	Maghrebi 72 (Témoin blé dur)	40.56	101.22	21	- 8	80
122	Dougga 74 (témoin blé tendre)	40.07	100	22	0	95
124	Carthage 74 (témoin blé tendre)	34.15	85.22	24	- 5	85

1/ Results from the Genetic Laboratory.

This survey (Table 2) shows two major problems:

- a compact texture of the crumb
- an abnormal taste that remains after chewing.

PART II - TABLE 2: Results in % of the Survey on Bread Quality of Triticale

CRITERIA	APPRECIATION			
	VERY BAD	BAD	GOOD	VERY GOOD
Color	0	5.55	30.5	63.8
Texture	26.4	32.5	26.9	14.7
Smell	11.1	13.8	38.8	36.1
Taste	8.1	29.7	29.7	32.1

II. Experimental (Panification)

The objective is to correct the problems mentioned above. The test is run on 100 g. of mixed flour and the final sample has the following characteristics.

$W = 51$ $\frac{P}{L} = 3.83$ Ashes in %/dry matter = 0.7

$L = 18.01$ $G = 10$

In this experiment we observed changes in the following criteria:

1) fermentation time
2) mixing time
3) yeast concentration
4) water absorption
5) We studied effect of some additives:
   a) Without additives (check)
   b) + margarine
   c) + milk

d) + sugar

e) + ascorbic acid

f) + (sugar + margarine + milk)

6) Study of the effect of mixing with bread wheat flour at the following levels: 25%, 50%, 75%.

Improvement of the volume was significant only for the fermentation time, the water absorption and of the sugar as additive. The "coupage" (cutting before baking) has improved the texture and the appearance of bread.

PART II - TABLE 3: "Coupage" effects on bread quality expressed by the volume in cc.

TR 25-35	T	25%	50%	75%
201	345	400	397	357
207	350	395	390	395
219	390	425	445	425
220	350	400	420	420

III. Study of flour Characteristics of Triticale

1) Alveographe (chopin) analysis.

The alveographic analysis has shown that the flour is characterized by a low W and the ratio of the configuration which tends to be rather tenacious than elastic.

2) Gluten analysis

The gluten content of triticale flour is lower than that of bread wheat (Table 4). Whereas the protein content of triticale is equivalent to that of wheat (Table 7).

PART II - TABLE 4: Gluten content Variation of Triticale as Compared to Bread Wheat

Variety	% Gluten (humid)	% Gluten (dry)	% H_2O
Triticale	16.11	5.60	10.52
F x A	27.90	8.80	19.09
Ariana 66	24.32	8.57	15.75

IV. Actual Status of Triticale in Tunisia (Quality)

The analysis of 80 samples of triticale grown in two sites (Beja, Mateur) have shown the following results. (Tables 5, 6 7).

a) The specific weight and the 1000 kernel weight remain low.

b) Total protein content are equivalent or slightly superior to wheat.

c) A net improvement in the W was observed.

PART II - TABLE 5: Variation of the 1000 kernel weight in %.

1000 K	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55
%	3.94	26.3	21.0	28.9	19.7

PART II - TABLE 6: Variation of the Specific Weight in %

Test Weight	67-69	69-71	71-73	73-75	75-77	77-79
%	1.3	18.42	30.26	27.63	19.73	2.63

PART II - TABLE 7: Variation of Protein Content in %

Protein in %/dry matter	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
%	5.26	27.63	32.8	27.6	5.26

V. Discussion of the Results

Triticale flour can be used in bread making if it is mixed with 25% of bread wheat flour with an adjustment of the mixing of fermentation time. The defects of the triticale flour might be result of quantitative and qualitative defects of its gluten. These results suggest the following:

1) The total protein content of triticale are mainly made of soluble elements such as albumine and globuline.
2) Glutelines proportion of the gluten exceed 25% which make it more tenacious. In equilibrium the gluten should have 25% of glutelines (tenacity) and 75% of Gliadines (elasticity).

CONCLUSIONS

For the common quality analysis of the breeding lines we intend to do more qualitative work. We'll be selecting lines that have high amino-acids content especially Lysine-Methionine-Cystine.

For the triticale we'll be focus more on studies of the gluten. The triticale varieties that have high gluten % are of interest to the cereal technology and thus for their use in the bakery.

REFERENCES:

(1) Cerès No 77 (Vol 13, No. 5) 1980.

(2) CIMMYT Review (1980) pp 60-61.

(3) La Meunerie Française (1978) No 337 pp 10.

(4) Rapport d'Activité de la ferme modèle et démonstrative de Frétissa: Campagne 77-78 - 1ère partie: Généralités - Cultures.

(5) BORLAUG (1978) : Introduction au programme du Blé CIMMYT Review pp 74.

(6) HERSANT P. et MARCHONJ M. (1981) : Valeur d'utilisation du triticale et de ses débouchés possibles dans les industries de cuisson. Ind. des Céréales No. 10 pp 13-23.

BARLEY IMPROVEMENT PROGRAM OF INRAT

El Faleh Mouldi
Ahmed El Ahmed

In Tunisia the rainfall and its distribution vary quite highly within years and within regions. In the northern regions where the rainfall varies between 400 mm and 850 mm, wheat crops are more important than barley crops. Barley is still grown under adverse conditions of soil and humidity and it is always grown after wheat or forage. In the marginal area of the center and the south, barley is more important than wheat.

The barley improvement program of INRAT has been discontinued since 1970. Now because of the research efforts we are trying to identify high yielding cultivars to increase production and reduce the adverse conditions effects.

Table No. 1 shows the variation of barley and wheat crops in the North and the Center-South of Tunisia since 1975-76.

With the significant help of I.C.A.R.D.A. (International Center for Agriculture Research in the Arid Area) we accomplished an ambitious barley program:

- A barley program for the North of Tunisia is conducted at Beja, Bou Salem and Mateur
- A barley program for both the Center and the Northwest is conducted at Kairouan (Hindi Zitoune and Houareb) and at Kef (Boulifa and Tadjerouine).

The barley program for the North has the best lines of barley in the yield trials. These lines have been selected at Beja for their high yields, their tolerance to lodging, and for their disease tolerance (oïdium, Helminthosporium, Rhynchosporium, loose smut and brown rust).

These promoting lines are planted in four advanced yield trials at Beja and Bou Salem. We note that we achieved 15 preliminary yield trials of barley at Beja. The best lines among those will be planted next year in the advanced yield trials.

The program for the Center and the Northwest is accomplished for both regions (Center and Northwest) and has three advanced yield trials

TABLE NO. 1

Year	NORTH			CENTER AND SOUTH			TOTAL		
	Area (1000 ha)	Production (1000 tons)	Yield (kg/ha)	Area (1000 ha)	Production (1000 tons)	Yield (kg/ha)	Area (1000 ha)	Production (1000 tons)	Yield (kg/ha)
1975-76	136	110	809	294	140	476	430	250	581
76-77	151	86	570	230	9	39	381	95	249
77-78	160	100	625	240	50	208	400	150	375
78-79	168	120	723	232	80	349	400	200	500
79-80	180	153	850	180	67	372	360	220	611
80-81	170	186.2	1095	273	83.7	307	443	270	609

of barley lines. Some barley lines seem to be tolerent to droughts and to different disease in the center of Tunisia (covered and loose smut, oïdium, helminthosporium). For the Northwest (Kef), tolerance to low temperature is a determinant criteria.

We also have put together a barley nursery known as T.B.O.N. (Tunisian Barley Observation Nursery) which includes this year 596 lines selected from the nurseries supplied by ICARDA and CIMMYT (Centre International d'Amélioration de Blé et du Mais). We also note that these nurseries and trials have been planted at four different sites so that an efficient selection can be realized. Likewise we had during 1980-81 one barley breeding nursery at Beja and we selected 148 lines which will be F_1 this year.

The breeding nursery includes high yielding lines and lines which have excellent agronomic type and tolerance to disease and lodging.

The disease for which there is a lack of natural inoculum we applied artificial infection with yellow rust and Rhynchosporium at the nursery of Mateur.

In the Center of Tunisia we applied an infection with covered smut.

Compared to the traditional varieties Martin (6 rows) and Ceres (2 rows), some barley lines and varieties show better tolerance to adverse climatic and soil conditions, and yielded better than the traditional cultivars.

Table No. 2 shows the promising lines for the North of Tunisia: Beja and Bou Salem (1980-81).

Table No. 3 shows the promising lines for the Center of Tunisia (Kairouan) (1981).

These lines were made available to the "Office des Céréales" for seed multiplication and to use them in their agronomic trials.

TABLE NO. 2

Varieties or Pedigrees	BEJA			BOUSALEM		
	Yield (kg/ha)	Check	Days	Yield (kg/ha)	Check	Days
ER/Apam	5180	131.47	120	3910	134.92	122
CM67/SV Mari CMB-72-140-87-1B-0Y	5208	123.33	118	4055	139.92	119
HP 119/7	4413	130.33	119	3912	112.12	116
CLIPPER	4036	119.25	127	4463	154.00	122
WI 2231	4233	125.01	121	4395	125.97	119
Cérès (Témoin)	3386	100	124	3489	100	122
Martin (Témoin)	2978	100	130	2195	100	128

Distribution of Barley Program in Tunisia, 81-82

Location	AYT-N				AYT-C			P Y T					AYT-Alepo Exp.1-10	RBYT	IBYT	TBON	BON	EBON	PCO	KLBN-B	TCB	RCB	MCB	F1	F2					F3	F4	F5	PM
	1	2	3	4	1	2	3	5	6	7	8	9													RSP Alep	RSP JSR	SXS	SXV					
Béja	×	×	×	×				×	×	×	×		×	×		×	×				×	×	×	×					×	×	×		
Bou Salem	×	×										×																					×
H.Zetoune					×	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×	×						×				×	×	×		
El Kef					×	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×								×		×	×	×	×		
Tdjerouine					×	×	×									×																	
Houareb					×	×	×									×											×						
Mateur																×				×													
Bourbiaa																×																	
Fahs*														×			×					×											
Magrine*														×								×											
IRA																×																	

* ICARDA Nurseries with the Office des Cereales

Table No. 3 shows the promising lines for the Center of Tunisia (Kairouan), 1981

TABLE 3:

Variety or Pedigree	Yield (Kg/ha)	%/Check	Season (days)
Composite 29	3826	127.95	114
WI 2198	3312	110.76	106
Heines Standard	3382	122.82	118
Beecher	2917	108.20	98
Martin (Check)	2990	100	118

These lines were made available to the "Office des Céréales" for seed multiplication and to use them in their agronomic trials.

CEREAL CERTIFICATION AND FOUNDATION SEED PROGRAMS

Don Brewer

Johnnie Douglas in his book entitled "Successful Seed Programs" states that seed is essential to the survival of mankind. Seed stores the highest genetic potential that science can develop and is a vital ingredient in modern agriculture. Seed is programmed like computers to hold and give back specific characteristics. Seed of improved varieties permits a farmer to produce a larger crop with more of the qualities he desires. This seems to summarize very, very well the importance of seed. However, with all of the importance that Johnnie places on the seed, often it appears that after the variety has been developed, the concern for the seed is one of the last items that has been thought of. The point here is that often after the release of a variety by a plant breeder, how that variety is to be maintained is not considered. The three essential reasons for a program are: 1. The variety is soon lost if it is not maintained, 2. Too few people are benefitted by the new variety if there isn't some sort of a maintenance and distribution program, and, 3. The variety soon turns into an inferior product, with the result being the breeder getting the blame instead of the praise.

There are several look-a-like varieties today and the possibility of identifying these, either in the field or after harvest, is becoming difficult or impossible. In addition, there is limited knowledge about varietal identification by the use of seed characteristics. This being the case, measures must be taken to maintain varietal purity. Thus, seed certification programs should be developed for every country.

The purpose of certification as it is popularly thought of today is to provide a service for the maintenance and increase of quality seed of varieties grown and distributed. This is done in such a manner as to insure varietal purity through the appropriate application of rules and techniques.

During the past 75 years programs have been worked out that will guarantee the maintenance of genetic quality of varieties. When we talk about varieties we will define these as an assemblage of cultivated individuals that is distinguished by any characters, be they morphological, physiological, cytological, chemical or others significant for purposes of agriculture, forestry, or horticulture and which when reproduced retain their distinguishing features. These programs that have been formulated all employ the use of techniques for maintaining the genetic purity and mechanical quality of our certified seed.

I will list the techniques used to certify seed:

1. Proper variety
2. A generation system
3. Field history
4. Field inspections
5. Mechanical seed standards.

Varieties Certified: To maintain the genetic quality of a variety, the variety should be examined thoroughly to ascertain that it is stable. By stable we mean that the variety when grown does not exhibit variability or off-type. The variety should certainly be uniform. Additionally the variety should be unique in that it must be different than all existing varieties.

Generations: The standard nomenclature for the four generation sequence is Breeder, Foundation, Registered,and Certified. Breeder Seed is defined as being the original source of all classes of certified seed. It is directly maintained and controlled by the originating plant breeder or institution and provides the direct source of the next generation which is called Foundation. Foundation Seed is produced from fields planted with breeder seed. The harvesting of fields planted with Foundation Seed then produces Registered Seed and when Registered Seed is harvested this becomes Certified Seed. Normally there is no further generation beyond the fourth class or Certified. Most cereal varieties follow the four generation program inasmuch as they are normally self-pollinated annuals. The number of generations that a plant breeder wishes for his particular variety is left to his discretion.

Field History: Obviously, if we are going to avoid contamination, the land that the seed is to be planted on must be free of volunteers of the same kind. The field history requirements for various crops will vary depending on how long seeds of these kinds will live in the soil and still remain viable. However, for cereals it's generally agreed that a two year period is needed to avoid contamination. This is true when we're talking about dry land conditions. If we are speaking of irrigated, or high rainfall areas then quite often a year is all that is required in order to arrive at volunteer-free land.

Field Inspection: Cereal fields normally require only one field inspection. This usually takes place about the time that the field turns a golden yellow. Ideally two inspections should be made, one during the heading period so that an examination can be made for the presence of smuts and again after the field has turned

color. If only one inspection takes place, it should be at the time when a field inspector can make a determination of the head shape, size, and color. Depending on the sophistication of the seed certification programs, the requirements will vary as to the maximum amount of other varieties allowed, the maximum amount of other small grains that would be allowed, and the smuts and ergot that might be present. At this inspection an inspector can limit the amount of weeds.

After the field inspection has been completed and the field has met the requirements, an additional inspection may be employed of examining the machinery used in the harvesting of the certified fields.

Mechanical Quality Standards: The seed laboratory makes the determination of the mechanical purity. The laboratory determines the amount of pure seed, other distinguishable crop that is present, inert matter, the presence of smut balls and weed seeds and certainly the viability of the grain itself. The presence of noxious weed seed can be determined at this time.

Some tests can be performed at the laboratory for the determination of off-type or other variety. The sophistication of the seed laboratory is a limiting factor. The results of the tests are used in the determination of whether certification is to be continued. The results are also used by the grower of the seed for determining the price that he is to receive for the seed. If the requirements have all been met, the seed is tagged and sealed in such a manner that it is readily identified as certified.

Foundation Seed

Let us go back to maintenance of foundation seed stock. As indicated, foundation seed stocks represent the direct increase of breeder seed and are the basis for for the production of registered and certified seed on a commercial scale. The importance here is that adequate precautions should be taken to prevent varietal deterioration. Varietal deterioration comes about through many causes, 1. mechanical mixtures, 2. natural crosses, 3. mutations, 4. gene frequency changes caused by random genetic drift and selection, 5. gene frequency changes caused by selection pressure by the breeder or maintainer, and 6. loss of heterozygosity. In some cases a country may wish to maintain control of all foundation seed of those varieties which the breeding institution originates. This may be done by forming an organization to maintain the production of foundation seed. They can grow this Foundation seed on their own government land or they may choose only those growers who have the seed growing capabilities and the facilities. It should be remembered that the foundation seed program must be of such a size as to insure annual production of

sufficient high quality commercial registered and certified seed for planting the national acreage desired. Provisions should be made for a reserve of foundation seed to guard against crop failure. The importance of a specific variety in assuring a maximum return for most crops justifies careful attention to maintaining a seed reserve. It is important that a foundation seed program recognize certain basic principles. Number one of these is that every qualified seed grower should have an opportunity to obtain foundation seed or its immediate progeny at a reasonable cost. Two - there should be no monopoly in access to foundation seed. Three - the seed should meet high standards (purity and germination), and four - the end result of commercial certified seed production based on the foundation seed program should be good seed and enough seed at a reasonable price. Seed producers are encouraged to use these foundation seeds for the production of registered or certified seeds on a quantity basis.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT CERTIFICATION SCHEME (OECD)

OECD is an international program with membership limited to national governments of participating countries. The objective of the OECD cereal seed scheme is to encourage the use of seed of consistently high quality in participating countries. The scheme authorizes use of labels and certificates for seed produced and processed for international trade according to agreed principles. Parenthetically I would say that the OECD scheme offers an excellent way for a nation to short-cut the establishment of a foundation seed and seed certification program. If the nation so desires, they can contract with another certification agency (called the designated authorities under the OECD program) for the production and maintenance of certain varieties under the OECD scheme. This is a quick way for a nation to get involved in the production of high genetic quality material without themselves having to form a certification and foundation seed organization. The OECD scheme is open on a voluntary basis to all members of the organization as well as other countries being member countries of the United Nations organization. If a country participates in the scheme, it is obliged to insure that the rules of the scheme are strictly observed.

The scheme is based on the following principles: It includes only those cultivars which are officially recognized as distinct and having an acceptable value in at least one country. The names of these cultivars are published in an official list. All the certified seed produced must be related directly through one or more generations to authentic basic seed of the cultivar. The number of generations permitted for the cross-fertilizing species rye (secale cereale) must be strictly limited. The main factor determining the standard of certified seed is the varietal purity of basic seed and for this reason special tests for basic seed are prescribed.

Satisfactory conditions for the production and processing of basic and certified seed must be insured and verified by field inspection and post control tests. Post control tests are conducted to ascertain that the scheme is operating satisfactorily, in particular these tests are intended to determine that the characters of cultivars have remained unchanged in the process of multiplication and to enable the trueness to cultivar and varietal purity of individual seed lots to be verified. The success of the scheme depends upon the maintenance of a very close cooperation between breeders and the designated authorities in participating countries. I would like to add that there are a few things unique about the OECD program that are different from the program as was previously described. The first item to keep in mind is that the OECD program is just for varietal purity only; this means that the mechanical purity, that is the purity and germination, is not considered in the OECD program. And,also,the designation of categories of seed or generations of seed as we previously described them is basically the same, although they use a different nomenclature. In the case of the OECD program, the breeder seed is called pre-basic seed, the foundation equivalency in the OECD program is called basic seed, and then the basic seed produces certified seed in both programs. And,of course,as already mentioned, there is a program for the growing out tests to compare the foundation seed or basic seed with the certified production and this can be carried out in either the originating country or the country in which the breeders seed is being maintained.

In summary we have taken a look at the need for a certification program in a country, mainly to help maintain and distribute the variety once it has been released by the plant breeder. We have looked at the importance of the foundation seed program maintained primarily by the country or with strict controls imposed by the country. Then with limited resources, a country may wish to go out of their country and obtain varieties of certified seed either foreign or domestic varieties. This is suggested when it is not possible to conduct a foundation seed and certified seed program within the country where the variety is released.

SEED PRODUCTION AND MULTIPLICATION EN TUNISIA

Mouldi Ghanmi

I. INTRODUCTION

Producing seeds, especially wheat seeds, is of fundamental importance in Tunisian agriculture. In effect, and since the creation of the wheat project in 68/69, Tunisian authorities worrying about furnishing farmers with quality seeds have elaborated a program based on:

1) Research and the creation (development) of high yielding varieties.

2) The experimentation and popularization of newly created varieties to the farmers.

3) The elaboration of a national program for seed production and this by intermediary of institutes specializing in seed multiplication.

4) The establishment of a system of control and certification to guarantee the authenticity of varieties and the cultivation value of seeds produced and commercialized.

II. SCHEME OF PRODUCTION AND SEED MULTIPLICATION

To start with seeds belonging to varieties created by INRAT (National Institute of Agronomy Research of Tunisia), wheat for example, a certain quantity is delivered to multipliers to obtain seeds of the first multiplication which are currently called SM1 and SM2. The squares of multiplication are controlled by INRAT. The multipliers (COSEM, CCSPS) confine the production

of SM1 and SM2 to the multiplier farmers in view of their multiplication within the context of the national program of seed production. The needs are defined by a technical committee comprised of the "Office des Céréales," INRAT, the multipliers and the "Direction de la Production Végétale".

The multiplication scheme can be summarized as follows:

III. CONTROL AND CERTIFICATION OF SEEDS

The law No. 76-113 of November 25, 1976, and subsequent texts permit the organization of the production sector and the commercialization of seeds. In virtue of these texts, the "Direction de la Production Végétale," through the "Laboratoire de Contrôle des Semences" (Seed Control Laboratory), is charged with the controls and field inspections of multiplication. The control is based on 4 steps:

(1) Inspection of the check samples of lots to certify.

(2) Field inspections at the beginning of tillage and before maturity.

(3) Inspection at the laboratory concerning the specific purity, the germination faculty, etc., of the seeds from the multiplication sites.

(4) Lastly, a post-control field inspection of lots that have already been certified.

According to this scheme of certification, we control annually 15,000 ha of seeds belonging to the category of "Certified Seed" and 1,000 to 1,500 ha of seeds belonging to the category of Foundation Seed ("Semences de Base").

The production of certified seed during the last few years varied between 180,000 to 200,000 Qx in good years and 125,000 to 130,000 Qx in bad years.

Quality control imposed on the production of certified grain seed takes into effect the following norms:

- Minimal specific purity = 98%
- Minimal germination faculty = 85%
- Number of grains tolerated for a 500 gr. sample:
  - Avena sterilis = 0
  - Lolium rigidum = 1
  - Phalaris rigidum = 1

IV. UTILIZATION OF SELECTED SEEDS IN TUNISIAN AGRICULTURE

1) Cereal Seeds

The production and multiplication of improved cereal seeds, notably wheat, constitutes more than 70% of seed activity in Tunisia.

In effect, research programs instituted several years ago have put 8 varieties of durum wheat (*Triticum durum*) and 6 varieties of soft wheat (*Triticum aestivum*) at the disposition of farmers.

2) Seeds belonging to Other Species:

The Direction of Vegetable Production ("Direction de la Production Végétale") has tried to institute programs for the multiplication and certification of several species of forages and vegetable crops. Unfortunately these efforts remain limited due to the lack of interest by the multipliers and seed producers who prefer to depend on foreign importation of "Standard" and "Commercial" seeds.

GRADUATE TRAINING PROGRAM

Warren E. Kronstad

The International Winter X Spring Wheat Improvement Program has three major focuses. The first is the development of agronomically superior genetic strains for distribution to the developing countries. A second phase involves indepth symposia where various aspects of cereal production are discussed with research and extension personnel within a specific country. A graduate training program leading to the M.S. and Ph.D. degrees in plant breeding and genetics represents the third major aspect of the program. Of the three activities, the graduate training program perhaps will have the greatest long-term benefit. To summarize the philosophy of this program, one needs to quote a Chinese proverb which states, "If you give a person a fish, he will nourish himself for a day; but if you teach a person to fish, he will nourish himself for a lifetime." Certainly, it is the intent of the graduate training program to share appropriate technology and to teach others to produce more food on a given hectare of land.

Frequently students from abroad require special training in English. At Oregon State University there is the English Language Institute which provides excellent training for students to gain the necessary English proficiency prior to starting their academic program. Many students, regardless of their TOEFL English score, find it very advantageous to spend at least one quarter in the English Language Institute prior to starting their formal program. In developing the graduate student's academic program, flexibility is available so that an individual's program can be tailored to meet specific professional needs. However this is done without reducing standards or sacrificing the quality of the educational program. When developing the graduate program it is also important to emphasize that this educational experience particularly for agronomists from abroad, be meaningful. It would be ludicrous to emphasize the electron microscope, when in fact people are going hungry in many countries of the world. Also as a part of the graduate program, emphasis is placed on the development of a professional attitude; the ability to identify researchable problems; the importance of the scientific approach to research; and integrity in reporting research results.

Students must also realize the importance of maintaining a high degree of dedication if in fact we are to help win the battle between food production and an ever increasing population.

In attempting to develop a graduate program to fit the needs of the local countries, it has been possible for several students to do their thesis research in their own countries. For example, four students have completed their research on wheat in Mexico at CIANO, the research center located near Ciudad Obregon. Another student, working with rice, completed his Ph.D. research at IRRI, the International Center in the Philippines. Even when the thesis research is conducted at Oregon State, emphasis is placed on the appropriateness of the research to the student's professional goals. For example, several students have worked on the problem of aluminum toxicity which is a major limiting factor in both rice and wheat production on many of the acid soils throughout the world. Currently these scientists are employing this technique as part of their overall research plans in their respective countries. Regardless of whether one is discussing the courses to be taken or thesis research, emphasis is placed on food production so the student does not lose sight of what the most important goals should be.

These young people will also be expected to carry leadership roles in their respective countries, therefore leadership skills need to be developed. This is done in a number of ways. One is to assign each student some responsibility within the winter x spring breeding program. They are then expected to discuss that phase of the program before farmers and visiting scientists. They are also assigned people to work under their direction to further emphasize their leadership skills and more importantly getting along with others. Within the project there are two different types of seminars which are also designed to further enforce the leadership skills. One seminar is jointly held with the faculty and students. Here various topics ranging from how to breed the ideal wheat plant to the role of pesticides in the hungry world are discussed where each student is expected to take a leadership role in these kinds of discussions. A second seminar is conducted by the students themselves. Various topics related to their course work or

bringing together concepts which may cut across disciplines are discussed and each student in turn will take a leadership role in leading these discussions. In addition to these leadership skills, it is also important to appreciate the philosophy of the techniques used in the extension service because oftentimes these students must also fulfill the role of extending the technology they have developed to the farmers. Interaction with farmers at field days and visits with farm families provide the student an acute awareness of the problems that farmers face.

It is important that these students know that there is dignity in human sweat. A plant breeder or general agronomist really only makes his contributions while in the field. One simply cannot put a white lab coat on and sit at a desk and expect to develop good cultivars or new production techniques to increase food production. It is also recognized that graduate training is an interpersonal relationship. Each student is considered a member of the research team and as such his contributions to the overall accomplishments achieved by the program are clearly identified. It is equally important that once a student has graduated from the program that a continued association be maintained. This is done by a newletter entitled "Gleanings" which is sent out twice a year to all former students and associate faculty describing the various current happenings within the project. Also, because of the international program which allows several of the staff to travel in various countries, it is possible to stop by and assist a former student by giving encouragement and support when possible.

We are extremely proud of those students who have participated in this project. To date, 66 scientists from many different countries, have completed either their M.S. or Ph.D. degrees in the program. Many have made and are making significant contributions in their own country programs and several are now our cooperators in evaluating the winter x spring screening and yield trial nurseries. Again, a proverb perhaps is most in order as one views the graduate training program, "If you are planning for tomorrow, plant a seed, if you are planning for a generation, plant a tree, if you are planning for a lifetime, plant an idea." It is the basic concept and philosphy of the graduate training program to plant ideas so that very gifted and bright young people are armed with the necessary tools to develop and disseminate the necessary appropriate technology.

THE WINTER X SPRING WHEAT IMPROVEMENT PROGRAM

W. L. McCuistion

The concept of crossing the two diverse winter and spring wheat gene pools is not new. Wheat varieties from such crosses were developed as early as 1924. A few specific wheat varieties from winter x spring crosses including the pedigrees and year of release are listed in Table 1.

TABLE 1. WHEAT VARIETIES FROM WINTER X SPRING CROSSES

Year	Variety	Winter Parent		Spring Parent
1924	Ridit	Turkey	x	Florence
1924	Reliance	Kanred	x	Marquis
1933	Rex	White Odessa	x	Hard Federation
1934	Thatcher	Iumillo Kanred	- -	Marquis x Marquis
1942	Federation 41	(Martin x White Federation)	x	Federation 6
1950	Norin 10-Brevor	Used as source of dwarfism in spring wheats.		

International cooperative cereal research at Oregon State University (OSU) began in the mid-1960's when Dr. Kronstad became involved in the introduction of Mexican semi-dwarf cultivars into Turkey. Dr. Bolton and other OSU staff members moved to Turkey to assist in development of a cereal research program and the

training of Turkish staff. A close working relationship was established with the Turkish Government, OSU, Rockefeller Foundation, USAID (United States Aid for International Development), and CIMMYT (International Center for Improvement of Maize and Wheat). In 1976, CIMMYT asked OSU to develop a winter wheat germplasm center to compliment their spring wheat center. A U.S. Aid for International Development contract has supported this exciting and rapidly expanding program.

The overall objective is to increase wheat production in winter rainfed areas. Specific objectives of the program are: 1) to create genetic variability, 2) to exchange germplasm with cooperating programs, 3) to exchange information, and 4) to establish lines of communication between wheat breeders. The close linkage between OSU and CIMMYT serves to fulfill the specific objectives in creating and providing diverse germplasm, information, and interacting with cooperators throughout the world.

During the past year, OSU International Winter x Spring Wheat Program distributed 30 sets of F_2 populations consisting of 100 entries. The International Winter x Spring Screening Nursery consisting of 220 to 250 entries is sent to 110 locations in 51 countries. The 25 highest performance lines from the screening nursery are placed in an International Winter x Spring Replicated Yield trial and presently distributed to 15 selected

sites for further evaluation. Specific instructions are provided for planting the nurseries, recording disease and agronomic data, and return to OSU for computer analysis. All of the data are reported in a results booklet and immediately returned to the cooperators. The major diseases reported and summarized are: Puccinia striiformis, Puccinia recondita, Puccinia graminis tritici. Septoria sp, and Erysiphe graminis tritici. Several entries expressing combined resistance for the three rusts are listed in Table 2.

TABLE 2. CULTIVARS IN THE 8TH IWSWSN RESISTANT TO THE THREE RUST SPECIES

Entry	Pedigree
33	RBS/ANZA/3/KVZ/HYS//YMH/TOB
51	AU/SN/3/MD*2/VG8316
73	ND/CI13438//CJ, F_1/3/CTFN*3/JN
87	55-1744/PI//237-20/KVZ

It is interesting to note that the Russian varieties Kavkaz (KVZ) and Aurora (AU) occur in three of the four entries. These varieties have been observed to maintain an acceptable level of resistance to the rust species and combine well with other cultivars.

Entries in the screening nursery were also evaluated for all characters reported at all locations. Those cultivars selected in the 8th IWSWSN for superior performance are presented in Table 3.

TABLE 3. CULTIVARS SELECTED IN THE 8TH IWSWSN FOR SUPERIOR PERFORMANCE AT ALL LOCATIONS REPORTING

Entry	Pedigree
17	ROM F 9-70//CNO/GLL
21	BHR//CNO/GLL
30	CLLF/BEZ//SU92/CI 13645/3/NAI/4/EMU
46	F115-72
48	AU/CO 652337

Probing the gene pools of the genetically diverse winter and spring wheats in hybrid combinations is definitely providing exciting germplasm for cooperating programs.

A direct result of the winter x spring program is the wheat cultivar abbrevation list. This is a standardized, computerized alphabetical listing of wheat cultivars being used in wheat breeding programs throughout the world. It is not meant to be an exhaustive list of all known cultivars. The list is updated, reprinted,and distributed to all cooperators and others upon request.

The OSU cereal research program has gradually moved to a computerized system. The role of the computer is: 1) record keeping, 2) data analysis, 3) international nurseries and 4) information storage and retrieval. At the present time, a germplasm bank is being developed to store the diverse collection of cultivars. A 90-gram sample of each of 1500 cultivars has been cataloged in a long-term storage facility and a history of the known observations for each cultivar has been programmed into the computer. The collection will be increased as additional cultivars with known strengths are identified. The collection has been restricted to winter and winter x spring cultivars. By the fall of 1982, it will be possible to quickly and efficiently retrieve the seed and information for a group of cultivars for a given trait that may be requested by a cooperator. We consider the computer to be an effective tool to assist us in efficiently operating our cereal program.

THIRD CYCLE TYPE RESEARCH ON CEREAL IMPROVEMENT IN I.N.A.T.

H. Ketata and A. Daaloul

I.N.A.T. started providing a third cycle graduate training program in 1976. This program was aimed at training agronomists with a sound scientific base necessary not only to carry out research work, but also and mainly to solve production problems. The graduating agronomists should have a generalized and realistic view of actual problems related to the needs of the country in the different agricultural subsectors.

While the first graduating class (1976-78) had only 3 students in the "Phytotechnie" section, the current one (1982-84) has 13. An important portion of the student's work entails in the first year formal course work as well as applied laboratory work. In parallel, the student, advised generally by one or two professors, begins a research theme on which he continues work for a mean period of two years.

A number of students have chosen the following themes, related to cereals:

- Yellowberry of durum wheat.
- Combined usage of barley for grains and forage.
- Cereals resistance to dry conditions.
- Genetic and environmental factors determining the protein content of durum and soft wheats.
- Influence of seeding rates and dates on yield and yield components of wheat.

Only the first of these five themes has been the object of a thesis presentation. The main conclusions of this work are that yellowberry is a physiological phenomenon determined by the genotype and influenced by the environment. It implies in practical terms a decrease in the semolina yield, which lowers the quality of durum wheat and hence a decrease in the price received by the farmer. The study has shown that nitric fertilization can help avoid or reduce the risk of yellowberry.

The second theme will be presented at the end of April 1982 by a student supervised by two professors in charge of the biometrics and

forage production laboratories. The student has shown that barley, cultivated under Tunisian conditions, can be exploited in two ways during one cropping season, i.e., for forage and for grain production. An adequate choice of varieties and an appropriate management of the forage production can help obtain higher grain yields as well as the production of good quality forage.

The preliminary results of the third study indicate that water use depends on the species (soft wheat, durum wheat, triticale), on humidity conditions (40% C.A.C. and 80% C.A.C.) and that the best yield does not correspond to the maximum of water consumption.

The other themes are still under study and they will be presented during 1983 by the students involved.

Parallel to these studies, others have been started a few years back and will provide students with potential themes of interests. We will give as examples:

1. A study of tillering of durum and of soft wheats.
2. A genetic study on the components of soft wheat yield.

The first study has shown that soft wheats used are characterized by a higher tillering level as compared to durum wheats. Seeding rates experiments conducted over three years have shown that tillering can be modified by the seeding density without a notable effect on grain yields. An increase in the seeding rate increases tillering, may decrease the number of grains per spike, but does not appear to influence the weight of 1000 grains.

The second study concerns a diallele with five strains of soft wheat and it has shown that the genetic action mode involved in the genetic control of the number of grains per spike, of the plants' height and of the weight of 1000 grains is essentially additive, while the one relative to the grain yield is of a non-additive kind. These results are of a preliminary nature and the same diallele experiment is repeated in 1981 still under a low seeding rate and in 1982 under normal and low seeding rates.

It should be noted that research work under the third cycle program of INAT is in general conducted by students concerned with

obtaining objective and precise results in a minimum of time. They are hence more efficient and less costly than if they were conducted by technical personnel of an average level of expertise. The results of this work feed both research and training. For example, instructors have to update their bibliographical knowledge relative to various subjects. The cereals improvement specialist will find in them some answers to problems of a practical or of a theoretical nature, and to which he has little time to devote. For example, the knowledge of the type of genetic action that determines a particular characteristic will help him in choosing the appropriate improvement technique.

It should also be noted that research work on cereals in INAT have always been conducted with the collaboration and aid of other institutions of the Ministry of Agriculture, namely INRAT, the Office of Cereals and E.S.A. Le Kef. We hope that this collaboration will be reinforced because it can be very beneficial to Tunisian agriculture.

CEREAL PRODUCTION TECHNIQUES UNDER SEMI-ARID CLIMATIC CONDITIONS

Floyd E. Bolton

INTRODUCTION

Cereal production under semi-arid or dryland conditions throughout the world and especially in Central Tunisia is always characterized by at least two climatic conditions: (1) limited or low rainfall which restricts the production potential and (2) widely variable rainfall and temperature conditions from season to season.

There are two more factors or conditions which also must be recognized if a cereal production researcher is to be successful; i.e. the local cereal farmer is probably producing reasonably close to his potential based on: (1) his present knowledge of cereal production techniques and (2) within the limits of his current resources.

Therefore, to increase cereal production under dryland conditions the program must include:

(1) cropping techniques that make the maximum efficient use of a limited water supply;

(2) the cropping system must be adaptable to variable climatic conditions;

(3) the information and techniques must be transferred and demonstrated to the local farmers;

(4) the farmer-cereal producer must have access to the resources required (varieties, fertilizers, herbicides, equipment, etc.) to apply the improved practices.

POTENTIAL YIELD AND ACTUAL YIELD

Each environment has a certain potential yield depending upon the climatic and topographic features that are present. There is little one can do to change the potential yield under dryland conditions. However, in most situations in both developed and developing countries, the "actual yield" is well below the "potential yield." It is this "yield gap" that concerns the cereal farmer and researcher. Before proceeding further, we should define the terms "potential yield," "actual yield" and "yield gap" more precisely as follows:

> Potential Yield: The maximum yield of a crop that is technically feasible within reasonable economic limits in a given environment. The yield limits are imposed by the environment.
>
> Actual Yield: The yield of a crop that is determined by the interaction of its genetic characteristics with the environment in which it is subjected. The yield is limited by the production techniques.
>
> Yield Gap: The difference between potential yield and actual yield. This difference may be due to both biophysical constraints (missing inputs) and socio-economic constraints (inputs available, but not used or inputs not available).

From the above definitions, it is apparent that the "yield gap" is the aspect that concerns the constraints in cereal production.

Socio-economic constraints are a major part of the yield gap and unless these constraints are removed, the agronomic constraints will probably not be removed either. The combination of socio-economic and agronomic into a single production system will greatly narrow the gap between "actual" and "potential" yield.

An important concept in determining yield constraints was developed over one hundred years ago by Justus von Liebig and is still applicable today. Liebig used this principle to illustrate yield limits due to nutrient deficiencies but it applies equally well to cereal production practices.

Principle of Limiting Factors: The level of crop production can be no greater than that allowed by the most limiting of the essential plant growth factors.

If one can determine the most limiting factor in a cropping system and then the next, and so on, then it removes the hazard of introducing a new practice that fails to give a yield increase. This requires an extensive and carefully planned field research program.

WATER USE EFFICIENCY (W.U.E.) IN DRYLAND FARMING SYSTEMS

Dryland farming systems revolve around the principle that water is the main limiting factor and to increase or maintain an

adequate yield level one must maximize the water use efficiency for crop production.

There are two things that must occur in order to utilize the limited moisture supply to achieve increased crop production: (1) increase the amount of water stored in the soil and reduce losses due to evaporation and transpiration; (2) make maximum use of the stored water and subsequent precipitation by management of cropping practices geared to the prevalent climatic conditions. The former is related to tillage and moisture conservation practices and the latter is concerned with crop management practices specifically tailored to fit the available and anticipated moisture supply to achieve maximum economic crop production.

FALLOW-CROP vs ANNUAL CROPPING SYSTEMS

The use of fallow-crop rotations as a farming system is widely practiced throughout the world in low rainfall regions. This method has not been without its critics because of the supposed inefficiency of soil moisture storage during the fallow period. The storage efficiency usually ranges between 15 and 35 percent of the total precipitation that occurs during the fallow period. The critics point out that this is a terrible waste of a much limited resource. However, the fallow system is a time-honored method of producing grain in the subhumid and semi-arid areas of the Middle East. The method seems to have been regularly employed in the Tigris-Euphrates delta as far back as 2400 B.C.

In more recent times, the fallow-crop rotation for producing cereal grains in the U.S. has become widespread. In 1900, there were about 2 million acres of fallow land in the United States. The area steadily increased, until in the 1970's, there were more than 40 million acres in fallow, mostly in the 17 Western States (Haas, et al., 1974). At present, in semi-arid regions, fallow-crop rotations constitute the major cropping system for cereal production. The practice is still controversial, mostly among professionals, because of the inefficiency in soil-water storage and some of the wind and water erosion problems associated with fallow. The fallow system in low rainfall zones continues to be used extensively despite its critics. Recent innovations in stubble-mulch tillage has alleviated some of the

erosion problems and increased moisture storage. The widespread and persistent use of the fallow-crop rotation throughout the world, and particularly in semi-arid regions, requires that this farming practice receive serious attention in the future Farming Systems research programs.

Examples of the increase in grain yields, and consequently increased W.U.E., are shown in Table 1. The Central Great Plains region is characterized by a spring-summer rainfall pattern and moderate summer temperatures, as contrasted with the Pacific Northwest climate with a winter-spring rainfall pattern and moderate summer temperatures. The difference in precipitation patterns and season temperatures is reflected in the W.U.E. values of the two regions. It should be noted that the W.U.E. was greater in every location under the fallow-crop rotation.

Improved soil and crop management techniques and better adapted varieties have shown even greater increases in W.U.E. during the past 20 years (Table 1). Greb, et al. (1974) indicated four probable reasons for the increased yield and W.U.E. for the Central Great Plains regions: (a) increased soil water storage in fallow resulting from improved stubble-mulch management and weed control; (b) improved planting equipment that permits deeper penetration to adequate seed-bed water, even under relatively dry surface conditions of 8-10 cm depth; (c) improved wheat varieties; and (d) increased use of commercial fertilizers on those soils known to be deficient in nitrogen and phosphorus. Professional agronomists and cereal breeders in this region estimated the credit for the yield increases to be as follows:

Improved water storage in fallow, 40 percent;

improved wheat varieties, 40 percent;

improved planting equipment, 10 percent;

use of nitrogen and phosphorus, 10 percent.

One of the advantages in the fallow system is the release and accumulation of nitrate nitrogen which greatly reduces the need for supplemental fertilizers (Olson et al., 1953). The use of nitrogen fertilizers can substantially reduce the yield advantage of fallow vs annual cropping systems as shown in Table 2. However, in terms of W.U.E. and the economics of producing cereals in this region, the fallow-crop system still holds the advantages.

It is estimated that a fallow-crop rotation needs only to produce 170% of the annual cropping system to be economically equal in terms of profit margin. In regions with less than 500 mm annual precipitation, the yield difference under a well-managed fallow system is usually greater than 170% of the annual cropping system.

Another important factor to be considered is the stability of a cropping system. Small, poor farmers cannot afford a crop failure. Smika (1970), in a study comparing 27 years (1940-1967) of fallow-wheat with continuous wheat under semi-arid conditions, showed the fallow system did not have a crop failure, whereas continuous wheat failed more than 30% of the time. The average W.U.E. was 80% greater for the fallow system when the annual precipitation was between 246 and 430 mm. At least 580 mm of annual precipitation was required before annual wheat with nitrogen fertilizer used water as efficiently as fallow-wheat without added nitrogen.

Smika (1970) also showed that in this semi-arid region, average fallow-wheat yields without added nitrogen were 2.6 times greater than annual wheat yields with nitrogen. He concluded from this long term study that, in all aspects, the fallow winter wheat cropping system was much superior to an annual winter wheat cropping system and was necessary for stable winter wheat production under semi-arid conditions in the Great Plains of the United States.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF FALLOW

The advantages and disadvantages of fallow vs annual cereals in the United States may not always apply to other wheat-growing areas of the world. In areas with relatively mild winters and long periods of high temperatures during the spring and summer, it may not respond as readily as described above. In the spring wheat-growing areas of the Northern Great Plains of the United States, the fallow system does not show as great an advantage. For example, the winter wheat fallow period is only 14 months, the stubble is upright during the single winter and by the next spring, rains tend to keep fallow fields from wind-eroding, although some water erosion may occur. For spring wheat, however, the fallow period is 18-21 months, with two winters and little or no soil protection during the second winter. It is during the second winter and spring of fallow that the erosion potential of spring wheat reaches its maximum.

The advantages of winter wheat fallow are: (a) increases soil water storage; (b) has a stabilizing influence on grain yields;

(c) increases W.U.E.; (d) releases nutrients (especially nitrogen) by mineralization, requires less fertilizer; (e) allows for more timely cultivation; (f) fewer field operations per unit of grain produced; and (g) allows a higher net profit per unit area.

Disadvantages include: (a) may enhance erosion; (b) tends to deplete organic matter and reduce overall fertility level; (c) may intensify leaching of some nutrients below root zone (only in higher rainfall sites).

The advantages far outweigh the disadvantages in areas where fallow for winter wheat production is used properly.

SOIL MANAGEMENT FOR MOISTURE CONSERVATION

Even though fallow-crop rotations have been used in the Middle East region since ancient times, the grain yields in many areas are well below the potential. The adoption of a particular cropping system, whether it be an annual or fallow-crop rotation, does not guarantee success. The conservation of soil moisture requires close attention to management of the land from harvest to harvest. The traditional use of fallow land as "weedy" pasture during the non-crop period is widespread. The value of the crop aftermath, volunteer cereals, and weeds as forage for animals is difficult to assess. However, if the farmer's goal is increased grain production, then changes in the traditional use of the fallow are required.

In the Anatolian Plateau of Turkey, soil management trials during the fallow conducted during the past decade (Bolton, 1973; Hepworth, et al. 1975; Guler, et al. 1976) have shown it is possible

to substantially increase yields of winter cereals by improved methods. The trials included several types of implements such as moldboard plow, disk plow, sweep-chisel plow for initial tillage, and sweep plow and harrow and rodweeders for secondary tillage operations. None of the particular tillage implement combinations showed an advantage in yield over another when used in a proper and timely manner. However, those implements which leave most of the crop aftermath on the soil surface reduced wind and water erosion hazards. The main effect on grain yields as compared to farmers' fields, was the timeliness of tillage operations, particularly initial spring tillage, weed control, and seedbed preparation.

In adaptive research trials conducted on farmers' fields at several locations for 4 years, the grain yields were 80 to 90% higher than the adjacent fields. The methods used in adaptive research trials were not radically different from the former methods with regard to implement used or number of tillage operations, except in time and manner of operations. This fact led to relatively rapid adoption of the improved tillage methods.

Improved soil management that increases soil water storage and reduces evaporation will not of itself increase grain yields. If not followed by good crop management techniques, the advantage of increased moisture supplies is often lost. In the trials mentioned above, the best available information gained from crop management trials was used to make maximum use of the moisture supply.

CROP MANAGEMENT AND WATER USE EFFICIENCY

Yield potential in dryland areas is limited by the moisture supply, but the actual yield level obtained is limited by the production techniques. Yield levels in the dryland cereal regions of the world in both the developed and developing nations can be substantially increased if more efficient use is made of the admittedly limited moisture supply. Some of the more critical crop management factors that affect the efficient use of limited moisture supplies are:

1. Weed control
2. Stand establishment
3. Plant nutrient-moisture balance
4. Adapted varieties
5. Plant populations and spacings

WEED CONTROL AND WATER USE EFFICIENCY

Although control of weeds is not directly related to management factors affecting water use efficiency of the crop plant, such as variety, stand establishment, and moisture-fertilizer balance, it certainly has an important role in water availability. Any living organism that uses water (and all do!) and under conditions of limited moisture supply, will reduce the economic yield in direct proportion to the amount of water used. Under adequate moisture levels or irrigation where water is not the major factor limiting the yield potential, some weeds may be tolerated without loss of economic yield.

Generally speaking, the more limited the moisture supply, the more critical adequate weed control becomes. Hepworth et al. (1975) has shown that even under poor soil and crop management, timely chemical weed control resulted in large yield increases. With improved crop management and good weed control practices, the increase in grain yield averaged about 33 percent (Figure 1).

Weed control alone increased the grain yields about 64%, but at a yield of only 1.54 MT/ha at a low level of management. Under good soil and crop management, a certain amount of cultural weed control is achieved so that the addition of chemical control during the crop growth period did not show as great a yield increase. However, in total yield, increases due to weed control under improved management averaged 0.8 MT/ha as compared to about 0.5 MT/ha yield increases under poor management.

STAND ESTABLISHMENT AND WATER USE EFFICIENCY

The term "stand establishment" is used in this paper in preference to the commonly used terms such as seeding date, planting date, or date-of-seeding. These latter terms describe the actual time the seeds are placed in the soil, but do not necessarily insure that the following events result in an established stand. Too often a date-of-seeding trial is presented in the literature with no reference to time of emergence, crown root development or the appearance of tillers. All the above events must occur before one can accurately state that a stand has been established.

Time of Stand Establishment

In dryland cereal-producing areas with a winter precipitation pattern, optimum time of stand establishment may have a considerable effect on water use efficiency (in relation to economic yield) by ensuring that the growth of the crop is adjusted to the available soil moisture. The data in Figure 2, which are averages of many trials over a period of years, show the optimum range for stand establishment in eastern Oregon. A number of the early trials reviewed showed no differences in yield due to planting date. Closer inspection of the data showed that in many cases the seeds were placed in dry soil for several dates before a significant amount of precipitation occurred. In these cases, the date of seeding may have differed by 2 to 4 weeks but the time of emergence was the same. Since the introduction of deep-furrow drills and the placement of seeds into moist soil from the previous fallow, the data have been more consistent and represented different dates of emergence.

Long-term observations (Bolton, 1976, unpublished data) of precipitation in relation to grain yields at 3 locations in the Pacific Northwest, have shown that whenever significant rainfall occurred during the period of optimum stand, established (September 15-October 15) grain yields were significantly higher. This apparently was the result of adequate soil moisture for emergence and subsequent plant development before low winter temperatures occurred. As soil moisture conservation practices improved and deep-furrow drills were introduced, the seeding into residual moisture became a standard practice. However, there are still seasons when the moisture level

for seeding is at too great a depth even for the deep-furrow drill. Often, the time of seeding is delayed beyond the optimum range, waiting for adequate rainfall. In most instances, this results in reduced yields because the plants are not adequately developed before cold weather begins. Pehlivanturk (1975) showed that time from emergence (after adequate moisture was present) to crown root development and tillering was greatly increased after soil temperatures reached a certain range. A critical soil temperature-plant development situation occurs when the mean soil temperature reaches a certain level. This study indicated that when the mean soil temperature at seeding depth dropped below 10°C, the length of time for seedling development of crown roots and/or tillers was dramatically increased. The number of days from emergence to tillering were 28, 51, and 125 from October 1, October 15, and November 1, respectively. The mean soil temperature at seeding depth for these planting dates was 16, 9, and 5°C, respectively.

Seeding into dry soil is risky and presents problems with crusting after rains and sometimes weed control. However, reductions in yield and late stand establishment are well documented and consistent. The risk in reduced yields from crusting or weeds is not predictable. It would seem that timely seeding under dry soil conditions outweigh any advantages in waiting for adequate moisture to wet the seed zone.

MOISTURE-FERTILIZER BALANCE AND WATER USE EFFICIENCY

In areas of limited precipitation, a balance nutrient supply enables the crop to make more efficient use of the available moisture

supply (Arnon, 1975, 1972; Olson, et al., 1964). The recommended use of fertilizers is the most economical way of increasing crop water use efficiency (Viets, 1962, 1967, 1971, 1972). It has been demonstrated that a nutrient deficient plant, even though it is not growing or growing slowly, is using water at about the same rate as a nutritionally balanced plant, yet will produce considerably less yield (Asana, 1962; Aspinall, et al., 1964; Brown, 1972; Leggett, 1959). Some recent information by Aktan (1976) has confirmed these findings and indicates that different levels of soil moisture at seeding require different levels of applied nitrogen in order to balance the moisture-nitrogen supply for maximum water use efficiency. An example of this study is shown in Figure 3. These data show that water use efficiency can be decreased markedly by both a deficiency or an over-supply of nitrogen. It is also shown that a barley crop uses both water and nitrogen more efficiently than wheat, at least in this region.

The highly variable moisture conditions that are typical of dryland regions requires that fertilizer requirements be tailored to the prevailing moisture supply if the best efficient use of water is to be accomplished. In addition, different soil management methods, such as bare fallow, stubble mulch minimum tillage or no-till (chemical fallow) systems may require different levels of nitrogen to reference the proper moisture-fertilizer balance (Brown, et al., 1960; Greb, et al., 1967; Koehler, et al., 1967; Oveson and Appleby, 1971). The amount of plant residues left on the soil surface or mixed in the

upper few centimeters can have a large influence on the amount of nitrogen available to the crop plant (Leggett, et al., 1974; Smika, et al., 1969; Smika, 1970). Generally, the more surface residues present, the more nitrogen is required to balance fertilizer needs with the moisture supply.

Even though nitrogenous fertilizers receive the major emphasis, other fertilizer elements play an important role in increasing the water use efficiency. Phosphorous, potassium, sulphur, and the other minor elements required for plant growth and development must be present in the proper available amounts or yield levels are reduced (Brown, et al., 1960; Brown, 1972; Gardner, 1964). These other fertilizer elements are not as dependent on the moisture supply as is nitrogen, but unless present in the proper available form and amount, will have a profound effect on the water use efficiency.

ADAPTED VARIETIES FOR DRYLAND CEREAL PRODUCTION

A key element in increasing the W.U.E., thereby increasing economic yield, is the use of the best adapted variety which is presently available. All cereal breeding programs have similar goals, i.e., increasing yield potential and quality, maintaining resistance to pests (insects and diseases), lodging, shattering, and other agronomic characters. Resistance or tolerance to drouth and heat is sometimes included among the breeding goals, but are much more difficult to select for.

The selection for varieties with high yielding potential and resistance to the prevalent crop pests has been very successful in

the past two decades. In many cases, the potential for yield under adequate moisture levels greatly exceeds the moisture availability in the dryland cereal regions. Many of the varieties with high-yielding potential under adequate moisture levels have also produced higher yields under limited moisture conditions. Breeders have long recognized that selection for drouth tolerance or heat resistance is extremely difficult because there are no suitable selection criteria presently available. Selection in early generation material under dryland conditions is very risky because of the extreme variability from season to season (Hurd, 1971). As a consequence, many breeders have resorted to testing larger numbers of later generation lines in the dryland areas, hoping to isolate types that are better adapted to drouth conditions. This approach has been generally quite successful in the Pacific Northwest of the United States.

An example of the progress made in varietal improvement for dryland conditions is shown in Table 3 and Figure 4. These data represent grain yields from standard variety trials grown under a fallow-crop rotation in which the variety Kharkof was present as the long-term check variety. The trials were conducted on the Lind Dryland Research Unit, Lind, Washington, and the Columbia Basin Agricultural Research Center, where the annual rainfall averages about 240 and 400 mm, respectively. A standard meteorological station is located at each experimental site. Since improved varieties are constantly changing over a period of years, the grain yields represent those varieties which were the most widely grown

commercially during each period of time. For example, at Lind, Washington, during the period 1931 to 1952, the varieties grown commercially in this region were Turkey, Rio, Rex, and Elgin. During the period 1953 to 1974, the most widely grown varieties were Omar, Moro, Gaines, and Nugaines.

At the Lind site, the increase in W.U.E. for grain yield averaged about 99% for the past 22 years when compared to the previous 22-year period. This increase can be separated into three categories: (1) increase due to improved varieties (17%), (2) increase due to improved soil and crop management (69%), and (3) the increase due to the interaction of improved varieties and improved soil and crop management (13%). This region is the lowest rainfall region for cereal production in the United States. The value of improved varieties does not show as great an influence on grain yields as improved crop management, when considered alone. However, when the influence of improved varieties is added to improved crop management (17% + 13%), an overall increase of 30% in W.U.E. is achieved. In the more arid cereal-producing regions, it appears that crop management plays a more dominant role than improved varieties. However, to gain maximum benefit, both elements must be incorporated in the production system.

As the precipitation increases, the roles of improved varieties and improved crop management shift in emphasis as shown by the data in Table 3 and Figure 4 for the Pendleton location. The increase in W.U.E. due to improved varieties is almost twice (32% vs 17%) that

shown for the Lind location. In addition, the effect of improved crop management is less than half (69% vs 28%) that of the lower rainfall zone at Lind. This indicates that varietal improvement plays a larger role in W.U.E. under more favorable climatic conditions. The interaction between improved varieties and improved crop management shows about a 9% increase in W.U.E. as compared to a 13% increase in W.U.E. at the Lind location.

The overall W.U.E. in terms of grain produced per unit volume of water received was about the same for both locations, i.e., 5.20 and 5.16 kg/ha-mm for Pendleton and Lind, respectively. This indicates that both locations are producing at about the same level of W.U.E. but at different yield levels because of the large difference in precipitation. The advantage of using the best adapted varieties for maximum W.U.E. and increased grain yield level is clearly indicated in these data.

Plant Population and Stand Establishment

The optimum number of plants per unit area to obtain maximum economic production varies widely in different environments. Under well-watered or irrigated conditions, the plant population per unit area above a certain minimum number seems to have little or no effect on the subsequent yield (Donald, 1963). With limited moisture conditions, the plant population and distributon can exhibit substantial influence on the water use efficiency and the subsequent grain yield (Harper, 1961).

In cereal crops, adjustments in plant populations and distribution, because of the methods of seeding and nature of the crops, must be made either within rows or between rows. Increasing the distance between plants within the rows and reducing the distance between rows to achieve a more uniform distribution over a unit area may defeat its purpose under limited moisture conditions. Brown and Shrader (1959) showed that plants with little competition in the seedling stage tend to produce excessive vegetative growth and deplete soil moisture that could be used for grain production at a later date. Larson and Willis (1957) concluded that to gain maximum benefit of a limited moisture, the intra-row population should be at a level great enough to provide adequate competition in the seedling stages to prevent excessive growth and moisture use and that the inter-row spaces be adjusted to fit the moisture supply. This proposal is generally contrary to the usual practice in many dryland areas of the world, including both developed and developing countries. Seeding rates and row spacings have been traditionally used for two purposes which are not actually related to the best plant population for maximum yield. (1) Seeding rates within the row are usually greater than necessary in order to provide ground cover for wind and water erosion control. (2) Close row spacings are often preferred to provide greater competition for weeds that may grow between the rows. These concepts may have been partially successful in their purposes, but undoubtedly contribute to reduced grain yields in many

seasons. The work of Arnon (1972) and Arnon and Blum (1964) suggests that better use of a limited moisture supply is possible with more careful attention to the plant population and distribution in dryland regions.

Many studies conducted in several different dryland regions of the world have shown that seeding rates can be reduced and row spacings increased without reducing, and many times increasing, grain yields (Alessi et al., 1971; Bolton, 1973; Guler, 1975; Wilson, 1969). Reasons for not using more carefully adjusted seeding rates and row spacings are many and varied but none seem to be related to more efficient use of moisture. There is considerable evidence that varieties differ in their response to seeding rates and row spacing in different climatic zones (Guler, 1975). He found that some varieties had different optimum plant population numbers at each location, while other varieties responded about the same at a given seeding rate over several locations.

SUMMARY

To optimize the use of water and nitrogen under rainfed conditions with a limited moisture supply, primary attention must be given to the efficient use of water. This may be accomplished in two ways: (1) increase the supply available by storing the maximum amount in the soil profile by improved tillage and moisture conservation practices, (2) make maximum efficient use of the stored water and subsequent precipitation through improved crop management practices.

As the water use efficiency increases, the response to nitrogen fertilizers will improve and be reflected in higher crop yields.

Variation in seasonal precipitation typical of semi-arid, rainfed regions requires that fertilizer applications be based on current moisture supplies rather than long-term averages.

Rainfed crop production has been most successful when the "package of practices" approach has been used. This means that the best combinations of tillage for moisture conservation and seedbed preparation, selection of adapted varieties, optimum planting and rates and dates, fertilizers applied at the proper rates and times in relation to moisture supplies, timely weed control in both fallow and crop seasons and harvesting methods are used. The timing and application of the various components of the package is very important and may vary from one locality to another. The proper package of practices must be determined by extensive, applied field research conducted over relatively long periods of time. Each element in the production package must be done in the right sequence or the advantage of other elements is often lost. For example, if an improved variety is introduced without the addition of weed control or fertilizers or better seedbed preparation, oftentimes the old, local variety will still yield as well or better. If fertilizers are introduced as an improved practice and weeds left uncontrolled, the weeds may respond more to the increased fertility level than the crop, and may in some cases actually reduce yields. If improved initial tillage practices are introduced, but secondary tillage for weed control and seedbed preparation are neglected, the end result may be worse than the traditional method.

The development of a complete production package in the developing countries is not generally possible in the immediate future. Many of the resources (equipment, herbicides, fertilizers, etc.) are not presently available and require considerable time and investment to develop. However, if certain elements of the production package are properly applied and in the right sequence, substantial yield increases are possible. The key to increases in crop yields involves sorting out those practices which give the greatest benefits and can fit into the local traditional systems. As other resources become available and additional field research is conducted, the other elements of the production package can be applied.

REFERENCES

Aktan, Selman. 1976. Nitrate-nitrogen accumulation and distribution in the soil profile during a fallow grain rotation as influenced by different levels of soil profile moisture. M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis.

Alessi, J. and J.F. Power. 1971. Influences of method of seeding and moisture on winter wheat survival and yield. Agron. J. 63:81-83.

Arnon, I. 1975. Physiological principles of dryland crop production, pp. 3-145. In: Physiological Aspects of Dryland Farming, GUPTA, U.S. (ed.), Oxford & IBH, New Delhi.

Arnon, I. 1972. "Crop Production in Dry Regions" (2 vols.), Leonard Hill, London.

Arnon, I. and A. Blum. 1964. Response of hybrid and self-pollinated sorghum varieties to moisture regime and intra-row competition. Israel J. Agric. Res. 14:45-53.

Asana, R.D. 1962. Analysis of drought resistance in wheat. Arid Zone Res. 16:182-190.

Aspinall, D., P.B. Nicholls and C.H. May. 1964. The effect of soil moisture stress on the growth of barley. I. Vegetative development and grain yield. Aust. J. Agric. Res. 15:729

Bolton, F.E. 1973. Soil and crop management research at the Wheat Research and Training Center: October 1970 to August 1973, Ankara, Turkey. Termination Report to Rockefeller Foundation and Oregon State University under RF-OSU (RF70011).

Brown, D.A, G.A. Place and J.V. Pettiet. 1960. The effect of soil moisture upon cation exchange in soils and nutrient uptake by plants. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci. 3:443-449.

Brown, P.L. 1972. Water use and soil water depletion by dryland wheat as affected by nitrogen fertilization. Ibid. 63:43-46.

Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron. 15:1-118.

Gardner, W.H. 1964. Research for more efficient water use: soil physics, pp. 85-94. In: Research on Water, Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin

Greb, B.W., D.E. Smika, N.P. Woodruff, and C.J. Whitfield. 1974. Chapter 4 - Summer fallow in the Central Great Plains. In: summer fallow in the Western United States. Cons. Res. Rept. No. 17, ARS-USDA, April 1974.

Greb, B.W., D.E. Smika, and A.L. Black. 1967. Effect of straw mulch rates on soil water storage during summer fallow in the Great Plains. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31:556-559.

Güler, M, I. Ünver, M. Pala, N. Durutan, and M. Karca. 1978. Orta Anadolu'da 1972-1977. Nadas Toprak Hazirliği ve Bugdam Yetiştirme Tekniği Araştirmalari. Ankara 1978.

Güler, Mengu. 1975. Yield and other agronomic characters of winter wheat as affected by five seeding rates and three different environmental conditions. M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis.

Haas, H.J., W.O. Willis, and J.J. Bond. 1974. Chapter 2. Summer fallow in the Northern Great Plains (spring wheat). In: Summer Fallow in the Western United States. Cons. Res. Rpt. No. 17. ARS-USDA, April 1974.

Harper, J.L. 1961. Approaches to the study of plant competition. In: Mechanism in Biological Competition, pp. 1-39. Milthorpe, F.L. (ed.), 15th Symp. Soc. Exp. Biol.

Hepworth, H.M., T.G. Zinn, and W.L. Andersen. 1975. Improved techniques for dryland mean -- more wheat from fallow farming. 2nd Ed. USAID/Oregon State University Team. Ankara, Turkey. 112 p.

Hurd, E.A. 1971. Can we breed for drought resistance? pp. 77-88. In: Drought Injury and Resistance in Crops. CSSA Special Publ. No. 2, Madison, Wisconsin.

Koehler, F.E. and D.L. Guettinger. 1967. Moisture-nitrogen relationships for wheat production in Eastern Washington. Proc. 18th Annual Pacific Northwest Fertilizer Conf., Twin Falls, Idaho. pp. 93-94.

Larson, W.E. and W.O. Willis. 1957. Light, soil temperature, soil moisture, and alfalfa red clover distribution between corn rows of various spacings and row directions. Agron. J. 49:422-426.

Leggett, G.E., R.E. Ramig, L.C. Johnson, and T.W. Masse. 1974. Summer fallow in the Western United States. U.S. Dept. Agr., Agr. Res. Serv, Conserv. Res. Rpt. 17:111-135.

_____. 1959. Relationships between wheat yield, available moisture, and available nitrogen in Eastern Washington dryland areas. Washington Agr. Exp. Sta. Bull. 609.

Olson, R.A., C.A. Thompson, P.E. Grabouski, K.D. Stukenholtz, K.D. Frank, and A.F. Dreier. 1964. Water requirement of grain crops as modified by fertilizer use. Agron. J. 56:427-432.

Olson, R.A. and H.T. Rhoades. 1953. Commercial fertilizer for winter wheat in relation to the properties of Nebraska soils. Nebr. Agr. Exp. Sta. Bul. 172.

Oveson, M.M. and A.P. Appleby. 1971. Influence of tillage management in a stubble mulch fallow-winter wheat rotation with herbicide weed control. Agron. J. 63:19-20.

Penlivanturk, Alpaslan. 1976. Effect of soil temperature, seeding date, and straw mulch of plant development and grain yield of two winter wheat and two winter barley cultivars. M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis.

Smika, D.E., A.L. Black, and B.W. Greb. 1969. Soil nitrate, soil water, and grain yields in a wheat-fallow rotation in the Great Plains as influenced by straw mulch. Agron. J. 61:785-787.

_____. 1970. Summer fallow for dryland winter wheat in the semi-arid Great Plains. Agron. J. 62:15-17.

Viets, F.G., Jr. 1962. Fertilizers and the efficient use of water. Adv. Agron. 14:223-264.

Viets, F.G., Jr. 1967. Nutrient availability in relation to soil water, pp. 458-467. In: Irrigation of Agricultural Lands, Hagan, R.M., R.H. Haise, and T.W. Edminster (eds), Agron. Series. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.

Viets, F.G., Jr. 1971. Effective drought control for successful dryland agriculture. In: Drought Injury and Resistance in Crop Plants. CSSA Spec. Pub. No. 2, pp. 57-75.

Viets, F.G., Jr. 1972. Water deficits and nutrient availability, pp. 217-239. In: Water Deficits and Plant Growth, Vol. III. Kozlowski, T.T. (ed.), Academic Press, New York.

Table 1. Water Use Efficiency

Yield and water-use efficiency of winter wheat grown continuously and after fallow at three locations in the Central Great Plains and in a fallow-crop rotation at three locations in the Pacific Northwest

Location	Average annual precipitation (mm)	Continuous wheat (kg/ha)	Fallow-wheat (kg/ha)	W.U.E.[1] Continuous wheat (kg/ha/mm)	W.U.E.[1] Fallow-wheat (kg/ha/mm)
Akron, Colorado					
60-yr average	419	498	1426	1.2	1.7
1951-70	377	549	1818	1.5	2.4
Colby, Kansas					
49-yr average	470	626	1318	1.3	1.4
1941-63	512	731	1673	1.4	1.6
North Platte, Nebraska					
56-yr average	495	834	2146	1.7	2.2
1951-67	505	684	2747	1.4	2.7
Pendleton, Oregon					
46-yr average	404	1259	3590	3.1	4.4
1954-76	403	--[2]	4270	--	5.3
Moro, Oregon					
65-yr average	290	781	2006	2.7	3.5
1954-76	283	--	2410	--	4.3
Lind, Washington					
55-yr average	241	875	1760	3.6	3.7
1954-76	235	--	2450	--	5.2

[1] W.U.E. on a harvest-to-harvest precipitation basis.

[2] Data not available.

Table 2. Grain yields of winter wheat grown in fallow-crop or annual rotation, with and without nitrogen fertilizer in the Central Great Plains and the Pacific Northwest of the United States

Location	Annual precipitation (mm)	Nitrogen Applied[1] (kg/ha)	Grain Yield		Percent yield Fallow vs Annual (%)
			Fallow-wheat (kg/ha)	Annual wheat (kg/ha)	
Central Great Plains					
Northeast Colorado	457	0	1886	741	254
1956-70		45	1818	1145	159
Northwest Nebraska					
1956-70	445	0	1886	875	216
		45	2222	1347	165
Pacific Northwest					
Pullman, Washington	516	0	2970	1347	220
1922-45		67	3037	2094	145
Pendleton, Oregon	406	0	2997	815	368
1931-50		67	3219	1710	188
Ritzville, Washington	287	0	1414	741	191
1953-57		22	1616	875	185
Harrington, Washington	295	0	2761	808	342
1953-57		34	3098	1549	200

[1]When nitrogen was applied, the rate reported gave optimum yields.

Table 3. Grain yield, precipitation, and water use efficiency at two locations in the fallow-crop rotation area of the Pacific Northwest

Dates	Span Years	Yield Tons/Ha	Yield (Bu/Ac)	Total Precipitation Mm	Total Precipitation (Inches)	Water Use Efficiency Kg/Ha-Mm	Water Use Efficiency (Bu/Ac-in)
			Lind, Washington				
1922-1974	54						
Kharkov		1.58	(23.5)	477	(18.8)	3.31	(1.25)
Improved variety		1.71	(25.5)	477	(18.8)	3.58	(1.35)
1931-1952	22						
Kharkov		1.35	(20.1)	518	(20.4)	2.60	(0.98)
Improved variety		1.35	(20.1)	518	(20.4)	2.60	(0.98)
1953-1974	22						
Kharkov		2.01	(29.9)	457	(18.0)	4.39	(1.66)
Improved Variety		2.36	(35.1)	457	(18.0)	5.16	(1.95)
			Pendleton, Oregon				
1931-1974	44						
Kharkov		3.03	(42.3)	805	(31.7)	3.76	(1.33)
Improved Variety		3.51	(52.3)	805	(31.7)	4.36	(1.64)
1931-1952	22						
Kharkov		2.53	(37.6)	820	(32.3)	3.08	(1.16)
Improved Variety		2.84	(42.4)	820	(32.3)	3.46	(1.31)
1953-1974	22						
Kharkov		3.15	(47.0)	800	(31.5)	3.93	(1.49)
Improved Variety		4.16	(61.9)	800	(31.5)	5.20	(1.96)

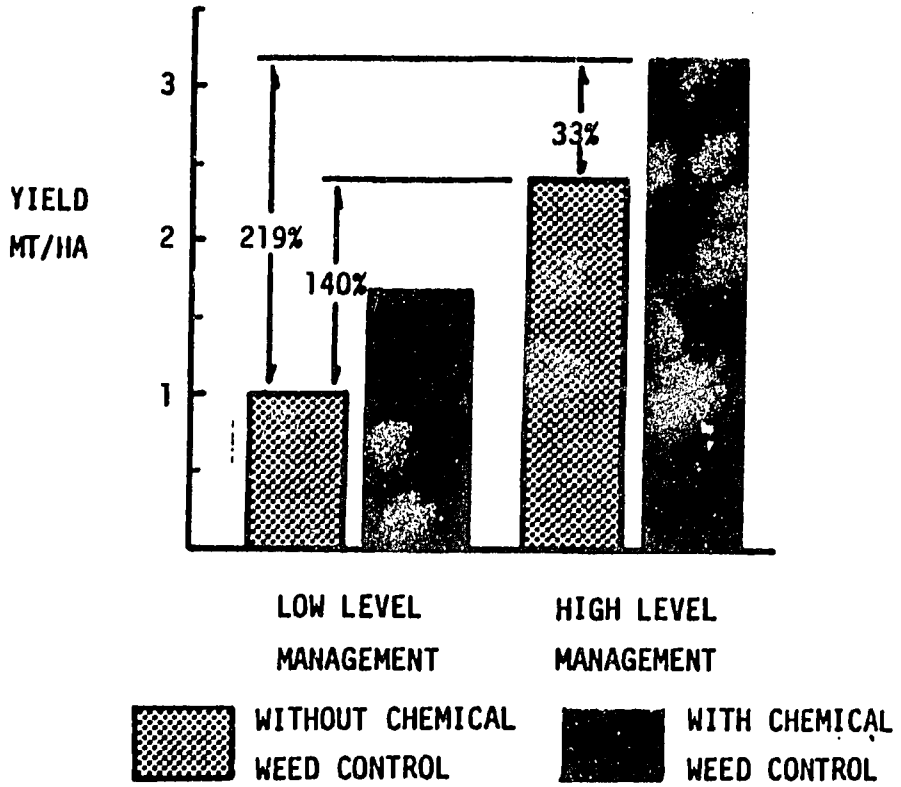


Figure 1. Effect of Weed Control and Management on Yield of Winter Wheat in Turkey, 1974-1975.

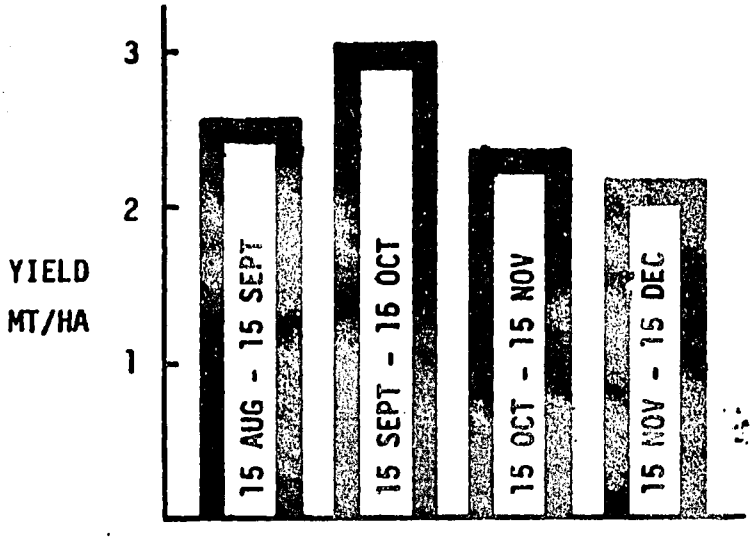


Figure 2. Effect of Stand Establishment and Grain Yield in Eastern Oregon (Long Term Average).

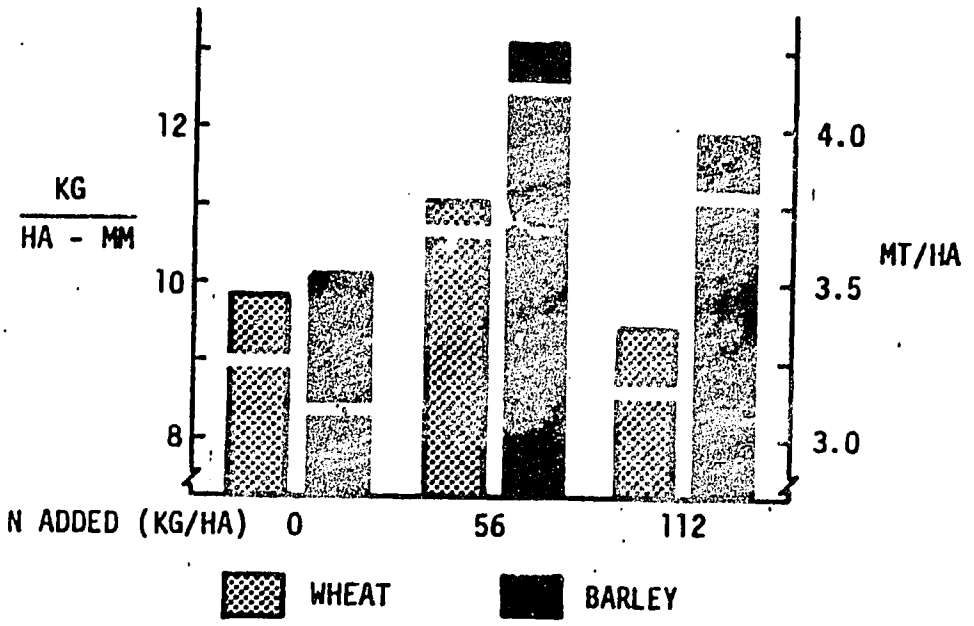
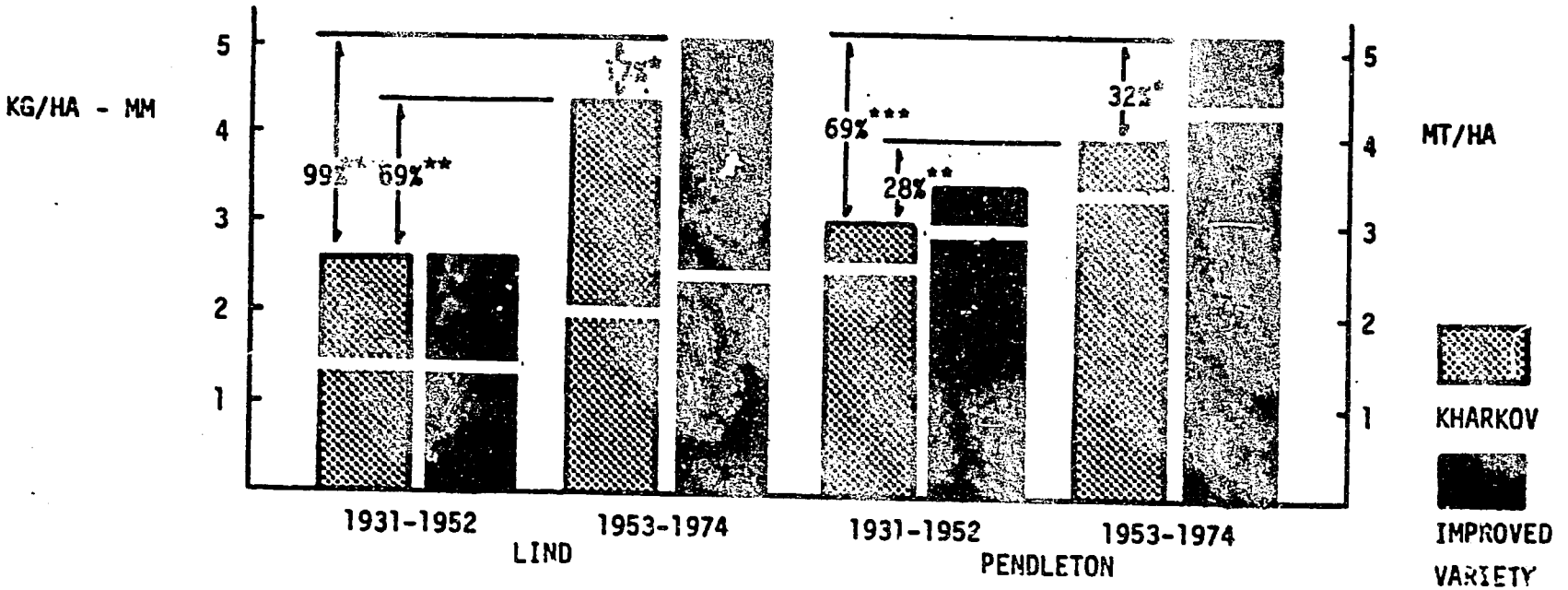


Figure 3. Effect of Nitrogen Fertilizer on W.U.E. and Grain Yield (cross bar) of Winter Wheat and Winter Barley at Moro, Oregon, 1975.

Figure 4. Effect of Improved Varieties and Crop Management of Water Use Efficiency and Grain Yield (cross bar) of Winter Wheat in two Locations in the Pacific Northwest.



Percent increase due to: *improved varieties; **improved management; ***interaction of improved varieties and management

Kharkov: long-term, standard check variety

Improved Variety: variety most widely grown during the indicated period

WEED CONTROL AND ITS IMPACT ON CEREAL PRODUCTION

L. Ettounsi

HISTORY

Weed control is not a new technique in the Tunisian cereal crops. For many years the Tunisian farmer has been aware and convinced of the adverse effects of weeds on cereals; he has been always trying to find solutions to reduce such effects. The principal techniques used for weed control are:

- Tillage practices

Adequate tillage practices, i.e., the right moment of intervention and the number of cultivation, contribute efficiently to reduce weed infestation.

- During the early stages of cereal growth and even at the later stages, farmers used to hand-weed, done when the weeds are well developed, such timing is not effective in reducing the weed competition with the crop for water as well as nutrients.

- Burning the straws may help in reducing the weed population by burning the seeds that lie on the ground but this operation is not recommended anymore (destruction of the organic matter of the soil, the useful bacterian flora, and fire risks, etc.). Due to these disadvantages, this operation has been forbidden by the Tunisian laws.

The cultural practices mentioned and others did not resolve the problem of weed control. Thus, the use of herbicides becomes a necessity especially in the high rainfall areas.

HERBICIDES USE

In Tunisia there is no fundamental research work on herbicides. The research work consists of using results found by the chemical firms and in adapting their findings to local conditions. Applied

research carried on by several agencies is based on the use of various herbicides which can be applied at different stages of growth of both cereals and weeds (from 2 or 3 leaves stage up to the end of tillering stages of the crop).

Chemical weed control started in early 1960 by the intensive use of 2,4-D, to control broad leaf. (Table 1) In 1970, the "Division Technique" (ex-Wheat pr_ject) started a wide program of experimentation to control weeds infesting cereals. Thus, trials were conducted during the following seasons to achieve the following objectives.

1. Select herbicides to control broad-leaf which would take the place of 2,4-D usually used, and which would be applied at the stage of pre-emergence or at 2 to 3 leaves stages of wheat.
2. Determine the most economical and efficient herbicide that can be used to control grasses.
3. Study the action of herbicides (phtotoxicity) and its influence on the varieties of wheat widely cropped or recently introduced.
4. Extend the best chemical weed control technique.

At the present time, there is a wide range of herbicides used on cereal crops. The farmer has the possibility to choose.

It is obvious that when we speak about herbicides, we suspect the presence of a susceptible flora of weeds which is harmful to cereal crops.

For this reason we can't encourage the systematic use of herbicides on cereals because the density and the distribution of weeds vary from one area to another and are related to climatic conditions (rain, rotation system, soil type...).

We notice that the degree of weed infestation is highly related to rainfall, and particularly, in the area where the rainfall is over 450 mm/year there is a real weed infestations, thus the chemical weed control would increase yields.

The economic analysis models of the use of herbicides, summarized by Ali B. Salem B. Zaïd at the third regional wheat workshop held

April 28 - May 2, 1975, would give us a valuable idea. To master more accurately the use of herbicides in the cereal fields, it would be useful to establish a floristic card in which to identify the area of infestation of each type of weeds, and to undertake research on yield losses due to each groupe or species of weeds. Results obtained would be useful for farmers and extension officers to choose rationally the most adequate herbicide.

TABLE 1:

EVOLUTION OF CHEMICAL WEED CONTROL IN TUNISIA
(PV) 000 ha

Year	2-4 D	Polyvalent
1964 - 65	20	
1965 - 66	30	
1966 - 67	40	
1967 - 68	50	
1968 - 69	55	
1969 - 70	70	
1970 - 71	80	
1971 - 72	106	
1972 - 73	69	1.0
1973 - 74	111	3.5
1974 - 75	144	16.0
1975 - 76	159	29.0
1976 - 77	119	24.3
1977 - 78	152	12.5
1978 - 79	92	20.5
1979 - 80	160	24.6
1980 - 81	182	52.5
1981 - 82		

COMMON WEEDS PRESENT IN FIELD CROPS IN TUNISIA

I - Monocotyledons

II - Grasses

111 - Les folles avoines

1111 - Avoine stérile : Avena sterilis L. ssp

1112 - Avoine blanche : Avena Alba Vahl

112 - Les phalaris ou Alpistes

1121 - Phalaris à epis court : Phalaris brachystachys Link.

1122 - Phalaris paradoxal : Phalaris paradoxa L.

1123 - Petit phalaris : Phalaris minor Retz

113 - Les Ivraies ou ray-gras

1131 - Ivraie rigide : Iolium rigidum Gaud

1132 - Ivraie multiflore: Iolium multiflorum lamk

114 - Orge des rats : Hordeum murinum L.

115 - Chiendent Pied de Poule : Cynodon duetylon (L)

116 - Les Bromes

1161 - Brome de Madrid : Bromus madrilensis

1162 - Brome stérile : Bromus stérilis L.

1163 - Brome rigide : Bromus rigidus Roth

1164 - Brome rougeâtre : Bromus rubens L.

2 - Dicolylédones

21 - F. des crucifères

221 - Moutarde des champs : Sanve, Sinapia arvensis L.

212 - Moutarde blanche : Sinapis alba L.

213 - Ravenelle : Raphanus raphanistrum L.

214 - Rapiste rugueux : Rapistrum rugosum L.

215 - Diplotaxis vergé : Diplotaxis virgatu (cav)

216 - Fausse-roquelte : Diplotaxis erucordes (L)

217 - Cordyloearpe muriqué: Cordylocarpus muricatus

218 - Roquelte d'Orient : Conringia orientalis (L)

219 - Bourse à Pasteur : Capselle bursa

220 - La Psychine : Psychine stylosa Desf.

22 - F. des composeés

221 - Chrysanthème des moissons : Chrysanthemum segetum L.

222 - Souci des champs : Calendula arvensis L.

223 - Souci d'Algerie : Calendulu bicolor

224 - Anacyele en massue : Anacyclus clavatus (Deaf)

225 - Sénecon Commun : Senecio vulgaris (L)

226 - Centaureé de Nice : Centaurea nicaensis All

227 - Chardon à tête dense : Carduus pyenocephalus L

228 - L'helminthie - fausse viperine: Pieris echioides (L)

229 - Laiteron maraîcher : Sonchus oleraceus (L)

230 - L'urosperme faux-pieris : Urosperum pieroidés L

23 - F. des ombellifères

231 - Carotte sauvage : Daueus Carotta

232 - Fausses carottes : Ammiélévé: Ammi majus

233 - Torilis noueux : Torilis nodosa

234 - Turgenie : Turgenia Latifolia (L)

235 - Peigne de Venus : Scandix pectern-veneris (L)

236 - Bifora : Bifora testiculata (L)

237 - Faux fenouil : Ridolfia segetum (L)

238 - Buplevre : Buplevrum

24 - F. des Primulaceés

241 - Mouron des champs : Anagalis arvensis (L) : toseique

25 - F. des Convolevulaceés

251 - Liseron des champs: Convolvulus arvensis (L)

252 - Liseron tricolore : Convolvulus tricolor (L)

26 - F. des Boraginacées

261 - Buglosse d'Italis : Anchusa azurea Mill = A. Italia

262 - Gremil des champs : Lithospermum arvense (L)

27 - F. des Scrofulariacées

271 - Véronique à feuilles de lierre : Veronica hederaefdia (L)

272 - Véronique cymbalaire : Veronica cymbalaria

273 - Véronique de Perse : Veronica persica Poir

28 - F. des Rubiaceés

281 - Gaillet à trois cornes : Galuim tricorne

282 - Gaillet grotteron : Galuim ceparine

283 - Gaillet sucré : Galuim Valancia

28 - F. des Liliuceés

281 - Ornithogale de Narbonne : Ornithoylum narbonense

282 - Tulipe sauvage : Tulipa sylvestris L

283 - Glaieul des moissons : Gladiolus segetum

284 - Glaieul de constantinopole : Gladiolus byzantinus

29 - F. des aracées

291 - Arisarum vulgaire : arum arisarum L

30 - F. des polygonuceés

301 - Renoueé des oiseaux : Polygonum ariculare L

31 - F. des Caryophyllacies

311 - Silème en flû : Silene fuscata

312 - Silène noire : Silene fuscata link

313 - Silène de France : Silene gallieu L.

32 - F. des Renoneuluceés

321 - Adonis annuel : adonis annua L

322 - Nigelle de damas : Nigella damascena L

33 - F. des papaveraceés

331 - Coquelicot : Papaver rhoeas L.

332 - Pavot hybride : Papaver hybridum L.

333 - Roemerie hybride : Romeria hybrida (L)

34 - F. des fumariacées

341 - fumettère officinale: fumaria officinalis (L)

35 -

351 - Luzerne bardane : Medicago hispida

352 - Gesse ochre : Lathyrus ochrus

36 - F. des oxalidaceés

361 - Oxalis : oxalis pes-caprae L

37 - F. Euphorbiacées

371 - Euphorbe réveille-matin : Euphorbia helioscopia

38 - F. Malvacées

381 - Mauves à petites fleurs : Malva parviflora L

382 - Mauves de Nice : Malva nicacensis All

It is true that the climatic conditions present a considerable constraint toward the chemical weed control operation, and mainly toward the use of herbicides which are applied at the earlier growth stages of cereals and which require qualified manipulators.

At certain stages of cereal growth there is either heavy rains that make fields inaccessible by heavy equipment or there is an extended drought period that might accentuate the phytotoxicity of some chemicals and this might make the farmers hesitate to use herbicides.

Because of these constraints and despite the efforts, the use of polyvalent herbicides is still limited for earlier spraying.

Being aware of these constraints we have introduced herbicides that can be applied at later stages of cereal growth (early tillering - node stage). These herbicides provide the flexibility of usage and are called "catch-up herbicides" and give good results even though they are applied late. The cost of chemical weed control remains as the major economic constraints in the small farms. This situation inhibits the efforts of extension; in order to encourage farmers to use chemical weed control the government has subsidized by 50% the value of most herbicides. It also has made loans available for cereal growers. The government has delegated the office of cereals to buy, stock, and supply farmers with chemical herbicides.

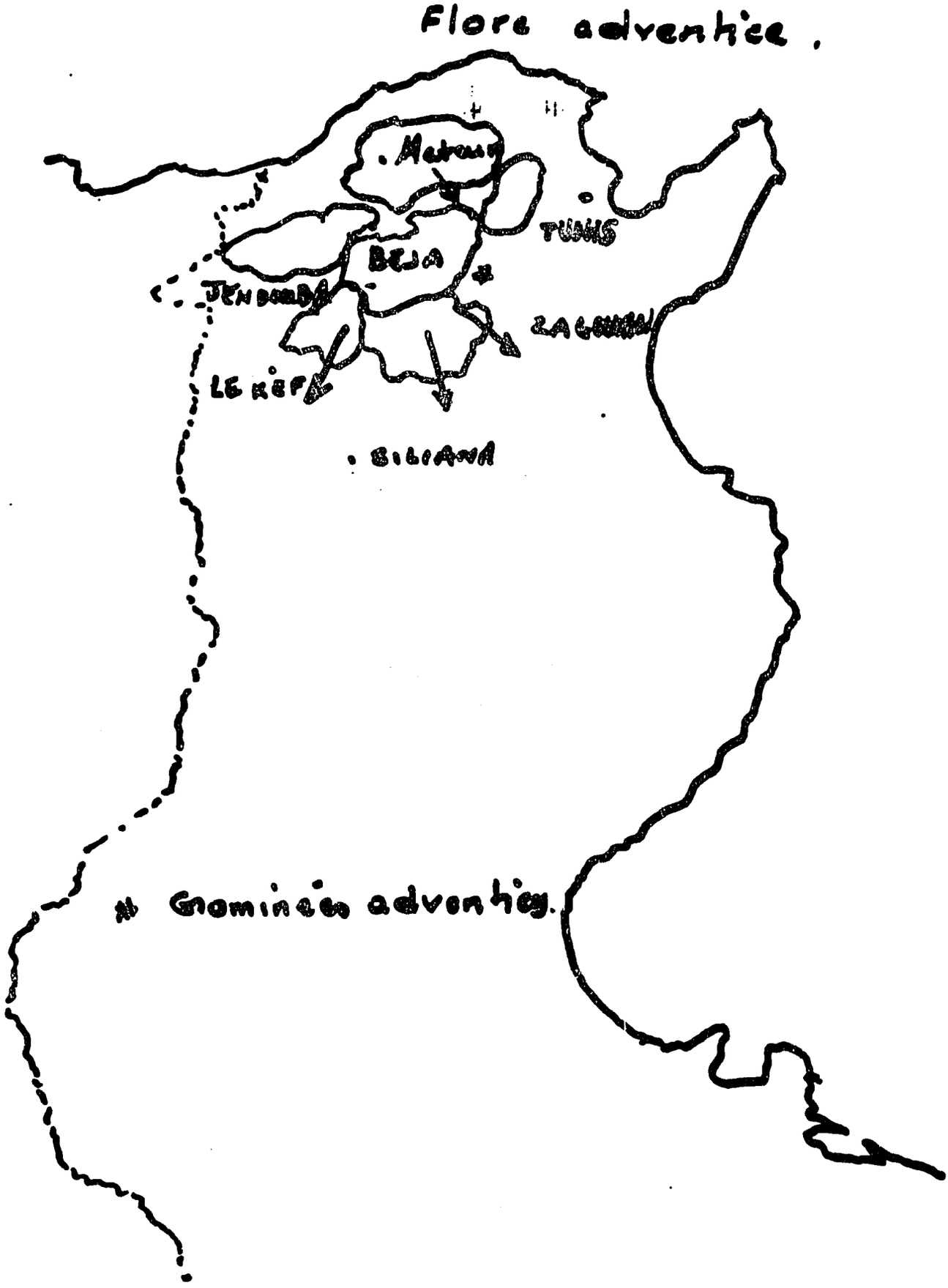

Flore adventice.
Mateur
TUNIS
BEJA
JENDOUBA
ZAGHOUAN
LE KEF
SILIANA
Graminées adventices.

TABLE 2

$\overline{X}$ OF YIELD INCREASES IN QX/HA

	T	Su	Dicu	2.4D	Dos	Ip	Dicu + Tok	D4To	Illo
1971-72	27.3	1.7	1.6	-	0.8	-	-	-	-
72-73	28.0	4.0	6.3	1.8	6.1	-	6.0	-	-
73-74	24.6	1.3	2.8	-	5.1	-	4.4	6.5	-
74-75	22.2	9.1	12.3	3.9	15.0	11.0	10.7	10.6	-
75-76	24.9	2.8	0.7	0.5	2.5	2.9	4.7	5.3	-
76-77	17.7	0.4	0.8	0.3	1.7	2.0	3.9	3.3	4.0
77-78	30.5	0.6	0.9	1.7	0.2	0.2	-	1.1	-
78-79	14.2	0.4	1.4	0.4	2.2	1.1	0.4	1.2	2.3
79-80	31.2	-	1.5	0.9	2.4	1.9	1.9	3.2	4.3
80-81	22.7	2	7.4	3	9.8	-	2.8	5.6	3.2
$\overline{X}$	24.3	2.5	3.6	1.3	4.6	3.2	4.4	4.6	3.7

N C	MA	D.Ma/ha	STAGES OF CEREAL GROWTH
2.4 D	2.4 D	480 g.	Full tillage - 2 crowhs

DICURAN CHLOZTOLURON 2500 g	2 leaves - Beginning of Tillage
DOSANEX METOXURON 360 g	" " " "
TOK NITROFENE 150 - 100 g	" " " "
IP ISOPROTURON 150 - 175 g	" " " "
ILLOXAN DICLOFOPMETHYL 90 g	" " - Full Tillage
SUFFIX BEZOYL PROPETHYL 120 g	End of Tillage

TABLE 3 - YIELDS IN QX/HA

CHEMICAL WEED CONTROL 1974 - 1975

	T	2.4D	Dosanex	Dicur	Ipuren	Suffix 20
BEJA	18.4	30.1	33.7	29.7	35.1	36.8
MORNAGUIA	16.1	19.2	39.3	31.1	28.5	27.5
MEDJEZ	25.0	26.7	29.5	22.0	22.5	24.2
LE KEF	29.4	28.6	46.6	40.9	47.0	36.7

RAINFALL IN MM 1974 - 1975

	12	1	2	3	4	T
BEJA	48.4	21.2	134.8	59.5	24.5	563.8
MORNAGUIA	27.5	9.0	127.6	67.2	21.0	411.8
MEDJEZ	12.7	8.0	107.9	39.7	13.4	340.2
LE KEF	24.5	11,3	110.0	27.3	20.9	308.3

CHEMICAL WEED CONTROL 1976 - 1977

	T	2.4D	Dosanex	Dicur	Ipuren	Suffix 20
BEJA *	2.1	4.4	4.4	3.3	3.3	3.2
MORNAGUIA	22.4	20.8	17.8	18.2	17.6	22.2
MEDJEZ	3.2	6.3	10.9	9.4	7.9	5.2
LE KEF	24.2	25	27.5	24.7	30.3	24.8

RAINFALL IN MM 1976 - 1977

	12	1	2	3	4	T
BEJA	29.9	38.7	21.5	21	87.5	432
MORNAGUIA	26.5	49.5	10.0	39.2	51.7	426
MEDJEZ	23.8	31.9	3.2	30.4	56.5	345.3
LE KEF	12	27.0	6.0	41.0	68	388

* Not exploitable due to lodging.

TABLE 4

PRICES OF HERBICIDES IN TUNISIAN DINARS

(Subsized prices)

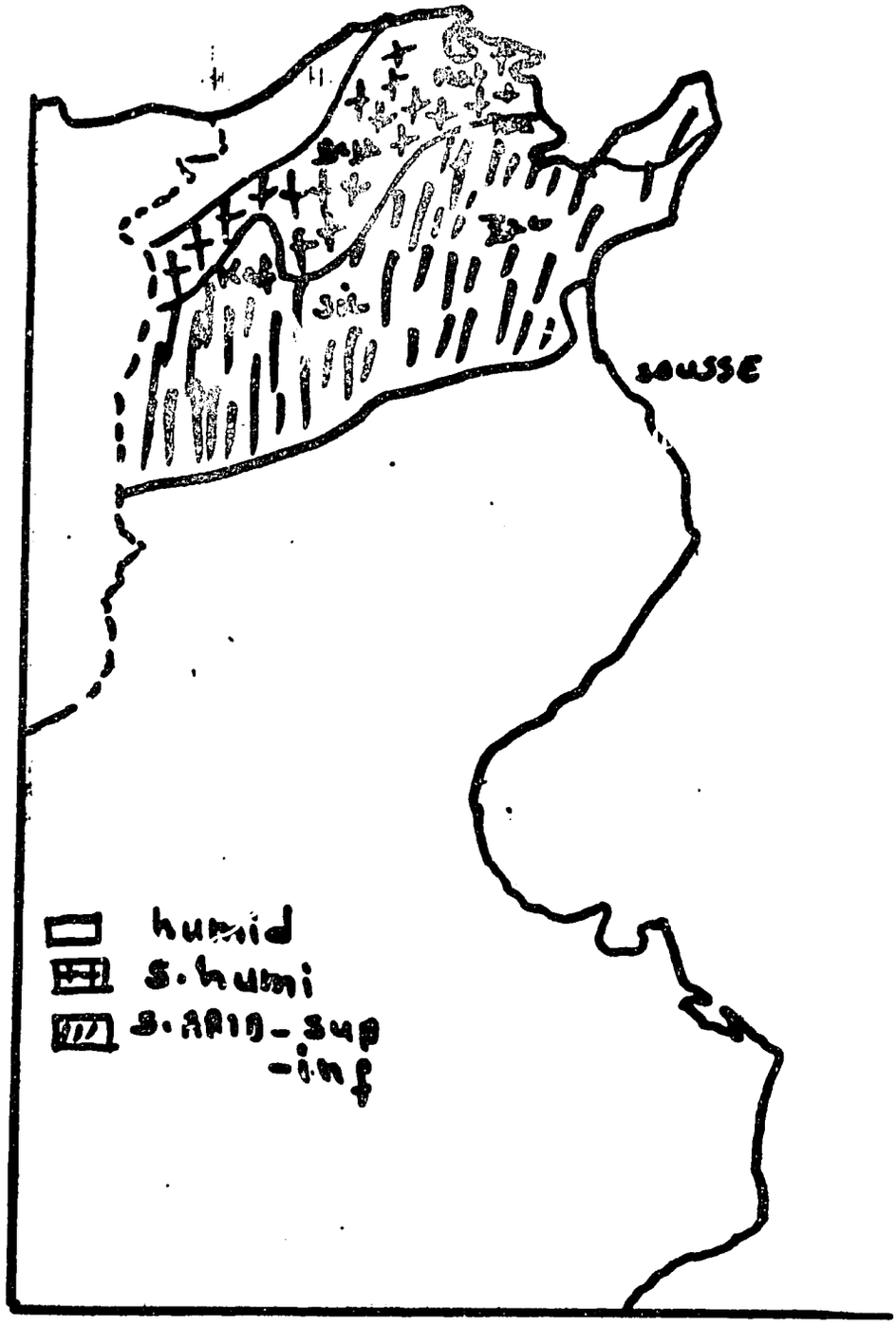
1980 - 81

N C	DOSE PC	PRICE PER UNIT
2.4 D	1.5 L - 2 L	$0^{d}635$
DICURAN 500 L	5 L	$1^{d}775$
DOSANEX 80 WP	4 - 5 Kg	$2^{d}700$
TOK 5 WP	3 Kg	$1^{d}675$
SUFFIX 20	6 L	$1^{d}225$ (formerly STOK)
ILLOXAN	2.5 L	$3^{d}450$
SERVICE		$3^{d}400$

WHEAT PRICES IN TUNISIAN DINARS (80 - 81)

DURUM WHEAT	$9^{d}600$ /Qx
SOFT WHEAT	$8^{d}700$ /Qx

ZONES CEREALIERES



WEED CONTROL IN SMALL GRAINS

Arnold P. Appleby

Today I would like to direct my remarks to some of the problems and practices of weed control in small grains in Oregon, with the hope that some of the ideas and concepts may be applicable here in Tunisia as well.

A. GENERAL WEED CONTROL METHODS

Before beginning specific Oregon practices, let's take a quick look at general methods of weed control and how they might fit into small grain production.

Mechanical Weed Control

Mechanical weed control involves the use of machinery to destroy weed growth. This can be important in proper preparation of a seed-bed, for example. One technique of controlling difficult weeds is to encourage them to germinate, then destroy them with tillage before planting the grain crop. This is called delayed tillage. This method can be reasonably effective if environmental conditions have stimulated a high percentage of the seeds to germinate. It is more likely to be partially effective against bromes, for example, than it is against wild oats since wild oats often will germinate over an extended period of time while bromes tend to more nearly germinate at one time.

Cultural Methods

Some important cultural methods involve the use of competitive varieties, proper selection of amount and placement of fertilizer, and other methods. An important practice in this regard is the use of crop rotations. By shifting from cereals to legumes where other herbicides can be used, or rotating between fall- and spring-planted crops, weed cycles can be disrupted and considerable benefits gained.

Table 1 shows the importance of providing both weed control and proper fertility levels. In the study shown in Table 1, there was no advantage in controlling weeds if N levels were inadequate. Likewise, if N was added to a weedy field, most of it was used by the weeds and very little increase in grain yield was noted.

Table 1. Interaction of weed control and nitrogen fertilizer on wheat yields in western Oregon

N level (kg/ha)	Yield (kg/ha)		
	Weeds controlled	Weedy	Reduction %
0	4860	4860	0
40	6100	5010	8
80	6530	5300	19
120	6680	4860	28

Manual Weed Control Methods

In some situations, manual weed control can be feasible. If the weed infestation is sparse, labor is plentiful, and acreage is not

extensive, perhaps the most economical method is to remove the relatively small number of weeds by hand. In some areas, the weeds collected in this manner can be used as forage for livestock.

Chemical

A large number of herbicides have been used for weed control in small grains. A recent survey has indicated that approximately 47 different herbicides are registered for this use somewhere in the world (Table 2). It is important not to depend solely on herbicides for our weed control practices but rather to use them as an efficient tool along with other weed control methods.

Table 2. Herbicides used in wheat and barley

1. barban	17. dinoseb acetate	33. metribuzin
2. benazolin	18. diuron	34. monolinuron
3. benzoylprop ethyl	19. l-flamprop isopropyl	35. neburon
4. bromofenoxim	20. flamprop methyl	36. paraquat
5. bromoxynil	21. flurecol-*n*-butylester	37. phenothiol
6. chlorbromuron	22. ioxynil	38. picloram
7. chlorfenprop methyl	23. isomethiozin	39. propanil
8. chlorotoluron	24. isoproturon	40. simatryne
9. cyanazine	25. lenacil	41. terbutryn
10. diallate	26. linuron	42. triallate
11. dicamba	27. MCPA	43. trifluralin
12. dichlorprop	28. MCPB	44. trimeturon
13. diclofop methyl	29. mecoprop	45. 2,4-D
14. difenzoquat	30. methabenzthiazuron	46. 2,4,5-T
15. dinoseb	31. methoprotryne	47. 2,4-DB
16. dinoterb	32. metoxuron	

B. WEED CONTROL IN OREGON

Oregon is a climatically diverse state and distinctively different management practices are carried out in the different areas. I will divide this discussion into three major small grain programs because problems and procedures can be quite different among them.

Grain-Fallow Rotation -- 200-300 mm Rainfall

A fairly large section of north central Oregon is adapted for small grain production by rotating wheat or barley with one year of fallow. Fallow serves to store moisture in order to increase consistency of crop production. An important aspect of the wheat-fallow rotation is to maintain relatively weed-free conditions during the fallow. In this area, the land is generally left in stubble following harvest and through the fall and winter until tillage begins during the following spring. There is a growing trend toward the use of herbicides to control weeds during the fall, winter, and early spring of the fallow season. An increasing amount of evidence indicates that allowing weeds to grow during this period can reduce the total amount of soil moisture stored. Work by Mr. Donald Rydrych at the Columbia Basin Research Center at Pendleton indicates that maintaining a clean fallow during the winter can significantly improve soil moisture storage (Table 3). Tillage in the fall could help control weeds but it also can lead to unwanted soil erosion during the rainy winter period. A number of herbicides have been registered for this use. These include cyanazine, atrazine, metribuzin, propham, glyphosate, paraquat, dalapon, 2,4-D, and dicamba.

Table 3. Soil moisture storage in the spring following three fallow management systems during the winter. Moisture measured in April at Pendleton, Oregon [a]

Treatment	cm H_2O
No winter tillage, no herbicides	6.9
No tillage. Herbicide applied in fall	8.9
Fall tillage, no herbicides	6.9

[a]Data provided by Mr. Donald J. Rydrych, Pendleton, Oregon.

Although fertility needs are generally met with the addition of commercial fertilizer, the fallow period can serve as a time for nitrification and an increase in available nitrogen in the soil. Uncontrolled weeds during the fallow period can needlessly use valuable fertilizer.

An important concept in good field management is to be sure that weeds are not growing uncontrolled in the fencerows between fields. Herbicides such as atrazine + amitrole can do an excellent job of preventing weeds from producing seed which would then spread into adjoining fields.

In the crop year, weed control is largely carried out with herbicide treatments. Since yields are relatively low, the general preference is toward the cheaper phenoxy herbicides, such as 2,4-D, but in some cases, more expensive herbicides, such as bromoxynil, metribuzin, linuron, and terbutryn are used for special weed problems.

Annual Cropping -- 300-600 mm

Weeds can be a serious problem in the annually cropped areas of eastern Oregon. Major problems are downy brome (*Bromus tectorum*) and a wide variety of broadleaf weeds. Yields are sufficiently high that growers can afford the more expensive herbicides. A wide variety of herbicides and herbicide combinations are used. One favorite treatment is a mixture of MCPA + bromoxynil + dicamba. Also used are metribuzin + bromoxynil, diuron + 2,4-D, and others. For control of downy brome, trifluralin or metribuzin is sometimes used, often with mixed success. Other approaches can be the delayed seeding technique or, more commonly, the use of crop rotations. By rotating wheat with spring-planted peas or other legumes, the downy brome can be reduced considerably. Downy brome seeds are relatively short-lived in the soil, so if downy brome is not allowed to produce seed for two or three years, the problem can be significantly reduced.

Annual Cropping -- 500-1200 mm

In the higher rainfall areas of western Oregon, a large number of very competitive weeds abound. Major ones include Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and wild oats (*Avena fatua*). There is also a wide variety of winter annual broadleaves, annual bluegrass (*Poa annua*), annual bromes, and some perennials, including Canada thistle (*Cirsium arvense*). For wild oat control, diclofop-methyl, difenzoquat, triallate, or barban are available. For Italian ryegrass control, diclofop-methyl is an outstanding treatment (Table 4) and is widely used. Other methods include the use of triallate or trifluralin

Table 4. Influence of diclofop methyl on wheat yields at 21 locations in western Oregon

Year	No. of locat.	Avg wheat yield (kg/ha) diclofop	Untrted ck.
1975	6	6500	3400
1976	4	6100	2500
1977	4	5200	3000
1978	3	4000	2500
1979	4	8500	7100
	Avg =	6200	3700

applied post-plant and incorporated, followed by an early post-emergence treatment of diuron. These treatments have been sufficiently effective that Italian ryegrass is being markedly reduced as an important weed problem in western Oregon.

For broadleaf control, the major herbicides include diuron, 2,4-D, MCPA, dicamba, and dinoseb. Bromoxynil, terbutryn, linuron, and metribuzin also are used. As in most areas of the world, there is an increased trend toward more combinations of herbicides to control a mixture of weeds. Unfortunately, most of the broadleaf herbicides reduce the effectiveness of diclofop against wild oats when the herbicides are applied as a tank mixture.

The future of weed control in small grains appears reasonably bright. New candidate herbicides continue to appear for testing. One example is the introduction of the new sulfonylurea herbicides.

An example of this family is chlorsulfuron (named Glean in the U.S.). These herbicides can control weeds at rates as low as 5 to 20 g/ha. They are excellent on a wide variety of annual broadleaves and can inhibit the growth of certain grass weeds as well. Other new materials are under development which should add new tools to the arsenal against weeds in small grains. With the wise use of good management techniques, such as crop rotation, good seedbed preparation, etc., along with an array of effective herbicides, we can be successful in controlling our weeds in small grains.

REFERENCES

1. Anderson, W.P. 1977. Weed Science: Principles. West Publ. Co., New York. 598 p.

2. Appleby, A.P., P.D. Olson, and D.R. Colbert. 1976. Winter wheat yield reduction from interference by Italian ryegrass. Agron. J. 68:463-466.

3. Brewster, B.D., A.P. Appleby, and R.L. Spinney. 1977. Control of Italian ryegrass and wild oats in winter wheat with HOE 23408. Agron. J. 69:911-913.

4. Brewster, B.D., A.P. Appleby, and P.K. Boren. 1980. The effect of DPX 4189 on winter wheat and rotation crops. West. Soc. Weed Sci. Res. Prog. Rpt. pp. 324-325.

5. Oregon Weed Control Handbook. 1982. Cereal grain crops, pp. 30-41. Oregon State University.

ASPECTS OF SOIL FERTILITY IN CEREAL PRODUCTION

D. Michael Glenn

Traditionally, agriculture has relied on the use or "mining" of the nutrients held within the soil system. The majority of the essential plant nutrients are, in fact, supplied directly from native soil fertility. However, soil fertility is a limited resource and over time any cropped soil will develop a nutrient deficiency. Three nutrients are potentially deficient in the cereal producing regions of North Africa--nitrogen, phosphorous and sulfur.

Nutrient deficiencies are a concern in cereal production not only because they reduce yield levels, but the correction of nutrient deficiencies requires capital inputs that generate a drain on credit requirements and the national balance of payments (Ewell, 1974; Hauser, 1974). National policy regarding importation and internal distribution of fertilizer materials may be such that their availability and cost become a more limiting factor than does the identification of nutrient deficiencies.

Declining Soil Fertility

The cereal producing regions of North Africa have suffered varying degrees of soil erosion over the centuries. This is due in large part to the erosive nature of the environment, but it is further aggravated by the soil and crop management practices that promote soil loss (M'Rad, 1977). The quantity of essential plant nutrients lost through erosion can be very high (Table 1). Research has demonstrated that organic matter and nitrogen losses may be five times as high in the eroded material as in the original soil. Potassium and phosphorous are two and three times higher, respectively (Brady, 1974). More importantly, a higher proportion of the nutrients lost through erosion are usable by crop plants.

Grazing of cereal residues is a necessary practice in North Africa since forage products are chronically deficient (M'Rad, 1977). This management practice does aggravate soil erosion losses, however, by removing the one component of the soil system that effectively reduces soil movement, namely, crop residues. Maintenance of surface residues is necessary to reduce both wind and water erosion. Crop residues act as barriers and reduce soil movement by reducing air and water velocity at the soil surface. In general, the control of soil erosion is proportional to the amount of surface residues once a threshold amount of about 1 ton/ha is attained (Luebs and Laag, 1964).

Primary depletion of soil fertility, particularly nitrogen, occurs through the removal of the grain products. As much as 80% of this total plant nitrogen may be tied up in this grain dry matter (Glenn, unpublished data). Slow depletion of soil fertility occurs through the grazing component of the present cropping system. While grazing animals do recycle 80-90% of the residue nutrients back into the soil, there is a net loss of the soil nutrients which are used for the animal's growth or maintenance (W. McGuire, personal communication). In time, grazing not only reduces soil fertility levels, but it also reduces

the carbon inputs necessary to maintain desirable organic matter levels for improved soil tilth, higher water holding capacity and greater cation exchange capacity.

Nutrient depleted soils and the insufficient use of inorganic fertilizers are two major factors limiting cereal yields in North Africa. The adoption of increased fertilizer use is a practice that is often slowly instituted. This is due to the costs associated with fertilizer importation. These costs include not only the initial material cost, but also transportation costs from the seaport to the inland farming areas, diverted interest on invested capital, and other distribution costs. Ewell (1974) and Hauser (1974) emphasize that fertilizer costs and timely availability often cause fertilizer use to be one of the last items adopted in production packages for increased crop yields.

TABLE 1. Annual Nutrient Removal in Missouri

Condition	Nutrients removed (kg/ha) N	P	K	Ca	Mg	S	Soil lost metric ton/ha
Erosion removal							
continuous corn	59	16	540	196	78	15	8.8
corn-wheat-clover	23	7	191	76	26	5	1.2
Crop removal							
mean for corn	107	20	89	36	27	18	

(Miller, M.F. and H.H. Krusekopf, 1932)

TABLE 2. Average Rainfall, Runoff, and Soil Loss on Tillage Plots

Tillage Practice	Average values (1965-70) Rainfall (cm)	Runoff (cm)	Soil loss (ton/ha)
Bare fallow - residues removed	42.0	5.0[a]	17.5[a]
Conventional tillage (plowed)	42.0	2.9[b]	6.0[b]
Stubble mulch	42.0	2.4[c]	3.7[c]
No-till	42.0	1.0[d]	0.9[d]

(Onstad, 1972)

Values within a column followed by the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

Nutrients Limiting Cereal Production in North Africa

Nitrogen (N), phosphorous (P), and sulfur (S) have been identified as yield limiting nutrients in North Africa (Ahn, 1977). Heavy metal micronutrients--zinc (Zn), manganese (Mn) and iron (Fe)--are probably deficient on the cal-

careous soils of North Africa when susceptible crops such as citrus are grown. However, micronutrient deficiencies are unlikely, if at all, in cereal crops until greater yields are attained as a result of increased fertilizer usage, higher yielding-adapted varieties, and improved overall management techniques.

Factors Influencing Nitrogen Availability in North Africa

Cereal crops absorb most of their nitrogen in the NH_4^+ and NO_3^- form from the soil solution. The quantity of these two ions available in the root zone depends primarily upon the amounts supplied through fertilized materials and mineralized from the organically bound soil nitrogen. The net amount of nitrogen released from the soil organic matter is related to the relative rates of nitrogen mineralization, immobilization and denitrification. Factors affecting these processes include: (1) the amount and composition (C:N ratio) of soil organic matter and incorporated residue, (2) soil moisture, (3) soil temperature, (4) soil pH, (5) soil aeration, and (6) the population of micro-organisms. The first three factors are of primary concern in assessing nitrogen availability.

Cereal residue characteristically has a high C:N ratio. Its use in controlling erosion and subsequent incorporation into the soil will generally require or immobilize some nitrogen for decomposition that would otherwise have been available to produce the next crop. Immobilization of N is particularly apparent when cereal residue is incorporated into the soil immediately prior to planting. Approximately 3 kg of nitrogen from the soil, and/or added crop residues is necessary for microbial conversion of 100 kg of crop residue to stable organic matter (Harmsen and Kolenbrander, 1965).

This process of immobilization explains the initial increase in nitrogen fertilizer requirements as new soil management practices that conserve crop residues and soil moisture are adopted. However, with time, the increased use of fertilizers and the maintenance of crop residues will increase the organic matter content of the soil. Nutrients released from soil organic matter in addition to residual fertilizer N can be expected to meet this nitrogen requirement (Bartholomew, 1965).

Mineralization and immobilization are microbially mediated processes that are sensitive to changes in soil moisture and temperature. The reaction rates of these processes are optimal at a temperature of 35°C and soil moisture tensions of 1/3 - 1/10 bar i.e. field capacity (Stanford and Epstein, 1974; Stanford and Smith, 1972). Stanford et al. (1973) demonstrated that mineralization, and presumably immobilization, rates would decrease in a linear fashion as soil moisture and temperature departed from optimum levels. Smith et al. (1977) integrated this knowledge of moisture and temperature effects on N mineralization to examine soil nitrogen mineralization potentials under field conditions. They concluded that the annual variation in soil test N values is directly related to annual climatic variation effects on mineralization. Swenson et al. (1979) determined that during dry years the amount of nitrate-nitrogen accumulated during a fallow period through the mineralization process will be greatly reduced due to suboptimal conditions for microbial activity. They determined that additional nitrate accumulation levels between the fall and early spring of the crop year were not great. They recommended that soil samples be collected in the fall at the time of planting to determine the level of native soil nitrogen prior to applying fertilizer nitrogen.

An effective nitrogen soil testing program must be developed in North Africa to efficiently evaluate the level of available soil nitrogen. Such a soil testing program would prevent both under and over application of expensive nitrogen fertilizer materials.

Factors Influencing Phosphorous Availability in North Africa

The soils of North Africa are generally calcareous. This soil characteristic greatly limits the availability of phosphorous to plants. Phosphorous is most available within a pH range of 5.5 to 7.0. At pH's greater than 7.0, water insoluble phosphorous complexes and precipitates will form with Ca^{+2}, Mg^{+2}, and CO_3^{-2} ions to reduce P availability. Soil texture also affects P availability. In general, soils containing a large percentage of clay will fix more phosphorous than those of a lighter texture. This is the result of greater surface area exposure and so P fixation potential with increased amounts of clay.

The degree of colloidal phosphorous saturation strongly influences the response to added phosphorous. Soils that have received high rates of P fertilizer for several years should develop a higher P saturation level. In soils with greater P saturation, it should be possible to reduce the amount of applied P and to utilize a greater percentage of the soil P (Tisdale and Nelson, 1975). Such alterations in P fertilizer management will require an effective soil testing program to estimate the amount of applied P for optimal yield levels.

When soluble P fertilizer is broadcast and incorporated into the soil, it is exposed to a greater surface area and more can potentially be fixed by the colloidal fraction of the soil. Band or row placement of P fertilizers will reduce the surface area contacted by the fertilizer with a subsequent reduction in P fixation and an increase in P availability. Banding is of critical importance on low phosphate soils with a high fixation potential.

Since the 1930's, the superiority of banding over broadcasting P fertilizers has been recognized by agronomists. Phosphate fertilizer recommendations for winter wheat have generally advocated doubling the banding P rate if a broadcast application is to be used. Peterson et al. (1981) examined the literature and conducted field tests to confirm this recommendation and found it insupportable. Instead, they concluded that the relative effectiveness of P application method changed as the soil test level changed (Table 3). Soils with very low levels of available P require three times the amount of P when broadcast as compared to a banding application. Moderate to slightly P deficient soils produced the same level of response when equal amounts of P were either broadcast or banded. Phosphorous fertilizer recommendations then should be related not only to soil test levels, but also to the method of application.

TABLE 3. Applied phosphorous rates to maximize grain yield for broadcast and band applications

Soil test level (ppm)	Optimal P rate (kg/ha) broadcast	Optimal P rate (kg/ha) banded	Broadcast rate / Band rate
8	73	12	3.1
10	45	28	1.6
14	45	30	1.5
17	45	45	1.0
19	45	43	1.1
19	27	22	1.2

(Peterson et al., 1981)

Soil Fertility Effects on Disease Incidence and Severity

Take-all root rot (*Gaeumannomyces graminis* var *tritici*) is a major soil-borne fungal disease of wheat in temperate climates. The most serious yield losses occur in high rainfall or irrigated areas when wheat is continuously cropped. Early planting favors infection and fungal establishment. Mild winters and cool wet springs further promotes fungal spread throughout the root system. Nitrate-nitrogen uptake promotes fungal damage while ammonium-nitrogen uptake decreases disease severity. Banding phosphorous with the seed will promote root growth, particularly in cool, wet soils and the enhanced plant vigor will reduce take-all damage. Banding chloride fertilizers with or near the seed or spring applications of chloride fertilizers will also reduce disease severity of not only take-all root rot but leaf and head diseases such as stripe rust and Septoria in wheat (Jackson *et al.*, 1981). Christensen *et al*. (1981) hypothesize that one mechanism by which Cl suppresses take-all root rot in wheat is by plant uptake of Cl which lowers the water potential in the root and thereby retards the rate of root colonization by the pathogen.

Christensen *et al*. (1981) determined that spring chloride (Cl) fertilizer applications reduced the osmotic potential 2-4 bars in the leaves of winter wheat and presumably in the roots as well. Cook *et al.* (1972) have demonstrated the sensitivity of take-all infection to decreasing water potential by measuring the rate of hyphal growth under osmotically controlled water potentials. Their work suggests that host susceptibility to root colonization by take-all is reduced by lowering the root water potential. It is also possible that the inoculum potential of take-all was indirectly reduced by Cl applications through a change in quantity or composition of root exudates.

Striking responses were measured as a result of chloride application to winter wheat infected with take-all (Table 4). Fresh weight at the milk ripe stage, kernel weight and grain yield were increased by a spring topdressing of chloride. This research has demonstrated that with careful cultural and fertilizer management, the occurrence and damage from take-all root rot can be reduced.

TABLE 4. Winter wheat fresh weight yield (milk stage), grain yield and kernel weight as influenced by spring topdressed N and Cl variables.

Site	Fertilizer treatment			Yield		
	N source	N rate	Cl rate	Fresh weight	Grain	Kernal
		kg/ha		g/60 cm row	kg/ha	g/1,000
B	$(NH_4)_2SO_4$	140	0	475[a]	5,420[a]	43.4[a]
	NH_4Cl	140	355	605[b]	7,570[b]	47.3[b]
C	$(NH_4)_2SO_4$	140	0	632[a]	6,720[a]	52.3[a]
	$(NH_4)_2SO_4$+KCl	140	101	690[a]	7,530[b]	54.4[a]
	$(NH_4)_2SO_4$+NaCl	140	101	683[a]	7,530[b]	57.9[a]
	NH_4Cl	140	355	711[a]	7,490[b]	55.4[a]

(Christensen et al., 1981)

Values within a column followed by the same letter are not significantly different (α = 0.05).

Soil Fertility Effects on Cereal Residue Quality as an Animal Feed

Cereal dry matter production and the crude protein of cereal residues are directly related to the degree of water stress a plant experiences and the amount of plant available nitrogen. It is generally agreed that while water stress decreases overall dry matter production, it increases the crude protein percentage in all plant parts (Fedack and Mack, 1977; Aspinall et al., 1964). In North Africa, where high quality forage products are chronically deficient, cereal residues can best be used as a maintenance ration for non-lactating animals. Research in the semi-arid regions of Oregon has begun to explore the relationships between water stress, nitrogen availability and cereal residue forage quality.

The intensity and duration of water stress on cereals can be integrated in the stress-day concept of Hilar and Clark (1971). Briefly, this concept determines the intensity and duration of water stress during each phenological stage of growth. It relates the cumulative measure of water stress (termed Stress Day Index, SDI) to the yield of grain or dry matter. The Stress Day Index (SDI) is calculated as:

$$SDI = \sum_{\text{emergence}}^{\text{harvest}} \left(1 - \frac{\text{actual transpiration}}{\text{potential transpiration}}\right)(CS)$$

where (CS) is a numerical measure of the crop susceptibility to water stress for each stage of growth

In the cereal-fallow regions of Oregon, the primary determinant of grain, residue, and crude protein yield is the level of water stress (SDI) (Table 5).

The level of available nitrogen (N) (soil N + fertilizer N, kg/ha) has a significant but lesser effect on these responses. Water stress (SDI) reduces yield potential and the physiological nitrogen sink size. Decreasing amounts of soil water further limit nitrogen uptake and conversion to crude protein by restricting the amount of N that can move into the roots through mass water flow. These two effects of limited water supply combine to reduce crude protein levels in cereal residues even when nitrogen levels are increased (Figure 1).

The productivity of cereal-livestock systems in North Africa can be greatly improved. Moisture conservation practices will increase the supply of available water, reduce plant-water stress and increase the productive potential of the area. Effective moisture conservation in conjunction with improved cultural, weed control, and fertilizer management techniques will optimize both grain yield and cereal forage quantity and quality.

TABLE 5. The effect of water stress (SDI) and available nitrogen level (N) on grain, residue, and protein yield using multiple regression coefficients.

Grain yield (metric tons/ha)

Grain yield = 5.81 - 0.043 (SDI)

Residue yield (kg/ha)

Straw = 3801.12 - 25.84 (SDI)
Chaff = 2363.76 - 18.35 (SDI)

Crude Protein yield (kg/metric ton of residue)

Straw = 977.92 + 22.28 (SDI) + 4.95 (N)
Chaff = 1706.24 + 24.59 (SDI) + 6.81 (N)

Fertilizer Use in Conjunction With Soil Testing

In North Africa, the majority of fertilizer materials are ammoniacal derivatives. Ammonium sulfate, urea, ammonium phosphates, and ammonium nitrate are common sources of N, P, and S. The ammonium form of nitrogen in fertilizer materials possesses certain advantages and disadvantages. The primary advantage is its reduced rate of leaching and denitrification compared with nitrate forms of nitrogen. The primary disadvantage is that ammonium forms of nitrogen volatilize when broadcast and left on moist calcareous soil surfaces. Urea is more prone to ammonia volatilization than are other forms of nitrogen.

Ammonium sulfate (24% S) and single super phosphate (10% S) have been common fertilizer materials in North Africa where native sulfur levels may be deficient. Researchers in North Africa (Beaton and Fox, 1971; Ahn, 1977) have pointed out that sulfur deficiencies do become apparent when N and P fertilizers without S are used. Sulfur deficiencies may be widespread where organic matter levels are low, S-carrying fertilizers are not used and S from

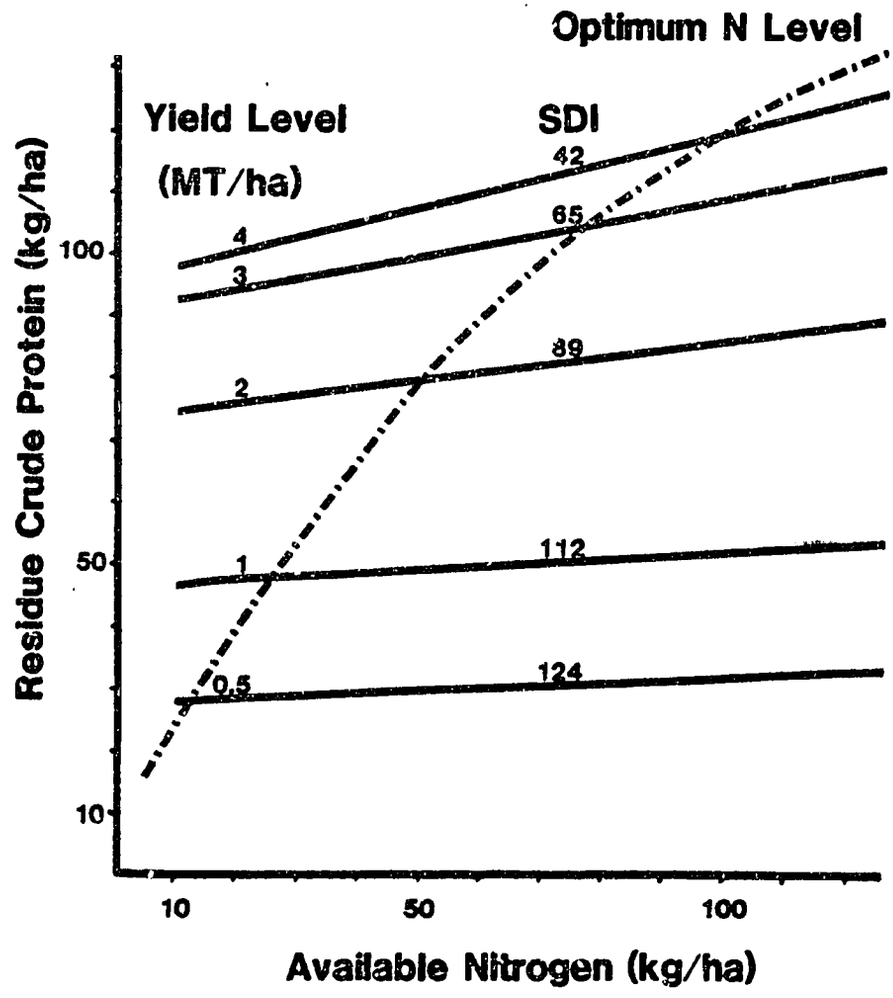


Figure 1. The effect of water stress levels (SDI) and available nitrogen on cereal residue crude protein levels.

industrial fumes is not added to the soil with precipitation. The sulfur requirement for cereals is relatively low. A N:S ratio of 14:1 in plant tissues is adequate for normal growth (Tisdale and Nelson, 1975). The cost of including sulfur in a fertilizer management program is low since N-P fertilizer materials carrying S will insure an adequate level of S for normal plant growth.

The addition of any fertilizer material by a farmer carries with it two significant risks. First, that the addition of fertilizer will increase yield. Second, that the yield increase will result in a profit that will meet the additional fertilizer cost and provide the farmer a net profit greater than if he had not applied fertilizer.

Nitrogen fertilizer application must be balanced to the level of available soil moisture. Under normal growing conditions, soft white,and hard red winter wheat require 25 and 40 kg N/metric ton of grain, respectively (Glenn and Bolton, 1982; Gardner et al., 1980). Over-fertilization with nitrogen will often stimulate excessive vegetative growth, delay maturity,and cause a higher level of water stress during the grain filling period. The result of excessive nitrogen fertilizer application is a reduction in net income due to a lack of an additional fertilizer response or a yield reduction in some cases. Yield reductions from over application of phosphorous and sulfur are rare; however, they do result in a loss of net income.

Soil testing for nitrogen and phosphorous can reduce the uncertainty associated with fertilizer application. Standard laboratory procedures have been developed to determine the nutrient availability level of nitrogen and phosphorous. The correlation of laboratory soil test values with field response data in North Africa can extend and confirm soil test calibration information developed in other similar areas of the world. Soil testing for N and P can help identify fields that will not respond to these nutrients. Soil testing will also provide a base from which fertilizer recommendations for N and P by extension and research workers can be determined.

LITERATURE CITED

Ahn, P.M. 1977. Soil factors affecting rainfed agriculture in semi-arid regions with particular reference to the Sahel zone of Africa. In: An International Symposium on Rainfed Agriculture in Semi-Arid Regions.

Aspinall, D., P.B. Nichols, and L.H. May. 1964. The effects of soil moisture stress on the growth of barley. Aust. J. Agri. Res. 15:729.

Bartholomew, W.V. 1965. Mineralization and immobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. In: Soil Nitrogen. (Ed.) W.F. Bartholomew and F.E. Clark. No. 10. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wis.

Beaton, J.D. and R.L. Fox. 1971. Production, marketing and use of sulfur products. In: Fertilizer Technology and Use. (Eds.) R.A. Olsen, T.J. Army, J.J. Hanway,and V.J. Hilmer. 2nd ed. Soil Sci. Soc. Amer. , Madison, Wis.

Brady, N.C. 1974. The Nature and Properties of Soils. 8th edition. Macmillan Publishing Co. New York.

Christensen, N.W., R.G. Taylor, T.L. Jackson, and B.L. Mitchell. 1981. Chloride effects on water potentials and yield of winter wheat infected with Take-All root rot. Agron. J. 73:1053-1058.

Cook, R.J., R.I. Papendick, and D.M. Griffin. 1972. Growth of two root rot fungi as affected by osmotic and matric water potentials. Soil Sci. Soc. Amer. 36:78-82.

Ewell, R.H. 1974. Fertilizers. The limiting factor in the success or failure of the green revolution. p. 733-802. In: V.H. Fernandez (Ed.), Fertilizers, Crop Quality and Economy. Elsevier Scientific Pub. Co., New York.

Fedack, G. and A.R. Mack. 1977. Influence of soil moisture levels and planting dates on yield and chemical fractions in two barley cultivars. Can. J. Plant Sci. 52:261-67.

Gardner, H. and N.R. Goetze. 1980. Winter wheat (non-irrigated Columbia Plateau). FG 54. Oregon State University Extension Service.

Glenn, D.M. and F.E. Bolton. A stochastic approach to nitrogen fertilization of dryland soft white winter wheat in the Pacific Northwest. Agron. J. (submitted 1982)

Hammsen, G.W. and G.J. Kolenbrander. 1965. Soil inorganic nitrogen. In: Soil Nitrogen. (Ed.) W.F. Bartholomew and F.E. Clark. No. 10. Amer. Soc. Agron. Inc. Madison, Wis.

Hauser, G.F. 1974. FAO's efforts to increase food production by promoting fertilizer use. p. 343-363. In: V.H. Fernandez (Ed.), Fertilizer, Crop Quality and Economy. Elsevier Scientific Publishing Co., New York.

Hilar, E.A. and R.N. Clark. 1971. Stress day index to characterize effects of water stress on crop yields. Trans. ASAE 14:757-61.

Jackson, T.L., R.L. Powelson and N.W. Christensen. 1981. Combating Take-All root rot of winter wheat in western Oregon. FS 250. Oregon State University Extension Service.

Luebs, R.E. and A.E. Laag. 1964. Tillage and nitrogen for dryland grain in a winter rainfall climate. Bull. Calif. Agric. Exp. Stn. 805.

Miller, M.F. and H.H. Krusekopf. 1932. The influence of systems of cropping and methods of culture on surface runoff and soil erosion. Res. Bull. 177. Missouri Agr. Exp. Station.

M'Rad, M.S. 1977. Rainfed agriculture in semi-arid Tunisia. In: An International Symposium on Rainfed Agriculture in Semi-Arid Regions. April 1977. Riverside, CA. Consortium for Arid Lands Institute.

Onstad, C.A. 1972. Erosion modeling on a watershed. Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 15:287-289.

Peterson, G.A., D.H. Sander, P.H. Grabouski, and M.L. Hooker. 1981. A new look at row and broadcast phosphate recommendations for winter wheat. Agron. J. 73:13-17.

Smith, S.J., L.B. Young and G.E. Miller. 1977. Evaluation of soil nitrogen mineralization potentials under modified field conditions. Soil Sci. Soc. Amer. 41:74-76.

Stanford, G. and E. Epstein. 1974. Nitrogen mineralization-water relations in soils. Soil Sci. Soc. Amer. 38:103-107.

Stanford, G., J.O. Legg, and S.J. Smith. 1973. Soil nitrogen availability evaluations based on nitrogen mineralizations potentials of soils and uptake of labeled and unlabeled nitrogen by plants. Plant and Soil 30:113-124.

Stanford, G. and S.J. Smith. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Amer. 36:465-72.

Swenson, R., W.C. Dahnke, and D.D. Patterson. 1979. Nitrate nitrogen accumulation and management in some North Dakota soils under dryland conditions. North Dakota Farm Res. 36(5):3-8.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. 3rd Edition. MacMillan Publishing Co., New York.

THE FERTILIZATION OF WHEAT IN TUNISIA

S. Rezgui

I. INTRODUCTION

It is known that plants get their nourishment from the air and from the soil. Through its roots, the plant takes water and the principal fertilizers necessary to its growth: nitrogen, potassium, and phosphoric acid. In Tunisia, the land is generally rich in potassium and poor in organic materials. In dryland farming, a quantity of humus is destroyed each year by prolonged drought and the strong heat of the summer. Only the action of mineral fertilizer does not have the same effect on vegetation. It is necessary to renew this organic fertilizer to maintain the fertility of the soil by fertilizing the farms. In fact, it is the mineral fertilizer that is most often used in cereal producing. It represents 50% of the total volume of fertilizers.

II. GENERALITIES ON MINERAL FERTILIZERS

In the center and the south of Tunisia climatic risks are such that they overrule all other aspects of farming. In effect the average rainfall in this region is 150 mm and presents a variability expressed by the volume of rainfall at the time of seeding(total rainfall is situated between 0.32 and 0.89). In this region, cereal producing is not profitable except with a very minimum investment. Because of this, cereal producers of this region don't invest in mineral fertilizers unless the year is a particularly good one. In view of the modesty of yields produced in this region, cereal producers in the center and the south are not in a position to improve their cultural practices with the purchase of necessary inputs.

Considering the difficult climatical conditions, cereal producers are not allowed easy credit and as a consequence, are not able to adopt all the modern techniques of production.

In contrast, in the north climatical conditions are relatively favorable. Rainfall varies from 400 mm to 700 mm per year and the variability of rainfall at the time of planting of the total rainfall is between 0.29 and 0.69.

This difference of rainfall between the two regions seems to be the reason for deciding which land is to be sown with wheat and the amount of fertilizers used for wheat.

Phosphoric acid is plowed into the soil during the summer after the removal of stubble. Farmers use either Super 45 or Super 16, according to what's available. Note that an adequate dose of Super 16 will serve for two successive harvests because of the varied composition of this fertilizer. On the contrary, the action of Super 45 is more rapid and will serve for only one harvest.

The amount of nitrogen used depends on the previous crop and, more important, on the moisture content of the soil. In principle, cereal producers of the north apply two applications, one at the time of seeding and another during tillage.

III. CALCULATING THE ACTUAL NEEDS OF FERTILIZERS

The estimate of the allotment of nutritional elements necessary for each hectare and for one harvest of wheat is expressed as follows:

50 to 60 kg of phosphoric acid
90 to 110 kg of nitrogen
70 to 80 kg of potassium

(Source: Note from D.R.V., dated Jan 14, 1980)

Thus, a restitution of these elements to establish adequate fertility is necessary. In view of the results obtained by the Division technique, the actual needs in fertilizing wheat are calculated according to the rainfall and the previous crop:

a) Nitrogen Fertilizers:

For the north:	700,000 ha x 200 kg =	140,000 T
For the center and the south:	800,000 ha x 100 kg =	80,000 T
Total:		220,000 T

b) Phosphate Fertilizers (Super 45):

For the north:	700,000 ha x 100 kg =	70,000 T
For the center and the south:	800,000 ha x 70 kg =	56,000 T
Total:		126,000 T

The actual consummation in the levels of fertilization is far from the best utilization in spite of the plans of de.elopment that are always provided for the utilization of relative high amounts of fertilizer. As is illustrated by Table 1: The average cereal production in the north uses about 1/4 of its needs in nitrogen and only 1/3 of its needs in phosphates. Thus, we admit that certain farmers practice a kind of "vampire" farming where they take without giving back what they have taken from the land.

In addition to the average annual growth of fertilization, this is never matched with the use of high-yielding varieties (varieties characterized by a high potential production and in consequence larger needs of nutritional elements). Table 5.

c) The stocking of Supplies by Farmers

Fertilizers with a fixed composition used in cereal producing are either made in Tunisia or imported, then distributed by large retailers who operate a very organized distribution network throughout Tunisia. It appears, however, that the volume of fertilizer handled by this distribution network presents a problem in the management of stocks. In effect, none of these distributors can support the expenses of storage for several months because it requires such a large capital investment. For that manner, the farmer would rather take his needs at the time he needs it. That's why there are irregularities in stockage that creates problems in the process during the growing season.

In addition to this constraint, the fertilization of wheat is in direct relation to the size of the farm, knowing that 80% of 326,000 farms are less than 20 hectares.

IV. INTERPRETATION OF THE RESULTS OF FERTILIZATION

The necessity to put into operation a program for fertilization adapted to the cereal producing zones of Tunisia is justified by the introduction of new high-yielding varieties of wheat since 1968. Numerous and diversified fertilization trials that have been carried out within the framework of activities of the Division Technique on wheat crops during the last 12 years permit us to draw the following conclusions:

- The nutritional element that limits the production of wheats in Tunisia is nitrogen which depends foremost on the quantity and distribution of rainfall on one hand and on rotation on the other hand.

- The effect of nitrogen on yields represents an increase from 2.2 Qx/ha to 7.02 Qx/ha in dryland farming. This increase is estimated at 23.7 Qx/ha in irrigated wheat crops. These results are illustrated in Table No. 3, but can be summarized as follows:

Zones	Recommended Doses in units/ha	Increase in yields Qx/ha	Net earnings in dinars	Ratio of Earnings/ Expenses
Z 1-a	100	7.02	43629	3.12
Z 1-b	67	4.012	22460	2.58
Z 2	45-67	2.2 - 3	10,000-13,500	2 -
Z 3	67	4.37	25,763	7.17
Irrigated	150	23.7	186,624	2.81

REPRESENTATION OF HECTARES SOWN WITH WHEAT AND

% OF HIGH YIELDING VARIETIES BY ZONE (TABLE 1)

	1973 - 74		1974 - 75		1975 - 76		1976 - 77		1977 - 78		1978 - 79		1979 - 80		1980 - 81		Averages	
Zone	Ha. of Wheat	% HYV	Ha. of Wheat	%HYV	Ha. of Wheat	% HYV	Ha. of Wheat	% HYV	Ha. of Wheat	% HYV	Ha. of Wheat	% HYV	Ha.of Wheat	%HYV	Ha. of Wheat	% HYV	Hectares of Wheat	% High Yielding Varieti
Z 1	254.616	42.8	260.570	79.6	263.345	132.7	255.135	195.26	260.700	207.8	243.630	239.18	269.720	305	260.093	477	258.476	161.2
Z 2	239.902	13.1	271.314	22.9	269.588	49.65	291.856	55.97	272.019	69.58	293.445	92.35	298.323	104.2	287.813	128.7	278.033	60.6
Z 3	181.121	56.6	169.100	106.22	169.618	154.17	132.616	130.36	99.600	202.37	96.353	270.5	99.538	204	96.745	270.1	130.586	137.3
Z 4	78.300	13.81	126.605	3.01	105.355	4.16	98.420	6.29	94.956	6.45	109.647	6.7	100.418	7.8	65.048	10.09	97.343	6.85
Total	753.939	23.75	827.589	31	807.906	43	778.027	45,5	727.269	49.5	743.075	52.47	767.999	56	709.699	64	764.438	45.3

Z 1: Bizerte, Beja et Jendouba

Z 2: Kef et Siliana

Z 3: Zaghouan et Nabeul

Z 4: Kasserine

Office des Céréales

Projet Céréales

AMOUNTS OF FERTILIZERS USED PER ZONE

SHOWN IN UNITS/HA

(Table 2)

ZONE	1973-74		1974-75		1975-76		1976-77		1977-78		1978-79		1979-80		1980-81		Averages	
	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2	P_2O_5	N_2
Z 1	18,3	14,9	22	20,73	23,32	27,24	28,72	30,08	36,16	25,8	37,57	33,2	35,66	29,36	46,77	36,85	31,05	27,3
Z 2	7,3	5,2	10,1	6,5	11,6	9,06	12,19	4,73	13,84	6,57	16,02	8,32	13,66	6,06	15,5	11,36	12,5	7,26
Z 3	18,77	17,5	30,4	10,92	16,76	15,4	22,43	14,4	22,92	21,03	32,15	22,14	21,33	18,34	28,85	23,32	22,8	17,1
Z 4	0,38	0,53	0.51	0,32	0.66	0,53	0,51	0,66	0,33	0,73	0,4	0,84	1,05	1,26	1,31	1,66	0,62	0,8
Averages	13,05	10,94	16,52	10.95	15,08	15,2	17,88	14,18	21,32	14,68	21,70	17,17	20,73	15,20	27,5	21,44	19,08	14,9

Z 1 : Bizerte, Beja et Jendouba

Z 2 : Kef et Siliana

Z 3 : Tunis, Zaghouan et Nabeul

Z 4 : Kasserine

RESULTS OF FERTILIZATION TRIALS

Z 1a: BEJA ET MATEUR: AVERAGE OF 25 TRIALS

Units	Average Yields	Yield Increases	%	Net Benefit in Dinars	Gain/Cost	Response Ratio
0	31,412					
33	35,344	3.932	12,52	28,274	4,67	35,88
67	37,344	5.932	18,9	40,028	3,81	18,67
100	38,432	7.02	22,35	43,629	3.12	12,87
133	39,06	7.648	24,35	43,023	2,6	9,84

Z 1b: JENDOUBA, TEBOURSOUK ET MEDJEZ: AVERAGE OF 25 TRIALS

0	29,86					
22	32,04	2.18	7,3	14,361	3,57	48,79
45	32,68	2.82	9,44	15,788	2,58	24,33
67	33,872	4.012	13,44	22,460	2,58	16,94
90	34,004	4.144	13,88	19,238	2,03	12,66

Z 2: KEF, SILIANA, BOUARADA ET KRIB: AVERAGE OF 35 TRIALS

0	25,14					
22	27,186	2,046	8,14	13,135	3,35	41,4
45	27,331	2,191	8,72	10,033	2,00	20,35
67	28,174	3,034	12,07	13,511	1,95	18,88
90	28,888	3,748	14,91	15,614	1,84	10,75

RESULTS OF FERTILIZATION TRIALS
(Cont.)

Z 3: ZAGHOUAN, FAHS ET BORJ EL AMRI: AVERAGE OF 23 TRIALS

Units	Average Yields	Yield Increases	%	Net Benefit in Dinars	Gain/ Cost	Response Ratio
0	23,75					
22	26,173	2.423	10,2	16,584	3,97	39,85
45	27,313	3.563	15	22,586	3,26	20,33
67	28,123	4.373	18,41	25,763	2,81	14,06
90	27,97	4.22	17,77	19,933	2,07	10,41

Z 4: KAIROUAN EN IRRIGUE: AVERAGE OF 7 TRIALS

0	21,73					
50	32,2	10,47	48,2	84,823	8,73	21,57
100	39,243	17,513	80,6	139,640	7,78	13,15
150	45,43	23,7	109,07	186,624	7,17	10,15
200	43,57	21,81	100,4	159,704	5,01	7,3

Fundamental Principles on the Use of Medic/Cereal Rotation in the Semi-Arid Areas

A. B. K. Dahmane

I. Major constraints limiting cereal production in the semi-arid areas in Tunisia.

In the semi-arid areas where rainfall varies from 250-500mm, several constraints are encountered by cereal producers; the major ones are the biophysical and the socio-economic constraints. Among the biophysical constraints, rainfall is the most limiting being irregular and insufficient in terms of quantity and quality. Meteorological studies (1969) have shown that, in the upper semi-arid zone where the annual rainfall ranges from 400 to 500mm, there is a 50% probability that the annual precipitation could reach 400mm, but it is more likely that the annual rainfall wouldn't be more than 300mm (probability .8).

The unpredictable precipitation, the insufficient water reserve, coupled with the occurrence of high temperatures in the spring and summer seasons are responsible for the annual rainfall deficit. In the semi-arid areas the annual evapotranspiration potential will vary between 1200 to 1500mm (Rion 1980).

The combined effect of high temperature (excess thermique) and water deficit (deficit hydrique) at the stage of grain development, may reduce the uptake of minerals and water by the upper parts of the plant and result in shriveling of the grain. Thus, cereal production is then highly dependent on variation of the annual precipitation; thus, the "search" for means that allow yield stability to be reached in these areas becomes very important.

Irrigation would be profitable in the semi-arid areas and warm climates and would result in improving small grain yields, and seed quality. However, in the areas where water is available for irrigation, it is generally used for cash crops (vegetable crops), particularly the off-season crops. Thus for small grains, and where available water is limited, the water reserve in the soil could be saved (to an extent) by the use of some dry farming techniques such as the practice of "clean fallow". Cultural practices would allow moisture to be saved in the soil and would result in better seed germination and subsequent plant development.

In the semi-arid regions, the soil surface evapotranspiration on bare soils is very important as shown in the following table (Yankovitch 1956).

Annual Rainfall (mm)	Evapotranspiration (mm)
486	319
386	342
420	372
412	346

Research conducted in the U.S.A. (Mathew & Army 1960) and Australia (French 1966) have shown that the soil moisture (at an off-season period) varied from 1.4% to 20%. However, the water reserve at a depth of more than 30cm would not be available to the cereal crop especially at the seedling stage. After 20 years of agronomic research conducted on "clean fallow", Yankovitch concluded that in North Africa, wheat yields are determined by the amount of moisture available at seeding time. It was also recognized that variations in yield, regardless of cultivation technique adopted, are associated with the rainfall variability.

Another biophysical constraint is the soil. In Tunisia, soils under cereal production are not very fertile. The arid conditions limit vegetation development and consequently accentuate wind and water erosion. The cultural practices adopted, especially in an annual cropping system using cereals, reduces the fertility of the soils, and the microorganisms in the soil. After about 50 years of practicing the "dry farming systems" in the semi-arid regions devoted to cereal production, soils in these regions have a low fertility rate due to the imbalance between the vegetation (crop) and the organic matter available and because of the losses that occur after water or wind erosion and the lack of supplemental humus or crop residues. Several studies have shown that the nitrogen level in the soil decreased after long periods (20 years or more) of land use, especially in a strict rotation system (fallow-cereal). In Australia, Clark and Marshall (1947) found that after 16 to 20 years of a fallow-wheat rotation, the total nitrogen available in the soil (in the upper 15 cms. of a brown red soil) decreased from 0.158% to 0.094% and from 0.222% to 0.135% respectively. Williams and Lipsett (Australia 1961) found that after 40 years of a strict cereal/fallow rotation on a prairie, carbon, nitrogen, and sulfur content decreased by 20 to 50% and about 17% loss in organic matter and phosphorus in the soil. Valdeyron (1954) found

that the fallow/wheat rotation system adapted in Northern Tunisia is not effective with regard to soil fertility conservation and is not economically efficient due to low yields. Although supplemental phosphorus and potassium fertilizers are required for cereal production in the semi-arid areas, this may not be true with regard to mineral nitrogen. The absorption of mineral N depends on the available moisture in the soil, which depends on the physical properties of the soil and the amount of precipitation. Chemical fertilizers would increase the osmotic pressure of the soil solutions and thus would not favor the water absorption by cereals under low rainfall conditions.

The analysis of the biophysical constraints shows the factors that limit cereal production in the semi-arid regions. In addition, the socio-economic constraints such as low technical level of the farmers, insufficient funds, debts, lack of insurance in case of crop failure, etc., will not encourage investment in terms of: mechanization, transport, chemical fertilizers, herbicides, etc. Thus, cereal production will be limited. Cereal production is very low due to incompatibility of the crop production system with regard to soil fertility and its mineralization and the mono-sectorial character based on cereals as the sole source of income.

Based on these observations, it is then important to identify and develop a cereal production system that can be adapted to the semi-arid regions, and the prevalent climatic and socio-economic constraints. The introduction of legumes in the crop rotation system would be of a greater advantage for cereal production when it is used under proper biophysical conditions.

II. Annual medic/cereal rotation system in the semi-arid regions of Tunisia

The use of annual medic in cereal crop rotation in the semi-arid regions is based on the following criteria:

1. The use of the biological characteristic of medics, that is, it adapts better to the biophysical factors.
2. Improvement of cereal production and increase of total protein production.
3. Diversify the income resources which guarantee the financial security - particularly during dry years.

These three criteria are not exclusive but are closely associated and are based respectively on the following:

First Criteria - Medics (annual luzerne or "nefla" in Arabic) are drought resistant in the arid areas. The adoption of medics to marginal climatic conditions is due largely to the hardness of the medic seed and to the rapid germination and growth rates of medics when rainfall occurs. The characteristic kernel hardness of medics provides self regeneration - depending on climatic conditions of each season. In addition, compared to xerophytes, medics have a high root/aerial plant part ratio when rainfall is low as shown in the following table.

Table 1. Variation of root/aerial plant part ratios in relation to annual rainfall (mm)

Variety	Cultivar	Rainfall 200	250	300	350	400	450	500
Medicago truncatura	Jemalong	.249	.239	.216	.164	.152	.138	.164
Medicago littorales	Harbinger	.239	.184	.184	.132	.118	.114	.112

(Dahmane and Griva unpublished results)

These biological characteristics of medics are efficient in terms of water use by the biomass. Following are four major reasons why medics are of interest for the semi-arid regions:

1. Earlier soil coverage by developing foliage which reduces erosion effects.
2. Increased soil nitrogen level - medics increase the soil nitrogen during their development by symbiosis. The amount of fixed nitrogen in the soil varies from 50 to 300 Kg/ a/year depending on the rainfall and soil characteristics.(Dahmane,1978). In addition, the medics absorb animal wastes which reduces their requirement for additional soil nutrients.
3. Coordination of cereal and medic cropping practices will enhance livestock development. Five to ten tons of medic forage, having high nutritive value (.75 UF), can be produced per hectares. This would allow an increase in the flock size from 6 to 10 ewes per hectare and improve animal protein; the daily gain in terms of live weight is about 200-300 grams per ewe.

4. Medic pods covering the soil in the summer, have a high protein content (8%), and provide an important forage reserve for sheep during the dry season. During winter, a reserve of forage provided by medic hay, will reduce the risk of overgrazing of the plots in the rotation scheme.

Second Criteria - The improvement of cereal productivity may be improved following medics as a preceeding crop. In fact, mineralization of the organic nitrogen in the remaining medic roots depends mainly on climatic conditions such as rainfall, soil moisture, and temperature, aeration,etc. The remaining organic nitrogen in the soil constitutes a nitrogen reserve which could be used by cereals depending on its various physiological growth stage and development. Braun's (1974) studies show that high yields are correlated with high nitrogen availability in the soil. This interrelation among climate, nitrogen availability in the soil and cereal yields shows the importance of medic/cereal rotations mainly in the areas where rainfall causes problems related to the use of nitrogen fertilizers. Such a rotation system reduces the risks of a chemical fertilization (lodging, nitrogen deficiency, yellow berry), reduces costs of the nitrogen fertilizers,and stabilizes yields. In addition, it improves soil structure and decreases pest populations (mainly nematodes).
The effect of medics in rotation would encourage the use of high-yielding varieties and thus increase cereal production.

The value of medic rotation in the semi-arid regions and in areas devoted to cereal production, is not only the improvement of soil fertility but also the increase of total protein production, in time and per unit area. (French, Matheson and Clark, 1968). A study on the evolution of the use of medics in semi-arid regions of Tunisia (Rhimi, 1979) has shown that on ten farms studied, the number of sheep were increased from 1660 head in 1973 to 8260 head in 1979. This increase was highly correlated (R=0.8) with the increase in area occupied by a medic/cereal rotation. Thus the increase in the number of sheep and total weight gain under Tunisian climatic and soil conditions can reach 350 to 390 Kgs/Ha (Dachet, 1979). This increase justifies the use of medics in Tunisia in order to improve livestock production.

Third Criteria - The introduction of livestock within cereal producing areas constitutes a double interest of resource income for farmers; meat and wool production in one instance and cereal production and meat production in the other; the equivalent of 25 quintals of cereal per hectare/per year (Gachet, 1979) which is equivalent to approximately 200 dinars (excluding the value of the wool.) Thus the medic/cereal rotation system insures better financial stability to the farm, more than the fallow/wheat rotation system. The medic/cereal rotation system is an efficient system that improves productivity in semi-arid regions despite the unpredictable effects of drought.

Conclusions - It is important to note that these criteria are subordinate to the management system, medics in the prairies, cultivation techniques, and to the annual frequency of medic to cereal crops in the rotation. In addition, the success of the medic/cereal rotation system depends on the degree of livestock introduction in the cereal producing areas. If in Tunisia, this system is not widely adopted, it is due to some socio-economic reasons. In addition, particular precautions must be considered such as grazing date and length, sheep number per hectare, phosphate, top trimming of medics, cultivation at the seeding of cereals following medics. In fact, the lack of sheep is a major constraint toward the success of this system. Non-grazed and non-fertilized (P_2O_5) medics are quickly taken over by weeds (graminae) which are able to take advantage of the nitrogen fixed by medics rather than the cereals that follow. We suggest that the government encourage cereal producers to increase the number of sheep on their farms; for example, have 5 to 8 sheep per hectare on a field of well established medic. After five years, farmers can turn their sheep over to state agencies. These sheep would constitute a reserve for farmers adopting a medic/cereal rotation system and would encourage the improvement of livestock management on prairies out of rotation in the marginal areas.

THE MEDICAGO-WHEAT ROTATION SYSTEM AND ITS EVOLUTION IN TUNISIA

Haddad Ali

INTRODUCTION

The introduction of the Australian system of Medicago/wheat rotation in Tunisia dates from 1971.

The Technical Division of the Office of Cereals began the first tentative use of Medicago in rotation with cereals. The idea came following a decrease in animal production which came about due to the general cooperative experiment during the 1960's.

The Medic/wheat system is perhaps one of the solutions which might open the possibility of integrating animal production with cereal production and might help combat the meat deficiency.

This system doesn't change the production of cereals, but favors a more important (larger) animal load per hectare by replacing a less productive fallow with an annual legume crop of good quality forage.

Two essential factors encouraged Tunisia to try this experiment. They are:

1) Medicago is a plant that is familiar to us; it grows easily throughout the countryside and even in certain fields which are plowed deep. In certain areas we see about 60% Medicago among the self-grown plants. With time, this plant can develop rhizobia making it as favorable as imported varieties if they are not chosen to have a need for innoculation.

2) Australia, which is the country of origin of the Medic/wheat rotation system, is characterized by climatical and environmental conditions similar to those of our country. The similarity is very great in that it concerns the length of the growing season, rainfall and its distribution, a d the temperature

with its fluctuations. This fact gives the idea that there is no reason that this system wouldn't work in Tunisia.

INTRODUCTION OF THE SYSTEM IN TUNISIA

Through the Technical Division of the Office of Cereals, Tunisia introduced the Medic/wheat system after being encouraged by the good results of this system in Australia and impressed by the agrio-economic advantages which can be summarized as follows:

- Increase in animal load per hectare
- Improvement of the soil structure
- Nitrogen enrichment of the soil
- Reduction of erosion
- Minimize operational costs

The introduction of this system of crop rotation must pass through two stages which are:

- the experimental stage
- the production stage

I. THE EXPERIMENTAL STAGE:

At the beginning of the introduction of the Medic/wheat crop rotation, the objective was to define the technical package relative to the system under Tunisian conditions.

Therefore we defined the following techniques:

- the variety or varieties best adapted
- adequate fertilization
- the effect of inoculation
- the seeding date and seeding rate
- the behavior (comportment) of wheat after Medic
- regeneration.

1) Varieties:

Four varieties of Medicago and one variety of clover have been tested in different regions having annual rainfall between 300 and 500 mm/year. These varieties are: Jemalong, Harbinger, Paragose, Cyprus and Clara. Of all of these varieties, only

two were chosen judging by their adaptation and good production:

- Jemalong = M. Truncatula
- Harbinger = M. Littoralis

Jemalong was very adaptable from the point of view of soil-type and rainfall but it was best adapted in areas where the rainfall is superior to 400 mm.

Harbinger is best adapted to light soils and less rainfall. It flowers two weeks before Jemalong. All the imported varieties cannot resist extreme cold, altitudes above 600 meters, and floods.

2) Fertilization

Medicago produces its own nitrogen, thanks to Rhizobia living in nodules in the roots. For the two varieties selected and commercialized, these nodules develop easily and this explains why the desired nitrogen level is reached without difficulty.

Medicago has shown a need for phosphate. The difference is clear between Medicago which received phosphate and that which did not. However, the difference was not decisive between the rates of 22 units, 45 units and 67 units per hectare, to be applied before the first rains of autumn.

3) Inoculation:

This is without effect on the imported varieties: this is the result of trials with and without inoculum. It is certain that the traces of rhizobia which exist in our soils will adapt to introduced varieties.

4) Seeding Date:

The seeding date is very dependant on when the rains begin. When the season is normal, an early seeding date gives the best yields, but when the rainy season is late, a later seeding date is better. But in any case, it is recommended to plant no later than the end of November.

An early seeding at the beginning of October always extends the period in which livestock can graze on the Medicago before flowering. Also, at this stage, grazing is recommended because

it permits the animals to control other self-grown plants which grow along with medicago.

5) Seeding Rate:

As the seeding rate is increased, medicago becomes more homogeneous. With a seeding rate of 10 kg/ha, one will obtain 40 to 50% of self-grown plants which grow with medicago. With a seeding rate of 15 kg/ha, this percentage is reduced to 10%. The recommended economical seeding rate is 12 kg/ha because this allows up to 70% of the purity of medicago which is acceptable for field production but not for seed production. Moreover, it is desirable that medicago be mixed with woody species such as grasses which reduces the case of hoove.

6) Wheat after Medic:

The production of wheat is what is important to the farmer and in spite of the advantages attributed to this system, it is not accepted unless the wheat yields are not decreased.

Our preliminary trials comparing wheat after medicago and wheat after fallow have shown that there is no significant difference in the yields. In three different regions in zones with rainfall from 350 to 450 mm, the average yields were 9.4 Qx after Medic and 9.83 Qx after fallow.

7) Regeneration:

In demonstration plots, regeneration was good and far surpassed the production of medicago in the first year. Average yields in dry matter in the three regions of the zone already indicated in the preceding paragraph were:

3.4 tons/ha of dry matter for first-year medicago
7.23 tons/ha " " " medicago regenerated.

The conclusion to draw from results obtained from this stage which lasted three years, is that technically and agronomically, the Medicago/wheat rotation system can function and replace the traditional wheat/fallow system in Tunisia. The

technical package has been more or less defined and it is now possible to start on the second stage, which is the extension of the system to the commercial scale.

II. EXTENSION TO THE LEVEL OF FARMERS:

For this system to be applied to the production scale, it must be passed along to the farmers with continual assistance by technicians from the Technical Division of the Office of Cereals. At this stage, experimental work continues to carry on but this time it is done completely under the conditions of the farmer. In consequence, our trials for the comparison of yields of wheat after Medic and after fallow are installed onto farmers' fields. The determination of herbaceous production is made on their fields of Medic, the estimation of the animal load per hectare is made in function of the length of exploitation, and the number of heads that each farmer lets graze on his medicago.

On the side of extension, the Technical Division of the Office of Cereals organizes each year, for the benefit of the farmers, commentary visits and field days in order to facilitate the practice of the system.

Facilities for procuring Medicago seeds are offered to the farmers. The prices are partly subsidized and credit is made available by the Office of Cereals.

1) Evolution of the System with Farmers:

Among the attributions of the Technical Division in this area is supplying farmers with seeds. This operation is made possible by an office under the supervision of the Office of Cereals which is, in the first place, of a commercial character. It is very important that we manage the supplying of seeds to the farmers, at least at this point, because we can facilitate the follow-up on those who are practicing this system and at the same time, evaluate the development year after year.

Areas planted in Medicago have evolved since 1971-72 like this:

Year	Area in ha First-year	Area in ha Regeneration	Total area in ha
1971-72	15		15
72-73	468		468
73-74	492		492
74-75	2770		2770
75-76	3128		3128
76-77	4550	555	5105
77-78	3091	1365	4456
78-79	3421	896	4312
79-80	2204	1234	3438
80-81	1413	2215	3628

2) Constraints:

Our objective at the beginning of the expansion phase was to realize 5000 ha a year of medicago. It is shown on the preceding table that, except in the year 1976-77 when we reached this amount, all the other years were far from this goal for several reasons:

- The delicateness of the system
- The farmer and his habits
- Extension

a) The delicateness of the system

In actual practice and on the scale of the Tunisian farmer, the Medicago/wheat rotation system is not simple. It is very fragile in such a manner that a breakdown in either part of the two phases, Medicago or wheat, produces defeat.

It is understood that the system is based on the spontaneous regeneration of medicago to continue; over-grazing of the medicago or very deep plowing when preparing to plant wheat will cause the regeneration process to fail. On the other hand, an under-dose of medicago seed or an absence of livestock to graze will favor the development of weeds and this will reciprocate on the wheat yield the following year. For this reason, an inexperienced farmer unaccustomed to this system will disgard the system at the first failure. The reduction in the areas of regeneration presented in the preceding table reflects this situation.

b) The Farmer and his Traditions

It must be noted that the Tunisian farmer is very attached to his habits; his conviction in the beneficial effect of fallow is indisputable. For him, to let the soil rest and accumulate moisture is assurance that he will have a good wheat yield. We should mention that often certain farmers planted medicago, grazed their fields until the end of March, then plowed the fields for the purpose of not missing the traditional spring tilling practices. In consequence, the medicago more or less stays buried with its flowers and pods.

Another habit harmful to this system which the farmer holds on to is deep plowing. For more reasons than one, it is difficult to change this habit, notably:

- The belief of the farmer of the beneficial effect of this plowing for wheat yields.
- The equipment that the farmer has cannot be easily replaced.

On the other hand, certain farmers don't have livestock and with the traditional system, they rent their fallow fields to transitory breeders/herders. Certain other

farmers have adopted a new system of Medic/wheat with the purpose of increasing the price of renting per hectare. In some cases this price is increased by ten times; for example, the Essaada farm near El Fahs raised the price from 5 dinars/ha for grazing fallow land to 50 dinars/ha for grazing medic.

If renting the grazing land is extremely profitable for the owner, it is not part of the system because the rules of survival consisting of not over-grazing and stopping the flowering stage are not respected.

c) Extension

As far as extension is concerned, I think I should simply say that it is not sufficient throughout the regional plan where the extension agents themselves don't know a great deal about the system and, if they are informed, they still have their priorities for other extension techniques.

3) Profitability to the Farmers of this System

In spite of all the constraints that have advanced and in spite of the slow evolution (development) of areas planted in Medicago, the system has given good results to certain farmers.

The production of Medicago dry matter after an average of the last five years is around two (2) tons per hectare with peaks of 4.5 tons at Moghrane and 6 tons at Beja.

The average animal load per hectare is estimated for 28 farms at 9 heads/hectare during 90 days.

Wheat yields after Medic compared with those after fallow have not shown a significant difference, neither in acutal production nor in trials.

In actual production we take as an indication the results of the following three years:

- In 1975-76, an average for 43 farms, Wheat/Medic = 16.41 Qx
  Wheat/Fallow = 16.9 Qx
- In 1976-77, an average for 28 farms, Wheat/Medic = 8.19 Qx
  Wheat/Fallow = 8.75 Qx
- In 1977-78, an average for 18 farms, Wheat/Medic = 12.05 Qx
  Wheat/Fallow = 11.39 Qx

For trials, we take as an example the year 1980-81: The averages of seven (7) trials done in seven (7) different locations in a rainfall zone of 350-450 mm/year, with three (3) amounts of nitrogen, were as follows:

	After Medic	After Fallow
N = 0:	16.72	13.77
N = 33:	18.60	15.26
N = 66:	20.51	15.83

These results can only confirm that the Medicago/wheat system is technically valuable in Tunisia but a lot of work remains to be done to convince the farmers to respect the recommendations required to apply the system.

Perhaps, also, the research institutions in Tunisia will take more interest in this system and study the components, especially during the Medicago phase based on Tunisian ecotypes that grow throughout the country.

PROMOTION OF CEREAL PRODUCTION IN TUNISIA

A. Godbane

Until 1965, Tunisia exported cereals, since then the country started importing cereals to respond to an increasing demand for food and feed. This is due to an increase in the population growth and in the standard of living.

Even though total cereal production has increased from 6 million Qx (Bread and Durum wheat, barley) in 1969-70 to 12.33 million Qx in 1980-81, the importation of cereals has also increased from 3.3 million Qx in 1975 up to 8.7 million Qx in 1980. (Table)

What can be done to reduce the increasing deficit? The political power has adopted two solutions.

The first solution consists in providing technical staff that ties research and extension. This staff will reinforce the existing structure of the research and the extension services in terms of man power and equipment as well as up-grading the staff and the field of research.

The second solution is in form of encouragement of the farmers by various types of subsidies, revisions of prices, loans, and so on... This will enable the farmers to keep up with the new agriculture technology and to improve their production.

I. Structural Changes

One major change was the establishment, in 1968, by the Ministry of Agriculture and the collaboration of international organizations (CIMMYT, USAID), of the cereal project that will support research and extension.

This integrated project with vertical structure has the responsibility of promoting cereal production. The major objectives of this project are:

1) Promotion of the new high yielding varieties and the appropriate culture practices by means of:

- Establishment of yield trials and demonstration plots in farmers' fields
- Holding of field days and site visits

2) Assisting and advising the farms. (This is done by 20 regional technicians).

3) Estimate the total area under cereal cultivation and production.

4) Control the loans provided by the Office of Cereals to small and medium size farms.

5) Determine the needs of the country for seed, fertilizer, and herbicides (inputs).

6) Promote weed control.

7) Program and coordinate the seed multiplication.

8) Provide help to INRAT and other institucions in their research activities.

In parallel to the help to INRAT research program, the creation of two research stations at Kef and Kairouan will support and develop appropriate research programs for respective areas.

The C.R.G.R. has the responsability of studying the cereal needs in water and the response of different varieties to irrigation. Studies done by this organism have been used in the establishment of new projects in this field.

In addition to the research, academic training of the majority of the staff in the field of cereal production has been accomplished at I.N.A.T., Kef institute, and at foreign universities.

II. Agriculture Extension

Ag-extension is carried out by two departments of the Ministry of Agriculture and by organizatures' working for the Ministry of Agriculture: D.E.R.V. (mass-media extension), la D.P.V. (Vegetal production) (on-farm extension) and the technical Division of Office of Cereals (Experimentation, and extension and intervention).

The technical Division of Office of Cereals is the only organization that works full time in extension cereal production techniques whereas the D.P.V. spend only 1/5 of their time on cereal extension and this is done by the C.T.V. (Cellule Territoriale de Vulgarisation: regional level).

III. Investment and Finance

Finance is the major factor that affects the annual cereal production. The introduction of the new techniques require the mobilization of important capitals.

At this time, the finance is assumed by loans, self-finance, specific operations (loans in terms of seeds, fertilizer), and subsidies.

The yearly loan (short term loans) has been increased by three times during this last 10 years and this toward a better investment on the farm. However, it covers only 45% of the estimated costs of the farm and 55% of the total costs has to be supplied by the farmer whose capacity of self-sustaining is limited by his lower revenues.

Since 1974, small and medium holders had loans from "Société de Caution Mutuelle Agricole".

Farmers having less than 10 ha generally can't receive loans except those who are located in the area covered by the activity of specific projects as APMANE, FIDA, SIDA, etc.

Long term loans (investment) have been oriented toward mechanization and improved facilities as provided by B.C.T. (Bank for trade of Tunisia). These loans are to be used to purchase heavy duty equipment such as tractors, combines, etc. There are also several state subsidies :

- Detaxation of the imported agricultural equipment
- Herbicides are subsidized by 50%
- Certified seeds are also subsidized up to 25 Qx per crop and per farm.
- Subsidies of fertilizers.

Prices of Cereal Production

The revision of the prices of cereals is correlated to the increased production cost. During the period of 77/78 to 81/82 prices showed the following evolution:

Durum Wheat	from	7.135 TD	to	11.000 TD	54%	increased	price
Bread Wheat	"	6.535 TD	"	10.000 TD	53%	"	"
Barley	"	5.034 TD	"	8.000 TD	58%	"	"

Specific operations have been realized. Such activities represent the distribution of sprayers which has to be paid at the end of the cropping season (June) and loans in terms of seeds and fertilizers.

Storage

The storage capacity is of 465,000 tons. To reinforce this existing storage capacity it has been programmed to develop the storage units during the VIth plan.

1 Storage Silo of 30,000 T. at Gabes
1 " " 20,000 T. at Sfax
1 " " 20,000 T. at Sousse
1 " " 10,000 T. at Gafsa
1 " " 10,000 T. at Beja

and to extend the silo of Bizerte to 100,000 tons, equipped with manutentionnel material.

Those were the main measures adopted to encourage cereal producers in Tunisia.

Actual Status of Loans Made Available To
Cereal Producers (Millions of Dinars) 1 Dinar = $1.70 US

Year	Short-term Loans	Loan - Purchase Equipment
1971	2,439	796
1972	2,983	1,371
1973	2,920	1,493
1974	2,269	1,635
1975	3,972	1,899
1976	4,526	1,973
1977	5,895	2,020
1978	8,147	2,591
1979	8,834	2,994

Evolution of Cereal Prices (Dinar) 1 Dinar = $1.70 US

Year	Durum Wheat	Bread Wheat	Barley
1970	4,800	4,300	2,800
1971	-	-	-
1972	-	-	-
1973	-	-	-
1974	6,100	5,500	4,000
1975	6,600	6,000	4,500
1976	-	-	-
1977	7,135	6,535	5,035
1978	7,600	7,000	5,500
1979	-	-	-
1980	9,600	8,700	6,900
1981	11,000	10,000	8,000

Evolution of Cereal Production in Tunisia

Year	Total Production in Tons (Durum, Bread Wheats, & Barley)
1970	600,000
1971	792,000
1972	1,150,000
1973	800,000
1974	955,000
1975	1,236,000
1976	1,148,000
1977	900,000
1978	900,000
1980	1,165,000
1981	1,233,000

Evolution of Cereal Imports

Year	Quantity (T)
1974	296,758
1975	329,130
1976	350,359
1977	716,098
1978	748,122
1979	996,187
1980	870,000

CEREALS PRICES IN TUNISIA

Ben-Senia

I. INTRODUCTION

1. Is the Tunisian farmer a rational economic man? Specifically does he maximize/minimize certain objectives subject to constraints proper to his farm and to his environment and taking into account the technico-economic options and alternatives available to him?
2. Many researchers have obtained direct evidence as to the economic rationality of farmers in developing countries. In Tunisia the evidence is mainly indirect. Dr. Gafsi [1/] has shown that the preference of Tunisian cereals producers for the high yielding varieties of durum wheat at the expense of those of soft wheats is the result of a rational choice. The former constitute a neutral technological improvement while the soft wheats are superior to the traditional varieties only when the factor mix is changed substantially. Dr. Nygaard [2/] has also shown that the apparent suboptimization in the use levels of modern inputs is in fact the result of the farmers' rational choice that takes into consideration risk factors. Personnally I've just completed a study on cereals supply in Tunisia, [3/] where the evidence is substantial as to the positive responsiveness of cereals producers to changes in relative prices of cereals.

II. THE CURRENT PRICE FIXATION SYSTEM

3. The government's objectives in the fixation of producer prices are the following:
   - Providing farmers with incentives for higher production levels.
   - Improving the official collection rate so as to insure minimal supplies of cereals to urban areas.
   - To guarantee minimal revenues to farmers.

   The achievement of these objectives can only be assured if cereals prices, relative to other agricultural prices are fixed in terms

of floor prices (minimal), on time so as to have an impact on planting and or input application decisions. Also there should be marginal price fixing, i.e. the fixed price should equal the marginal cost of the last farmer whose production is desired.

4. The current pricing system is defective with respect to all three elements. Prices are fixed on the basis of estimated average costs of an average size farm possessing an intermediate type of technology. They are fixed in nominal terms and are often announced late in the cropping season.

   In addition little consideration has been given to the opportunity cost of cereals (reference prices) in the fixation of those prices. Finally it's impossible to predict the impact of price changes on production levels for lack of knowledge of the price elasticities of cereals supply that reflect the aggregate response of cereals producers to price changes.

   The study presented below addresses this latter problem.

III. STUDY OF SUPPLY RESPONSE OF CEREALS 1955-1980

5. This study has tried to evaluate the effect of changes in cereals prices, in prices of competitive crops and in input prices on acreages planted to cereals, cereals yields and cereals marketings through the official collection system.

   The aggregate data for the independence period 1955-1980 were separated into the North region and the Center and South region.

6. For cereals acreages in the North, the price elasticities were 0.58 for the short run and 1.00 for the long run, with significance levels of 1%. Fall rainfall had a weak effect of .03, significant at 10%. In the Center and South it's fall rainfall that has the most significant impact.

7. For the three cereals, durum wheat, soft wheat and barley, the yields in the North are affected mainly by the ratio of nitrogen to cereal prices, the elasticities being -.70 for barley, -.82 for soft wheat and -.54 for durum wheat (for the latter the phosphates price ratio elasticity was -.43 and was significant). January to

March rainfall had the most effect on yields in the North. In the Center and South rainfall in all three seasons, fall, winter and spring, had significant effects, especially that of winter (January-March).

8. The Marketings to the Office des Cereales and to the cooperatives showed that the elasticities to relative prices and to production levels were significant at the 1 per 10000 level and were all superior to unity, except for barley.

1/ Gafsi, Salem. "Green Revolution: The Tunisian Experience." Ph.D. Dissertation, University of Minnesota, Aguust 1975.

2/ Nygaard, David. "Risk and Allocative Errors Due to Imperfect Information: The Impact of Wheat Technology in Tunisia." Ph.D. Dissertation. University of Minnesota. December 1979.

3/ Ben-Senia, Mohamed. "Supply Response of Cereals in Tunisia." Ph. D. Dissertation, Iowa State University, December 1981.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The Tunisian scientists actively participated in discussing the major cereal subject areas during the final summary session. General conclusions and recommendations resulting from the discussions were as follows:

1. The major constraints to cereal production are:
   a) low annual rainfall causing stress conditions and low average production; this is especially true in central and southern Tunisia.
   b) soils with low organic content dry quickly causing moisture stress.
   c) lack of nitrogen fertilizer use is still evident in commercial production although consumption has increased five-fold since 1968.
   d) weed competition reduces yields although the area treated continues to increase and more herbicides are available.
   e) shortage of appropriate farm equipment prohibits timely field operations.
   f) lack of adequate farm credit.
2. Development and release of improved wheat varieties have resulted in marked increases in grain yield and disease resistance. Yields of bread and durum wheats in excess of four tons/hectare are obtained in experimental plots. Triticale yields are equal to those of wheat and provide an additional source of animal feed. Preliminary results have shown promising advances as well for barley cultivars. These results must be transferred to the farm level.
3. The Tunisian teaching institutes are generally not conducting active research and extension, although they have trained personnel, laboratories, and other facilities. Lack of funding is the primary reason for this void.
   To adequately train students, these institutes must have

an ongoing research program. The efforts of the teaching and research institutes must be coordinated and their ties to the agricultural and industrial sectors strengthened.

4. The pedigree method of breeding has proven effective for improvement of the different cereal crops. Top and double crosses are providing more genetic variability than single crosses. Another major concern, in addition to increased grain yield, is the quality of cereal grains for both human consumption and animal feed.
5. The purification and certification of seed, including the development of seed research and inspection laboratories, have been effective in advancing the seed program in Tunisia. The major concern is time (number of years) required to multiply a new cultivar for large-scale production. This time should be shortened by large multiplication areas per cultivar and selection of locations with higher yield potential, considering irrigation.
6. Although herbicides are available to control weeds, they are expensive and selective for certain weed species. Establishment of a closer relationship among the commercial herbicide companies, research institutes, and extension agencies would contribute significantly to the weed control program for Tunisia.
7. Selection of appropriate method of seed bed preparation and timely implementation of each farming operation throughout the crop season would greatly improve the overall cereal crop potential. Development of appropriate rotation systems within different cereal regions would also improve soil and crop conditions.
8. Tunisian soils are rich in potassium but highly deficient in phosphorus and nitrogen. Organic matter content is very low due to centuries of continuous cropping with lack of proper replenishment of required nutrients. These factors must be taken into consideration in choice of cropping systems.

9. As cereal technology is developed, an effective extension service, composed of qualified personnel trained in cereal production, will be required to transfer information to the farm level. The extension program should be a joint effort of the institutes and the Ministry of Agriculture.
10. International agencies, such as USAID and CIMMYT, and foreign universities, such as Oregon State University, are willing to provide germplasm, equipment, and training for the Tunisian scientists.
11. There is a definite need for more trained staff in many agricultural disciplines.

VISITS AND FIELD TOURS

The symposium was held in the auditorium of the National Institute of Agronomy in Tunisia (INAT) in El Menzah within the city of Tunis. The director and staff of the Institute were very hospitable during the week of the scheduled meetings.

A field tour of two days duration was organized in the northwestern, central, and southern cereal region of Tunisia. The participants first visited the INRAT research station at Beja in northwestern Tunisia. This is the major cereal research center for the country and the research director, Mr. A. Maamouri, reviewed all research activities as the group observed breeding and agronomic trials on the station. Primary emphasis at this location is placed on bread and durum wheat research with secondary emphasis on triticale, barley, and legumes. The tour then proceeded west through the large cereal region of Bou Salem to Jendouba and then south to El Kef.

The joint OSU-USAID-Tunisian MOA dryland project is located at the Superior School of Agriculture of Kef (ESA of Kef). Director Rhouma Zoubeidi and OSU advisor Dr. F. Bolton served as hosts for lunch and a tour of new laboratory facilities equipped through an OSU-USAID contract promoting cereal research in the rainfed region of central Tunisia. A field tour was also conducted through agronomic and breeding research plots being controlled by the staff of ESA of Kef and INRAT. The primary emphasis in this region is barley, durum, and bread wheat research. The tour continued southwest through the regions of Thala and Foussana to overnight accommodations in Sbeitla.

During the second day, the participants observed a number of agronomic and breeding trials on farmers fields throughout central Tunisia. This research conducted by the ESA of Kef staff is designed to demonstrate increased cereal production through improved management practices. There was also opportunity to visit small farm operations having enough irrigation from hand-dug wells to grow greenhouse tomatoes, melons and some adjacent tree fruit crops. Farmers having irrigation in the region are receiving assistance through a cooperative OSU-USAID-Tunisian MOA project.

The tour continued to the Pont Fahs region south of Tunis. The Office of Cereals has been conducting agronomic trials in this and other regions within northern Tunisia since their origin in 1968. Recommendations

to Tunisian farmers, resulting from research and demonstration activities using a number of herbicides and fertility rates, have provided marked increases in weed control and increased yields throughout the cereal region.

There were approximately 40 participants representing the Tunisian Research Institutes and the various cooperating agencies involved in the tour.

FINAL SUMMARY FROM THE INTERNATIONAL PARTICIPANTS ATTENDING THE SYMPOSIUM

Sincere appreciation is extended to the Ministry of Agriculture, INAT, INRAT, the Office of Cereals, the ESA of Kef, and the USAID mission in Tunisia for their generous hospitality during the in-country cereal review. Particular appreciation is expressed to Dr. A. Daaloul, Dr. H. Ketata, and Mr. Amor Yahyaoui for their leadership in organizing and directing the symposium and field tours.

It was generally agreed by participants of the symposium and field tours, that our objectives were achieved of sharing information, encouraging closer cooperation, and the training of future scientists. The present OSU-USAID-Tunisian MOA contracts in dryland, irrigation, extension, and range management strongly support our objectives.

Areas of support to further cooperation with Tunisia and the OSU-USAID program will be threefold:

a) provide genetically diverse germplasm of winter x spring wheat and barley from Oregon State University.

b) exchange of scientific information and closer communication between cereal scientists.

c) training of outstanding Tunisian students in the major disciplines for the M.S. and Ph.D. degrees.