



Actes de la Journée Nationale sur la valorisation des résultats de la Recherche dans le domaine des Grandes Cultures



Tunis, le 17 avril 2014

Actes de la Journée Nationale sur la valorisation des résultats de la Recherche dans le domaine des Grandes Cultures



Journée Nationale sur la valorisation des résultats de la Recherche dans le domaine
des Grandes Cultures. Tunis, le 17 avril 2014

"La valorisation de la recherche désigne le fait de conférer aux travaux ou aux résultats de la recherche scientifique une ou plusieurs valeurs ajoutées symboliques ou matérielles à leur valeur initiale, à travers la mise en œuvre de pratiques spécifiques par les enseignants - chercheurs" P. Milot (2005)

Cette définition met en évidence le fait que les pratiques de valorisation de la recherche peuvent être caractérisées selon la nature des valeurs ajoutées qu'elles confèrent aux travaux de recherche. C'est dans cette logique que l'Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles (**IRESA**) en collaboration avec l'Institut National des Grandes Cultures (**INGC**) ont organisé la première journée de la valorisation de la recherche dans le domaine des grandes cultures dans l'objectif de:

- Réduire le décalage entre la génération des résultats de la recherche et leurs applications
- Rapprocher les opérateurs académiques, les opérateurs socio-économiques et les professionnelles

Equipe d'organisation

Faycal Ben Jeddi: Président de la Commission de Programmation et d'Evaluation de la Recherche Agricole dans le domaine des Grandes Cultures.

Equipe IRESA

- **Aniss Ben Rayana**
- **Jamel Benrebah**
- **Mabrouka Mnissi**
- **Najoua Ammar**
- **Oussama Soussi**
- **Nouha Khalouaoui**
- **Sameh Belhaouene**
- **Rania Jlassi**
- **Fethi Lamouchi**

Equipe INGC

- **Oussama El Khriji**
- **Tarek El Jarrahi**
- **Rachid Zouani**
- **Younes Samaali**

Journée Nationale sur la valorisation des résultats de la Recherche dans le domaine des Grandes Cultures. Tunis, le 17 avril 2014

SOMMAIRE

**Journée Nationale sur la valorisation des résultats de la Recherche dans le domaine
des Grandes Cultures. Tunis, le 17 avril 2014**

COMMUNICATIONS ORALES

Les céréales en Tunisie: Historique, contraintes de développement et perspectives M. El Felah et M. S. Gharbi. -	1
Importance de l'association de variétés de blé dur dans la réduction des maladies fongiques foliaires et l'amélioration de la productivité M. B. Allagui, A. Sebei et L. Sakkouhi	8
Effet d'osmo-amorçage des grains sur la germination, la croissance et la résistance du blé dur à <i>Fusarium culmorum</i> N. Djébali, N. Tiyyab, S. Gargouri et K. Hessini	11
Opportunité de l'application d'un engrais ternaire à diffusion progressive associés à un engrais ternaire foliaire dans la fertilisation du blé dur en différentes zones céréalières en Tunisie. H. Aichi, H. Bchini, A. Mogaadi et T. Jarrahi	19
Intérêt d'un fertilisant mycorhizien local dans la croissance des plantes en grandes cultures S. Labidi, A. Lounès-Hadj Sahraoui, B. Tisserant, F. Laruelle, W. Rjaibia, K. Hamdi et F. Ben Jeddi	23
Développement des calendriers d'irrigation pour la conduite du blé dur dans les conditions semi-arides et arides de la Tunisie B. Ben Nouna et M. Bachtobji	27
L'effet de l'adoption de l'agriculture de conservation sur le bilan organique du sol dans les régions céréalières du Nord (Cas de d'Oum Hani et de Tinja) E. Marouani et N. Ben Aissa	33

POSTERS

Evaluation agronomique et pathologique de lignées de blé dur en cours de sélection S. Ferjaoui, A. Sbei, Y. Ganouni et S. Hamza	37
Simplification du travail du sol dans une rotation sulla (<i>Sulla coronarium</i> L.)/blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.) B. Mouelhi, S. Slim, M. E. Hamza et F. Ben Jeddi	42

Contribution de la rotation des cultures dans l'amélioration de la fertilité du sol et le rendement des céréales et des légumineuses à graines	46
M. Rezgui	
Biodisponibilité du phosphore assimilable en région semis aride sous semis direct et conventionnel : cas de Guern Halfaya et Elkrib , Nord Ouest de la Tunisie	51
K. Boudabbous, I. Jemai et N. Ben Aissa	
Effet de l'azote sur la cinétique d'absorption des éléments minéraux par la betterave à sucre	55
D. Toumi Azouz et M. Lassoued	
Protection des terres céréalières contre l'érosion hydrique	59
S. Jebari et R. Bensalah	
Effet du régime hydrique et de la densité de semis sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et les performances de quelques variétés de blé dur	63
A. Othmani, M. Rezgui, M. Rezgui et M. Melki	
Efficacité technique et productivité de l'eau du blé dur irrigué en Tunisie	68
A. Lasram, M. M. Masmoudi et N. Ben Mechlia	
Irrigation de complément et efficacité de l'utilisation de l'eau de quelques variétés de blé dur cultivées en Tunisie	73
M. Rezgui	
Efficacité technique de l'utilisation de l'eau d'irrigation en milieu semi-aride	78
A. Elamri, Y. M'Sadak, R. Majdoub et S. Ben Ayed	
La cécidomyie du blé Mayetiola destructor (Diptera: Cecidomyiidae): distribution des infestations et importance des dégâts	85
A. Cherif et J. Mediouni Ben Jemâa	
Optimisation de la rétention des produits phytosanitaires sur une surface superhydrophobe	89
S. Ouled Taleb Salah, M. Massinon, B. Schiffers et F. Lebeau	
Evaluation des variétés tunisiennes de pois chiche pour la conduite en pluvial & en irrigué	94
M. El Felah et M. Kharrrat	
Optimisation de la fertilisation azotée chez la betterave à sucre	101
D. Toumi Azouz et M. Lassoued	
Extraction des fibres β -glucanes, Incorporation dans les pâtes alimentaires	106
T. Hajji, D. Sfayhi et M. El Felah	

COMMUNICATIONS ORALES

**Journée Nationale sur la valorisation des résultats de la Recherche dans le domaine
des Grandes Cultures. Tunis, le 17 avril 2014**

Les céréales en Tunisie: Historique, contraintes de développement et perspectives.

Mouldi EL FELAH & Mohamed Salah GHARBI

Laboratoire des Grandes Cultures
Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie
elfelah.mouldi@gmail.com

RESUME

La Tunisie nouvelle reste toujours soudée à son histoire marquée par son ouverture à l'autre et par l'esprit de tolérance incrustée dans ses oliveraies et ses champs de céréales plus que millénaires. Les sites archéologiques du bassin minier de Gafsa attestent de ce recul de sagesse qui fait vibrer ce peuple sud-méditerranéen très attaché à sa souveraineté nationale. Les céréales représentent depuis des millénaires, une activité économique et sociale stratégique et de premier plan en Tunisie. Elles ont toujours occupé de grandes superficies et demeurent encore la principale ressource vivrière du tunisien. Cela explique en partie, le démarrage de la recherche agricole en amélioration variétale des céréales en Tunisie, il y a plus d'un siècle. Les archives du programme des céréales de l'INRAT attestent du nombre impressionnant de lignées introduites, collectées localement et créées à travers les programmes de croisements annuels des blés et de l'orge. Plus de 400 000 lignées de céréales toutes espèces confondues, ont été évaluées au cours de cette période. En dépit de ce nombre de lignées testées, 120 variétés de céréales ont été mises au point par l'INRAT et ont été préconisées pour la plupart, à la grande culture. Ce programme continue encore sans interruption dans un environnement plein de défis d'ordre structurel, organisationnel et social.

En Tunisie, la culture des céréales essentiellement pluviale, reste encore soumise au défi du climat, à une gouvernance des ressources naturelles aléatoire et à une confusion au niveau du transfert de technologies. Malgré la qualité du matériel génétique développé au cours de la dernière décennie, les nouvelles variétés de céréales (blés et orge) tardent à gagner en superficies, en liaison avec la nouvelle législation des semences et plants et le mode de gouvernance et de partage des bénéfices apportés par ces ressources. Les résultats obtenus par la recherche, ainsi que ceux obtenus par les céréaliculteurs (Statistiques nationales), montrent encore que le potentiel génétique de production de variétés de céréales n'est pas encore valorisé à sa juste valeur et qu'il y a lieu de se remettre à revoir nos stratégies céréalières, y compris les contraintes structurelles dont le foncier et la restructuration des agriculteurs.

Mots clés : Céréales, gouvernance, transfert de technologies.

الحبوب في تونس: التاريخ، معوقات التنمية والآفاق

ملخص:

تونس تتميز على الدوام بانفتاحها على الآخر، و روح التسامح تبقى جزءا لا يتجزأ من أصالتها يعانق على الدوام حقول الحبوب والزياتين على مدى التاريخ. و تشهد المواقع الأثرية على اصالة هذا البلد في منطقة جنوب المتوسط المتعلق بسيادته الوطنية، والمرادفة للسيادة الغذائية. ولعبت الحبوب لآلاف السنين، دورا هاما في النشاط الاقتصادي والاجتماعي في تونس. وهذا ما يفسر في جزء منه، انطلاق برنامج التحسين الوراثي للحبوب في تونس، منذ أكثر من قرن من الزمان. تم انتخاب 120 صنف من الحبوب في مخبر وراثية الحبوب و الزراعات الكبرى حاليا بالمعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس. على الرغم من جودة هذه الأصناف المنتخبة حديثا من القمح والشعير، تبقى الجدوى من استعمالها رهينة عديد العوامل منها المرتبطة بالعوامل الطبيعية ونقل التكنولوجيا على مستوى المستغلة الفلاحية ومنها الموكولة لإيجاد حلول لعديد الإشكاليات القاعدية نذكر منها بالخصوص الإشكاليات العقارية و هيكلية الفلاحين.

الكلمات المفتاحية: الحبوب ، الحوكمة ، نقل التكنولوجيا .

INTRODUCTION

Historique des céréales

Les céréales sont communément cultivées en Tunisie sur de grandes superficies. Les agriculteurs tunisiens sont habitués à cultiver des blés durs pour leurs besoins en semoule et de l'orge pour assurer en partie, les besoins du cheptel. Le blé tendre exogène à la Tunisie, n'a pris de l'importance qu'à partir de la colonisation française. Ce secteur a été depuis l'indépendance monopolisé par l'Etat qui est le seul habilité à fixer les prix et modérer le commerce, avec souvent l'octroi annuel et ascendant de subventions.

L'histoire de l'amélioration génétique des céréales en Tunisie a toujours été liée à l'actuel «Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRA)» crée depuis 1964 sur l'ancien «Service Botanique et Agronomique de Tunisie (SBAT)» datant lui même de 1932. Ce dernier fût l'héritier du «Service Botanique» crée en 1913 par la fusion en 1908 de la Station Expérimentale rattachée à «l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis (ECAT)» et du «Jardin d'Essais de Tunis» crée en 1892. C'est F. Bœuf, Professeur de Botanique à l'ECAT qui entreprit la sélection des céréales en Tunisie en appliquant les lois de la génétique et la notion de lignée pure, alors nouvelles. Ce programme a été initialement axé sur l'exploitation de la variabilité existante au sein des populations locales de blé dur très diversifiées et de blés tendres en mélanges dans les champs de blé dur, en vue de mettre à la disposition des colons français nouvellement installés, des variétés pouvant mieux valoriser les terres et les techniques nouvellement introduites.

Les pionniers (Bœuf, Séguéla et ...) ont commencé par des collectes du germoplasme local, suivies de sélection stabilisatrice des meilleurs lignées tout en gardant leurs noms (Biskri Ac2, Mahmoudi AP4, Sebeï 292, Hamira AC5, et Roussia,...etc). Les blés tendres jusqu'alors inconnus des céréaliculteurs tunisiens et qui existaient en mélanges dans les champs de blé dur, n'ont pris une dimension réelle qu'après l'introduction et l'acclimatation de quelques variétés (Richelle Hative 110, Baroota 52 et Florence 135,...etc) qui une fois mises en cultures, transformèrent la Tunisie vers 1918, d'un pays importateur en un pays exportateur de blé et dérivés. La variété de blé tendre Florence-Aurore introduite au stade F2 de la Station d'Essais de Semences de Versailles, relevant de l'Institut National Agronomique de France en 1922 et la diffusion rapide de la lignée 588, que les emblavures de blé tendre ont rapidement augmenté dès 1928, pour atteindre environ 223 000 ha

vers 1956 (Figure 1). Florence-Aurore était un blé de force dont la production était destinée presque entièrement à l'exportation sur la métropole française pour servir de blé améliorant. Ces résultats ont été à l'origine de l'organisation de la multiplication des semences de céréales et de la création de la COSEM en 1946.

Ainsi, la recherche variétale a été orientée vers la sélection de blés de force. Ce qui mènera au démarrage des croisements dès 1923 (Bœuf 1936). Les géniteurs furent des variétés locales et des lignées introduites de l'étranger, avec pour objectifs l'amélioration de la précocité et du rendement en grains, la résistance à la verse et aux maladies.

Comparativement au blé, la culture de l'orge en Afrique du Nord serait aussi ancienne que l'activité agricole. En effet, l'orge aurait été utilisée depuis le néolithique, dans l'alimentation humaine et animale. La sélection naturelle aurait joué un grand rôle dans l'évolution de la structure génétique des populations d'orges cultivées et entretenues depuis très longtemps par les agriculteurs. Le nombre élevé d'appellations locales des variétés populations d'orge, ainsi que leurs modes d'utilisations assez variés, en témoignent. Ce qui a conduit à une diversité assez riche de «cultivars/populations», «Accessions», «écotypes», variétés d'orge encore cultivées du Nord au Sud du pays (El Felah, 2011).

Les emblavures

Les céréales occupent souvent le tiers des superficies cultivables dans le pays, soit un million et demi d'hectares annuellement (figure1). Le blé dur occupe à lui seul, aux environs de 850.000 hectares. L'orge est emblavée sur un demi-million d'hectares et le blé tendre à un degré moindre, 150.000 hectares. Ces emblavures céréalières analogues à celles de l'olivieraie tunisienne, n'intriguent jamais personne, mais posent souvent des interrogations, eu égard aux méthodes de détermination du volume de production annuelle des céréales (blés et orge) et le volume collecté au niveau du Ministère de l'Agriculture (Office des Céréales). Cela nécessiterait une révision des méthodes utilisées pour la détermination des emblavures annuelles d'une part, et de la production annuelle estimée par mesure objective comparée à la collecte. Au cours de la dernière décennie (2003 – 2012), on assiste à une baisse sensible des superficies de blé tendre et à un rapprochement spectaculaire entre les superficies de blé dur et d'orge, surtout au cours des campagnes agricoles 2010-2011 (BD : 697.000 ha ; Orge : 657.000 ha) et 2011-2012 (BD: 612.000 ha ; Orge: 588.000 ha). Cela peut être expliqué par différents enjeux dont la politique des prix appliquée pour le secteur des céréales et l'impact de la libéralisation du marché de l'orge comparativement à celui des blés, avec toutefois, le développement du marché parallèle la confusion qui régnait après la révolution.

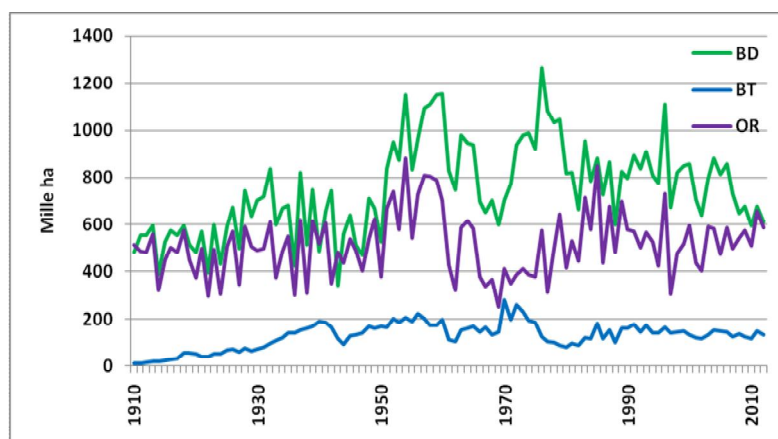


Figure1. Evolution des emblavures de blé dur (BD), de blé tendre (BT) et de l'orge (1910 – 2012).

La production

L'impact de la recherche en amélioration génétique des céréales sur les rendements et la production des céréales en Tunisie, a été sans aucun doute, un succès sans précédent.

L'ère des blés semi-nains venait juste après la décolonisation des terres et de la nationalisation des terres agricoles en 1964. Certes, les nouvelles techniques de production des céréales ont bien contribué à ce succès, mais ceci n'aurait pas été possible sans le recours à l'utilisation des variétés à hauts rendements valorisant mieux ces techniques. Les effets conjugués de ces deux facteurs ont nettement contribué à l'augmentation de la production et des rendements de ces espèces (Figure 2). Des rendements de 60 qx/ha sont couramment obtenus par les bons agriculteurs dans les zones favorables du Nord et sous complément d'irrigation au Centre comme au Nord du pays. Les variétés Karim, Utique et Rihane dominent les emblavures de blé dur, de blé tendre et d'orge, respectivement. Nous estimons qu'elles occupent actuellement environ 40% à 60% des emblavures réservées à leurs espèces respectives (Gharbi et El Felah, 2013).

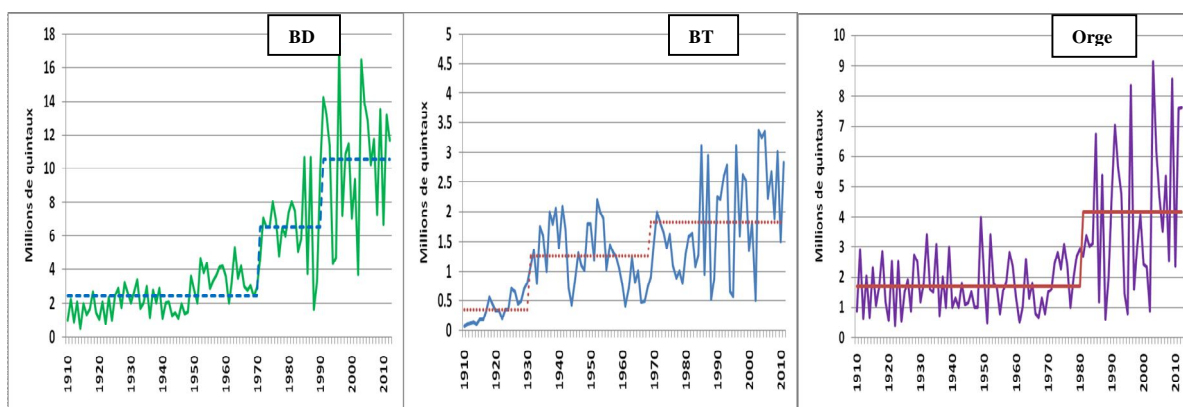


Figure 2. Evolution de la production de blé dur (BD), de blé tendre (BT) et d'orge (1910 – 2012).

Contraintes de développement.

Environnement physique et impact socio-économique.

Dans le même temps, les épisodes de pluviosité anormalement forte se sont multipliés. La combinaison des deux phénomènes entraîne une augmentation de l'érosion des sols, due à la dégradation de la couverture végétale (Daniel Tanuro, 2011). La situation risque de devenir problématique dans les pays qui sont déjà en situation de stress hydrique

(moins de 1000 m³/hab/an) ou de pénurie (moins de 500 m³/hab/an). C'est le de la Tunisie, où la baisse des ressources souterraines pourrait atteindre jusqu'à 28% dans les trois décennies à venir. Cela aurait des retombées socio-économiques eues égard aux projections sur les horizons futurs (2020, 2050, 2100) en termes de perspectives pour les ressources hydrauliques et génétiques. Comme conséquences directes sur l'environnement, on assisterait à une raréfaction de l'eau, une dégradation rapide des ressources naturelles conduisant logiquement à une désertification et un épuisement des eaux souterraines. Les effets du réchauffement contribuent indiscutablement à la crise sociale dans la région, et posent une série de problèmes pour le futur, principalement la gestion des ressources en eau et la transition énergétique. Cela aurait un impact sur l'équilibre entre les espèces et une pression grandissante sur les ressources naturelles (eau, sol, ressources génétiques,...). Les pénuries d'eau vont générer des conflits entre régions et imposeraient à la Tunisie une stratégie d'atténuation. L'élaboration en 2008 d'une stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne aux changements climatiques a fourni les risques suivants selon un scénario de simulation pour l'occurrence d'événements extrêmes (successions d'années sèches ou pluvieuses sur deux dans le nord), avec une projection sur 2030 et 2050 (Chalbi, 2013). Les emblavures céréalières vont baisser de 200.000 hectares au sud de la Dorsale tunisienne.

La Recherche

Les variétés sélectionnées à travers l'amélioration génétique des céréales, ont constitué sans aucun doute un des facteurs importants qui ont conduit progressivement à la modernisation de la céréaliculture en Tunisie. Plus encore, et surtout avec l'avènement des blés semi-nains, elles ont fortement aidé à l'adoption d'autres progrès techniques en particulier, la fertilisation azotée, le désherbage chimique, le contrôle chimique des maladies, l'utilisation des semences certifiées et l'irrigation. Les rendements des nouvelles variétés de céréales sont trois à quatre fois plus élevés que ceux des anciennes variétés. Actuellement, la recherche agricole est gérée dans des institutions de recherche plein temps de type établissement public à caractère administratif (EPA), avec la double tutelle du Ministère de l'Agriculture et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique. Des problèmes d'ordre institutionnel, juridique et statutaire constituent de réelles contraintes à la bonne gestion scientifique et financière des structures de recherches pour une meilleure visibilité de la recherche aux niveaux national et international, et une approche fédératrice des compétences.

Le Transfert des Technologies

Les nouvelles technologies dans le domaine des céréales tardent à être valorisées au niveau des exploitations. Ce constat comprend d'une part, les variétés de céréales nouvellement inscrites et celles entrant dans la sole céréalière (légumineuses à graines, cultures industrielles et fourrages) et d'autre part, les paquets agronomiques assez récents (nouvelles techniques du travail du sol, pilotage de l'irrigation, pilotage de la fertilisation azotée et les itinéraires techniques de protection des cultures en relation avec la préservation de l'environnement).

Ces technologies ne sont pas encore bien adaptées aux conditions locales ni largement diffusées dans les zones où le système de production est à dominante céréales. La production de semences des céréales est dominée par la multiplication de 2 à 4 variétés par espèce avec une prédominance des variétés Karim pour le blé dur, Utique pour le blé tendre et Rihane pour l'orge. Beaucoup d'autres variétés plus récentes ont été mises au point et inscrites à partir de 2004, date de l'application de la nouvelle loi des semences et plants parue en mai 1999. La création du Service Catalogue, la protection et l'exploitation des nouvelles obtentions végétales ont quelque part, influé significativement sur le mode et la vitesse de transfert des nouvelles variétés de céréales et autres au niveau de l'exploitation agricole.



Photos 1 & 2 : Parcelle de multiplication de semences de la variété de blé dur Maali à la ferme de la COSEM au Krib / Parcelle expérimentale d'une lignée prometteuse de triticale à la station de Béja

Perspectives

L'adoption des blés semi-nains au 20ème siècle a aidé à l'augmentation des rendements d'une façon très significative. Le rendement national des blés au cours des la décennie (2000-2010) est le triple de ce qu'il était avant 1970 (Ammar et al. 2011). Cela n'aurait pas été sans l'application d'un paquet technologique, en particulier la fertilisation azotée, le désherbage chimique, le contrôle chimique des maladies, l'utilisation des semences certifiées et l'irrigation.

Les derniers acquis montrent bien, que de nouveaux paliers sont encore possibles si l'on tient sans relâche à leur concrétisation (Gharbi et al. 2011). L'intégration des outils moléculaires dans les programmes d'amélioration des céréales est encore à ses débuts. Elle peut améliorer l'efficacité de la sélection classique pour atteindre ces objectifs. Leur utilisation doit être ciblée aux problèmes posés par les limites de l'amélioration conventionnelle à pouvoir résoudre toute cette panoplie de défis des grands

changements des milieux physique et biologique. L'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques (sécheresse, hautes et basses températures, salinité...), aux ravageurs (maladies émergentes, insectes, ...) et de la qualité technologique des céréales sont les domaines où peu de progrès ont été faits à cause surtout, des moyens humains et matériels limités mis à la disposition de la recherche dans cet important secteur de l'agriculture. L'amélioration génétique à elle seule, ne peut lever le défi de l'autosuffisance en céréales. Des augmentations immédiates des rendements peuvent être faites avec un accompagnement agronomique adéquat des variétés existantes. Des contraintes structurelles et foncières demeurent elles-mêmes, un véritable frein au transfert des technologies dans ce domaine stratégique.

Beaucoup d'efforts ont été fournis par l'état en matière d'organisation et de promotion du secteur semencier commençant par de nouvelles législations organisant le secteur des semences et des plants dans un cadre juridique bien approprié, adoptant des textes et des procédures lui permettant de jouer un rôle important dans la modernisation de l'agriculture tunisienne en conformité avec les traités internationaux régissant les semences.

Cette nouvelle législation comprend entre autres, la protection de la propriété intellectuelle. Cet exercice est encore à ses débuts et demande de tous les intervenants à faire beaucoup d'efforts pour essayer de promouvoir les variétés assez récentes très productives, tolérantes à certaines maladies et qui peuvent répondre à l'intensification en termes de valorisation de l'eau et du paquet agronomique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ammar K., M.S. Gharbi and M. Deghais 2011. Wheat in Tunisia.** In: The World Wheat Book. A History of Wheat Breeding. Vol2. Pp 443-465. Alain P. Bonjean, William J. Angus and Maarten van Ginkel, Editors.
- BCEUF.F. 1936.** Rôle du Service Botanique et Agronomique dans l'Economie Agricole de la Tunisie. Résultats acquis, Programme en cours de réalisation. La Tunisie Agricole N°3 ; 203-221.
- Chalbi N., 2013.** Les changements climatiques, état des lieux et perspectives pour les ressources génétiques et les ressources hydrauliques. Conférence plénière: IVème Séminaire International sur la Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Oasiennes: Perspectives pour un Développement Durable des Zones Arides ; organisé par l'I.R.A. de Médenine à Djerba, 17/19 Décembre 2013.
- El Zerey W., Salah Eddine Bachir Bouiadjra S-E.B., Benslimane M. et Mederbal K., 2009.** L'écosystème steppique face à la désertification : cas de la région d'El Bayadh, Algérie. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 9 Numéro 2 | septembre 2009, mis en ligne le 26 octobre 2009, consulté le 23 février 2014. URL: <http://vertigo.revues.org/8821> ; DOI : 10.4000/vertigo.8821.
- El Felah, M. 2011.** L'orge en Tunisie : Historique, état actuel et perspectives. Ann. INRAT Volume 84, 2011, 7-34.
- Gharbi, M. S. et El Felah, M.- 2013.** Les céréales en Tunisie : plus d'un siècle de recherche variétale. Annales de l'INRAT, Numéro Spécial-Centenaire de l'INRAT (1913-2013); Volume 86 : 45-68.
- Gharbi M.S, S. Berraies, K. Ammar and Yahyaoui A. 2011.** Delivering disease resistant cultivars to enhance sustainability of durum wheat production in Tunisia. Proceedings of the 8th International Symposium on Mycosphaerella and Staganospora Diseases of Cereals. September 11-14, 2011, Mexico City, Mexico. Pp: 60 ; 103 p.

Importance de l'association de variétés de blé dur dans la réduction des maladies fongiques foliaires et l'amélioration de la productivité

Mohamed Bechir Allagui ⁽¹⁾, Abdenmour Sebei ⁽²⁾ et Lazhar Sakkouhi ⁽²⁾

⁽¹⁾ Laboratoire de Protection des Végétaux, INRAT, rue Hédi Karray 2080 Ariana.

⁽²⁾ Centre régional de recherche agronomique de Béja à Oued Béja.

RESUME

Un essai sur l'association de variétés de blé dur (*Triticum durum* desf.) a été réalisé au Centre régional de recherche agricole de Béja pendant les deux campagnes 2010/11 (Lafareg) et 2011/12 (Oued Béja). Les variétés (Karim, Nasr, Salim et Maali) ont été semées seules ou en association selon des proportions $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$. Les résultats montrent que le mélange des deux variétés Karim et Salim ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$) a été le moins affecté par les champignons foliaires et le plus productif en grains et ceci pour les deux années d'expérimentation suivie par la variété Maali en culture seule. Le mélange Karim, Salim et Maali ($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{3}$) a été productif pendant la campagne 2011/2012. Cette amélioration dans la productivité a été importante puisque l'augmentation dans les rendements a varié entre 13,5 et 29,6 % par rapport à la variété de référence Karim. Cette expérimentation est une première initiative visant à prospector les avantages des associations de variétés de blé dur dans une région du subhumide à vocation céréalière. Les résultats présentés demandent une validation à grande échelle pour s'assurer de leur stabilité.

Mots clés: blé dur, mélange de variétés, septoriose, oïdium, rouille, rendement

أهمية مزج عدة أصناف من القمح الصلب في تخفيض الأمراض الفطرية الورقية وتحسين المردود الحبي.

ملخص:

أجريت في المحطة الجهوية للبحوث الفلاحية بباجة تجربة حول مزج أصناف من القمح الصلب وذلك خلال موسمي 2010/2011 (الافارق) و 2011/2012 (وادي باجة). وقع بذر الأصناف كريم ونصر وسليم ومعالي إما منفردة أو ممزوجة باعتماد نسب مزج $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{2}$. أظهرت النتائج أن مزج كريم مع سليم ($\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{2}$) كان الأقدر على تحسين الإنتاجية الحبية وعلى تخفيض الأمراض الفطرية الورقية يليه حسب الأهمية صنف معالي منفردا، فيما حقق الخليط المتكون من الأصناف كريم وسليم ومعالي ($\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{3}$) إنتاجية عالية خلال 2011/2012. بينت التجربة أنه باعتماد مزج الأصناف، ارتفع المحصول الحبي بنسب مهمة تراوحت بين 13,5 و 29,6 % مقارنة بالصنف المرجعي كريم. تعتبر هذه النتائج أولية لاختبار ميزات مزج أصناف القمح بمنطقة شبه رطبة لها مكانة في إنتاج الحبوب ويبقى المجال مطروحا لمزيد من الدراسة لإثبات صحة هذه النتائج على نطاق واسع.

الكلمات مفتاحية: قمح صلب، مزج الأصناف، سبتوريا، البياض الدقيقي، الصدأ، إنتاجية.

INTRODUCTION

En Tunisie, le nombre de variétés de blé emblavées à grande échelle est limité malgré l'inscription au Catalogue d'une multitude de variétés. En effet, la sole nationale est pratiquement dominée par la variété Karim qui s'est avérée sensible à différentes maladies fongiques foliaires (septoriose, oïdium et rouille brune). En culture monovariétale à Béja, cette même variété n'arrive à extérioriser pleinement son potentiel productif qu'après application de deux traitements fongicides systémiques, l'un en mars et l'autre en avril. Cette pratique monovariétale chez le blé commence à susciter des critiques dans différents pays ce qui a conduit à la réalisation des études sur les performances des associations de variétés. Cultiver plusieurs variétés ayant des gènes de résistance à différentes maladies sur une même parcelle peut ralentir la progression spatio-temporelle des épidémies. Des effets liés à la densité de plantation, à l'action barrière et à la prémunition participent à la diminution de la propagation de ces maladies (Wolfe, 2000 ; Jeuffroy et al, 2010). Des résultats encourageants sur les associations de variétés ont été rapportés en France puisqu'il a été enregistré un bénéfice à la fois pour la productivité, la qualité et la stabilité des récoltes avec un itinéraire technique à moindre coût (Jeuffroy et al, 2010). Avec un mélange approprié de variétés, il a été possible d'accroître le rendement en grains de 5% et d'augmenter de 0,5 point le taux de protéines tout en réduisant les maladies foliaires (De Valla vieille-Pope et al, 2004). Très peu de travaux ont traité cette question en Tunisie.

MATERIEL ET METHODES

Pendant la campagne 2010/2011, nous avons réalisé un essai de mélange de variétés de blé dur à l'Afareg appartenant au centre régional de recherche agricole de Béja. Les variétés ont été semées seules ou en association selon des proportions $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ en respectant le PMG de chaque variété (Tableau 1). Les semences ont été mélangées et semées dans la même parcelle. Le dispositif a été en blocs aléatoires avec trois répétitions. L'unité expérimentale a été de 30 m². Le semis a été fait le 08/12/2010 et la levée a été vers le 24/01/2011. Aucun traitement pesticide n'a été appliqué sur les plantes jusqu'à la récolte. La sévérité des maladies a été suivie au cours de la végétation et les rendements en grains par parcelle unitaire ont été enregistrés pendant la moisson en juillet 2011 (Tableau 1). Cet essai a été reconduit pendant la campagne 2011/2012 à Oued Béja selon le même protocole.

RESULTATS

Les résultats montrent que le mélange des deux variétés Karim et Salim ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$) a été le moins infecté par les champignons foliaires et le plus productif en grains et ceci sur les deux années et dans deux lieux d'expérimentation (Tableau 1) suivie par la variété Maali. Le mélange Karim, Salim et Maali ($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{3}$) a été également productif pendant la campagne 2011/2012. Cette amélioration dans la productivité a été importante puisque l'augmentation dans les rendements a varié entre 13, 5 et 29, 6% par rapport à la variété de référence Karim.

Tableau 1. Rendement moyen par m² de grains de blé dur à la moisson pour des variétés seules ou en association en différentes proportions de semences utilisées lors du semis dans les domaines de recherche à l'Afareg (2010/2011) et à Oud Béja (2011/2012).

Composition du mélange de variétés	Afareg 2010/2011 (g/m ²)	Oued Béja 2011/2012 (g/m ²)
Karim	181,1	245,8
Nasr	156,7	237,5
Salim	214,7	258,3
Maali	218,7	270,8
½ Karim + ½ Salim	234,7	279,2
½ Karim + ½ Nasr	174,0	-
½ Karim + ½ Maali	156,2	-
½ Nasr + ½ Salim	-	220,8
½ Maali + ½ Nasr	-	245,8
1/3 Karim + 1/3 Nasr + 1/3 Maali	183,6	-
1/3 Karim + 1/3 Salim + 1/3 Maali	-	283,3
1/3 Karim + 1/3 Salim + 1/3 Nasr	-	241,2
1/4 Karim + 1/4 Nasr + 1/4 Salim + 1/4 Maali	190,0	233,3

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DE VALLAVIEILLE-POPE Claude, MILLE Bruno, BELHAJ FRAJ Makram et MAYNARD Jean-Marc, "Intérêts des associations de variétés de blé pour diminuer les fongicides; conséquences sur la filière" in Le Sélectionneur Français, 2004, n° 54, p. 45-56.

JEUFFROY Marie-Hélène, MAYNARD Jean-Marc, DE VALLAVIEILLE-POPE Claude, BELHAJ FRAJ Makram et SAULAS Patrick, "Les associations de variétés de blé: performances et maîtrise des maladies" in Le Sélectionneur Français, 2010, n° 61, p. 75-84.

WOLFE Martin S, "Crop strength through diversity" in Nature, 2000, n° 406, p. 681-682.

Effet d'osmo-amorçage des grains sur la germination, la croissance et la résistance du blé dur à *Fusarium culmorum*

Naceur Djébal⁽¹⁾, Nizar Tiyab⁽¹⁾, Samia Gargouri⁽²⁾, Kamel Hessini⁽¹⁾

⁽¹⁾Centre de Biotechnologie de Borj Cedria

⁽²⁾Institut National de la Recherche Agronomique de Tunis.

*Correspondance : dnaceur@yahoo.fr

RESUME

Les plantes au champ sont sujettes à diverses contraintes biotiques et abiotiques réduisant leurs potentiels de production. Le bon démarrage des plantes, particulièrement par l'amélioration de la germination et de la levée des grains après semis, constitue l'une des premières règles pour que les plantes au champ résistent à ces contraintes. L'amorçage de la semence constitue une méthode intéressante pour augmenter non seulement la productivité chez les plantes, mais aussi pour améliorer leur tolérance aux différents stress biotiques et abiotiques. Ce travail a pour objectif l'amélioration de la croissance du blé dur et sa résistance à *F. culmorum* par osmo-amorçage des grains en utilisant différents sels minéraux. Tout d'abord un protocole d'infection de cet agent pathogène sur les grains du blé dur Karim a été mis au point. Les résultats ont montré que le trempage des grains pendant 3 h dans une suspension de macro-conidies de *F. culmorum* (106 conidies/ml) réduit le pourcentage de germination de 50% ainsi que la longueur du coléoptile et de la racine. En suite, l'étude de l'effet de 7 sels (NaCl, KCl, MgCl₂, MgSO₄, ZnSO₄, CaCl₂ et KNO₃) à différentes concentrations (0, 5, 10, 15, 25, 50, 75 et 100 mM) et à différents temps d'imbibitions (0, ½, 3, 6, 9 et 12 heures) sur la germination et la croissance des grains préalablement inoculés ou non par *F. culmorum* a été faite. Les résultats ont montré que la majorité des sels utilisés à des faibles concentrations (5 à 15 mM) et à des temps de trempage variant entre 3 et 12h ont permis une amélioration de la germination et la croissance du blé dur avant et après infection par cet agent pathogène. Ces mêmes sels ont permis une amélioration de la résistance du blé dur Karim à l'attaque par *F. culmorum*. Le ZnSO₄ (5 mM) est le seul sel qui a permis à la fois une augmentation de la croissance du blé dur Karim et une diminution de l'infection des grains et la croissance mycélienne de *F. culmorum* sur milieu PDA.

Mots clés: Amélioration de la semence, Fusariose du blé, Germination, Osmo-amorçage, Résistance, *Triticum durum*.

ملخص

Fusarium culmorum هو الفطر الرئيسي المسبب لمرض لفحة السنبلة لدى القمح الصلب في تونس. يتسبب هذا المرض في انخفاض في كمية و نوعية إنتاج القمح في بلادنا. تهتم هذه الدراسة بالرفع في نمو و مقاومة القمح الصلب كريمة لمرض الفوزاريوم باعتماد تحسين البذور مستخدمين أملاح معدنية مختلفة. أولاً، تم وضع بروتوكولا للعدوى لهذا المرض على بذور القمح كريمة. أظهرت النتائج أن نقع البذور لمدة 3 ساعات في تعليق أبواغ *F. culmorum* (106 أبواغ / مل) تخفض نسبة الإنبات إلى 50٪ وتقلص طول الجذور. ثانياً، اهتم هذا العمل بدراسة تأثير سبعة أملاح (NaCl، KCl، MgCl₂، MgSO₄، ZnSO₄، CaCl₂ و KNO₃) بتركيزات (0 و 5 و 10 و 15 و 25 و 50 و 75 و 100 ملليمول) وأوقات نقع (0 و ½ و 3 و 6 و 9 و 12 ساعة) مختلفة على إنبات ونمو بذور القمح قبل و بعد عملية التلقيح بمرض الفوزاريوم. أظهرت هذه الدراسة أن الغالبية

العظمى من الأملاح المستخدمة بتركيزات منخفضة (5-15 ملليمول) ومدة تقع تتراوح بين 3 و 12 ساعة تحسن في إنبات ونمو القمح الصلب قبل وبعد الإصابة بهذا المرض. و قد حسنت الأملاح أيضا مقاومة القمح الصلب كريم للإصابة بمرض *F. culmorum*. كما أظهرت الأبحاث أن الملح $ZnSO_4$ (5 ملليمول) هو الوحيد الذي زاد من نمو القمح الصلب كريم و خفّض من إصابة البذور و نمو الفطر على الوسط الغذائي PDA.

الكلمات المفتاحية: البذور المحسنة، لفحة السنبل، الإنبات، المقاومة، القمح الصلب.

INTRODUCTION

Les céréales représentent la première famille de plantes cultivées à travers le monde. En Tunisie, le blé constitue l'aliment de base pour la population locale, occupant ainsi une place importante dans la production agricole du pays. Malgré cette importance, la production de blé reste en deçà de nos besoins à cause de plusieurs contraintes abiotiques et biotiques. Ces dernières sont dues aux insectes et aux agents pathogènes qui attaquent les plantes à différents stades de développement. La fusariose du blé dur constitue l'une des maladies les plus graves en Tunisie qui déprécie tant la quantité que la qualité de la production de cette céréale (Gargouri-Kammoun et al., 2010; Oueslati et al., 2011). Une quinzaine d'espèces de champignons sont la cause de cette maladie (Wagacha et Muthomi, 2007). En Tunisie, *Fusarium culmorum* a été décrite comme l'espèce la plus fréquente et la plus toxigène dans le complexe de champignons causant la fusariose sur blé dur.

La lutte contre les maladies fongiques se fait essentiellement par les fongicides. L'utilisation abusive de ces produits chimiques a conduit à l'apparition de résistance chez plusieurs agents pathogènes réduisant ainsi le nombre de fongicides efficaces et elle a des répercussions négatives sur les auxiliaires utiles et sur l'environnement en générale. Par conséquent, il est important de rechercher des méthodes alternatives de lutte contre les agents pathogènes (Begum et al., 2010; Djébali, 2012). Parmi ces méthodes il y a celles qui visent à stimuler les défenses des plantes. Ces méthodes dites d'amorçage sont basées sur le concept de la résistance induite (Conrath, 2009). En effet, il a été montré que lorsqu'une plante est sujette à l'attaque d'un agent pathogène une première fois, elle devient plus résistante aux agents pathogènes lors d'une seconde agression. Il a été aussi montré que cet état de pré-immunisation peut être acquis par les plantes suite à l'application de diverses substances chimiques telles que l'acide salicylique ou ces homologues (ex. BTH) (Conrath, 2009). L'application des ces substances peut être réalisée sur les plantes en culture ou bien par traitement de la semence, on parle alors d'osmo-amorçage. Cette dernière technique consiste au trempage des grains dans des solutions de sels organiques ou inorganiques pendant un temps bien déterminé (avant l'émergence de la radicule) suivie de leur déshydratation. L'osmo-amorçage constitue une technique prometteuse offrant un double avantage à savoir la lutte contre les agents pathogènes transmis par les semences ou se trouvant dans sol en utilisant des sels à effet fongicide et par la stimulation des défenses des plantes (Conrath, 2009).

Ainsi, ce travail a pour objectif l'amélioration de la croissance et de la résistance du blé dur à *Fusarium culmorum* par osmo-amorçage des grains en utilisant différents sels minéraux.

MATERIELS ET METHODES

Matériel fongique

Deux souches de *Fusarium culmorum* FC2 et FC3 isolées à partir du blé au nord de la Tunisie ont été utilisées dans ce travail. La culture de ce champignon a été faite sur milieu PDA (Potato Dextrose Agar, CDH) à 25°C et à l'obscurité. La production de macro-conidies de *F. culmorum* a été faite par

culture des souches sur milieu Joffe (Dhingra et Sinclair, 1995) à 25°C et à l'obscurité. La conservation des souches de *F. culmorum* a été faite par culture sur milieu PDA à 4°C.

Les effets de NaCl, KCl, CaCl₂, MgCl₂, MgSO₄, KNO₃ et ZnSO₄, sur la croissance de *F. culmorum* ont été étudiés par l'ajout de ces sels au milieu PDA à différentes concentrations (0, 5, 10, 15, 25, 50, 75 et 100 mM). Les pressions osmotiques des différents sels pour une concentration donnée étaient comparables. Le pH du milieu PDA a été ajusté à 7 avec du KOH avant autoclavage. Des cultures de *F. culmorum* âgées de 7 jours ont été utilisées pour l'ensemencement des boîtes PDA (disque de 9 mm de diamètre) qui ont été incubées à 25°C et à l'obscurité. Le diamètre de la colonie du champignon a été mesuré quotidiennement jusqu'à 3 jours après repiquage.

La préparation de l'inoculum de *F. culmorum* a été faite par raclage de la surface d'une culture âgée de 21 jours sur milieu Joffe dans de l'eau distillée stérile additionnée de 0.05% de Tween20 (Sigma). Le comptage des spores a été fait à l'aide d'un hémocytomètre (lame de Thomas) sous microscope photonique (Olympus, Philippines). L'inoculation a été faite par trempage des grains de la variété Karim dans la suspension de macro-conidies (106 conidies ml⁻¹) pendant 3 h. Les grains inoculés par *F. culmorum* ont été mis en boîtes humides (25/boîte) pour le test in vitro, alors que pour le test en serre les grains ont été cultivés sur sable doublement autoclavé en pots (500 ml). Les mesures des symptômes ont été faites selon l'échelle établie par Miedaner et Schilling (1996) et par la mesure de la longueur du brunissement sur la tige. Trois répétitions par traitement ont été considérées.

Matériel végétal

La variété Karim de blé dur (*Triticum durum* L.) a été utilisée au cours de ce travail. L'osmo-amorçage a été fait par trempage des grains dans des solutions salines. Les grains sont ensuite déshydratés sous un flux d'air à 25°C à l'obscurité dans un incubateur vertical pendant 3 jours. L'amorçage des grains a été fait en utilisant sept sels, NaCl, KCl, MgCl₂, CaCl₂, MgSO₄, ZnSO₄, et KNO₃ à différentes concentrations (0, 5, 10, 15, 25, 50, 75 et 100 mM) et différents temps d'imbibition (0, 1/2, 3, 6, 9 et 12 heures). Le pH des solutions salines a été ajusté à 7 avec du KOH (1 N), sauf pour la solution ZnSO₄ où le pH a été ajusté avec le NaOH (1 N).

La germination des grains a été faite en mettant 25 grains par boîte de Pétri carrée (12 cm x 12 cm) sur double papier filtre stérile imbibé d'eau distillée stérile. Les boîtes ont été fermées à l'aide de para film pour maintenir l'humidité et ont été incubées à 25°C à l'obscurité. Pour les tests de l'effet des sels sur la germination et la résistance de Karim à *F. culmorum*, les solutions salines remplacent l'eau utilisée pour imbiber le papier filtre dans les boîtes. Un suivi journalier de la germination des grains a été fait pendant 3 jours par comptage du nombre de grains qui ont fait apparaître leur radicule, coléoptile et racines secondaires. A la fin du test, la longueur du coléoptile (\pm la première feuille) et de la racine la plus longue ainsi que le poids frais des plantules a été fait. Le pourcentage final de germination a été calculé selon la formule de Belcher et Miller (1974) $FG\% = 100 \times \Sigma(n)/N$, où n est le nombre de grains germés et N est le nombre de grains testés. Le temps moyen de germination a été calculé selon la formule d'Ellis et Roberts (1981) $MGT = \Sigma(Dn)/\Sigma n$, où n est le nombre des grains germés au jour D et D est le nombre de jours comptés à partir du début du test de germination. L'indice de vigueur a été estimé selon la formule de Abdul-Baki et Anderson

(1973) $VI=FG\% \times SL$, où SL est la longueur de la plantule en cm (longueur de la coléoptile + longueur des racines).

Pour la culture en serre, les plantes ont été mises en pots (500 ml) contenant du sable doublement autoclavé. La température dans la serre a été maintenue à $19^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Dix grains ont été déposés à la surface du substrat puis couverts par la même quantité de sable afin d'avoir une couche uniforme entre les différents traitements. L'irrigation des plantes a été faite selon les besoins des plantes à l'aide de la solution Hoagland. Les plantes ont été irriguées de façon adéquate jusqu'à l'âge de 30 jours, ensuite durant les 15 derniers jours une alternance entre périodes humides et sèches a été appliquée pour un meilleur développement des symptômes d'infection de *F. culmorum*. Pour la culture en serre les mesures ont porté sur le pourcentage de levée à 7 jours après semis; le nombre de feuilles par plante, la longueur, les poids frais et sec de la partie aérienne et racinaire et la mesure de la photosynthèse au stade 7 feuilles.

Le dosage des macroéléments N, P et K a été fait sur les feuilles et les racines du blé dur Karim. Pour ce faire, les parties prélevées des plantes ont été séchées dans une étuve à 70°C pendant 3 jours. Dosage du potassium: trente milligrammes de matière sèche préalablement broyée sont déposés dans un pilulier sec et additionnés de 50 ml d'acide nitrique à 0,5 N. Le mélange a été mis dans un bain marin à 80°C pendant une heure, ensuite laissé se refroidir à température ambiante pendant 24h. Après filtration, la solution obtenue sert pour le dosage du potassium par photométrie à flamme. Le dosage de l'azote a été effectué selon la méthode Kjeldahl qui se base sur le titrage acido-basique. Trente milligrammes de matière sèche préalablement broyée sont déposés dans une fiole et additionnés de 50 ml d'acide sulfurique concentré en présence d'un mélange de catalyseurs (K_2SO_4 et CuSO_4) à chaud. La minéralisation de l'azote se fait dans un minéralisateur pendant une heure et trente minutes sous hotte. Après refroidissement, on ajoute l'eau distillée. Après l'addition de la soude concentrée en excès, la solution obtenue sert pour le dosage de l'azote. Le dosage du phosphore: trente milligramme de la matière sèche préalablement broyée sont déposés dans un pilulier sec et additionnés de 30 ml d'acide nitrique à 0,5 N et du charbon. Après filtration, 2 ml de la solution a été mélangée avec 4 ml d'une solution nitro-vanado-molybdique (solution A: molybdate d'ammonium et solution B: métavanadate d'ammonium + acide nitrique). La lecture a été faite par spectrophotomètre à 436 nm.

Analyses statistiques

L'analyse de la variance et la comparaison des moyennes (test Duncan) ont été effectuées à l'aide du logiciel STATISTICA version 5.1H (StatSoft, France) au seuil $P \leq 0,05$.

RESULTATS

Effet des différents sels sur la germination et la croissance précoce du blé dur Karim

L'analyse de la variance relative aux paramètres de germination (émergence de la radicule) et post germination (émergence du coléoptile et des racines secondaires) a montré un effet sel, un effet temps et un effet concentration très hautement significatifs ($P \leq 0,001$). L'effet de la concentration du sel s'est avéré plus important que l'effet nature du sel sur la variation du pourcentage de germination.

La germination et la croissance des plantules du blé dur Karim ont été améliorées à des faibles concentrations entre 5 et 15 mM pour l'ensemble des sels utilisés. En utilisant les solutions salines le pourcentage de germination a été amélioré en comparaison au témoin, à 5 mM pour NaCl, CaCl_2

et KCl; à 10 mM pour $MgCl_2$ et KNO_3 et à 15 mM pour $ZnSO_4$. Seul $MgSO_4$ n'a pas augmenté le pourcentage de germination des grains du blé Karim en comparaison au témoin. Les pourcentages d'émergence du coléoptile et des racines secondaires ont été améliorés aux mêmes concentrations pour les sels NaCl, $CaCl_2$, KCl, $MgCl_2$ et KNO_3 et $ZnSO_4$; pour $MgSO_4$ à 10 mM. La longueur de la racine et du coléoptile, le poids frais et la vigueur des plantules ont été améliorés par rapport au témoin à une concentration de 5 mM pour KCl, $CaCl_2$ et $ZnSO_4$, à 10 mM pour NaCl et $MgSO_4$ et à 10-15 mM pour KNO_3 et $MgCl_2$. Les fortes concentrations au-delà de 50 mM ont réduit le pourcentage de germination et la croissance précoce des plantules du blé dur Karim pour les sept sels étudiés.

Effet des sels sur la résistance du blé dur Karim à *Fusarium culmorum*

La comparaison des moyennes a montré que la germination des grains après inoculation par *F. culmorum* a été améliorée pour l'ensemble des sels utilisés à faibles concentrations de 5 à 15 mM. Le NaCl à une concentration de 5 mM a augmenté le pourcentage d'émergence de la racicule de 30 % à 24 h. Le $ZnSO_4$ a permis une amélioration de 35 % en moyenne dans les pourcentages d'émergence de la racicule, du coléoptile et des racines secondaires. Une amélioration de la longueur des racines, des coléoptiles, l'indice de vigueur et du poids des plantules a été notée pour les différents sels à faibles concentrations variant de 5 à 25 mM. Le $CaCl_2$ à 5 mM a montré une augmentation de 8 fois dans la longueur des racines par rapport au témoin. Le $MgCl_2$ à 15 mM a montré l'amélioration la plus importante au niveau longueur du coléoptile. Ces deux derniers sels ont permis l'augmentation la plus importante du poids frais des plantules. Les différents sels à faibles concentrations ont permis de diminuer le pourcentage d'infection des grains de Karim par *F. culmorum*. Le $CaCl_2$, le KCl et le $ZnSO_4$ ont réduit le pourcentage d'infection des grains de 45 % chez le témoin à 0 %. L'étude de l'effet du temps de trempage dans les différentes solutions salines sur l'infection des grains du blé par *F. culmorum* a montrée que tous les temps étudiés ont améliorés la longueur de la racine et celle du coléoptile chez les grains infectés par cet agent pathogène pour tous les sels utilisés. Le temps d'imbibition optimal varie en fonction de la nature du sel et généralement variant entre 30 et 360 minutes. Le temps d'imbibition optimale pour NaCl a été de 3 h, de 6h pour KNO_3 , $MgSO_4$ et $ZnSO_4$ et de 12 h pour KCl, $CaCl_2$ et $MgCl_2$.

Essai de bio-contrôle de *F. culmorum* en serre

Effet sur la croissance et l'infection des plantes

Les résultats ont montré que le traitement des grains par le $CaCl_2$, KCl, KNO_3 et $ZnSO_4$ a permis une augmentation du pourcentage de la levée des plantules du blé après 7 jours du semis des grains en pots. Concernant les paramètres de croissance on remarque que le $CaCl_2$ suivi par $ZnSO_4$ ont permis une amélioration significative de la longueur et du poids frais et sec de la partie aérienne, et du poids frais de la racine. Pour les paramètres d'infection on remarque que les sept sels ont réduit significativement le degré d'infection, la longueur de brunissement sur la base de la tige et la longueur de brunissement sur la racine. Les deux sels $CaCl_2$, et $ZnSO_4$ ont induit la diminution la plus importante des paramètres d'infection.

Effet sur la photosynthèse, la transpiration et la conductance stomatique.

Les résultats ont montré que le traitement des grains par les sept sels a montré une augmentation de la photosynthèse, de la transpiration et de la conductance stomatique par rapport aux grains traités par l'eau (témoin) (Tableau 1). Le rapport de la photosynthèse sur la transpiration a été significativement diminué suite au traitement des grains par les solutions salines.

Le traitement des grains par ZnSO₄ a montré l'amélioration la plus importante dans les paramètres relatifs à la photosynthèse, la transpiration et la conductance stomatique (Tableau 1).

Tableau 1. Mesures de la photosynthèse, de la transpiration et de la conductance stomatique des feuilles des plantes du blé dur Karim issues de grains traités par différentes solutions salines à 45 jours après infection par *Fusarium culmorum*.

Traitements	Photosynthèse (A) (μmol de CO ₂ /m ² /s)	Transpiration (E) (mmol/m ² /s)	Rapport (A/E)	Conductance stomatique (GS) (mm/s)
Témoin (H ₂ O)	6,76(\pm 0,51)f	0,38(\pm 0,06)e	18,03(\pm 4,07)a	0,01(\pm 0)q
NaCl	13,51(\pm 1,51)e	2,11(\pm 0,26)d	6,40(\pm 0,39)b	0,07(\pm 0,7)f
KCl	23,97(\pm 0,21)ab	4,82(\pm 0,03)a	4,96(\pm 0,06)b	0,14(\pm 1,34)b
CaCl ₂	20,97(\pm 2,53)c	4,34(\pm 0,07)b	4,82(\pm 0,58)b	0,12(\pm 0,54)d
KNO ₃	22,60(\pm 1,53)bc	4,32(\pm 0,25)b	5,22(\pm 0,05)b	0,13(\pm 1,09)bc
MgCl ₂	23,81(\pm 0,94)b	4,40(\pm 0,07)b	5,39(\pm 0,16)b	0,13(\pm 0,44)bc
MgSO ₄	16,58(\pm 0,35)d	3,47(\pm 0,22)c	4,79(\pm 0,31)b	0,08(\pm 3,28)e
ZnSO ₄	25,64(\pm 1,24)a	4,86(\pm 0,12)a	5,26(\pm 0,21)b	0,15(\pm 0,44)a

Effet sur la nutrition minérale des plantes

En général le traitement des grains avec les solutions salines a provoqué une diminution de la teneur en azote dans les racines. Seul le traitement avec ZnSO₄ a permis une augmentation de la teneur d'azote au niveau des feuilles par rapport au témoin. La teneur en potassium n'a pas été affectée dans les feuilles suite au traitement par les sels en comparaison au témoin, par contre une diminution de la teneur en cet élément a été notée dans les racines suite au traitement par KCl, CaCl₂, KNO₃, MgCl₂ et ZnSO₄. La variation la plus importante a été notée dans le dosage du phosphore en comparaison à l'azote et au potassium. En effet, l'ensemble des traitements des grains par les sels ont augmenté la teneur du phosphore dans les feuilles et les racines du blé dur Karim par rapport au témoin traité par l'eau, à l'exception de la teneur en phosphore dans les racines des plantes issues de grains traité par MgSO₄.

Effet des différents sels sur la croissance mycélienne de *F. culmorum*

L'analyse de la variance a montré que de la croissance de *F. culmorum* dépend significativement ($P \leq 0,001$) de la nature du sel, de sa concentration et de leurs interactions. La croissance de *F. culmorum* dépend plus de la nature du sel que de sa concentration. Les résultats de l'effet de sept sels (ZnSO₄, CaCl₂, NaCl, MgCl₂, MgSO₄, KNO₃, KCl) à différentes concentrations (0-100 mM) sur la croissance mycélienne de *F. culmorum* sont élucidés dans la figure 1. En général, la croissance mycélienne de *F. culmorum* augmente significativement en fonction de la concentration du sel dans le milieu PDA, sauf pour ZnSO₄. A l'exception de ZnSO₄, la meilleure croissance mycélienne a été obtenue à une concentration de 100 mM pour les sels utilisés (Figure 1). La croissance de *F. culmorum* sur milieu PDA a été inhiber par ZnSO₄ à toutes les concentrations utilisées.

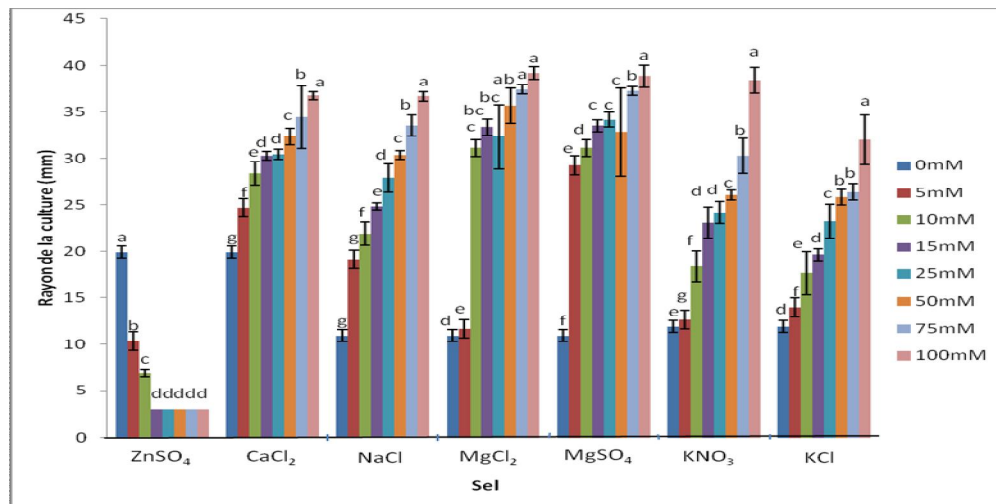


Figure 1. Croissance mycélienne de *Fusarium culmorum* cultivé sur milieu PDA additionné de différents sels à différentes concentrations à 25°C et à l'obscurité.

DISCUSSION

La lutte chimique contre *Fusarium culmorum* se trouve limitée par plusieurs obstacles à savoir son origine tellurique, sa capacité à développer des résistances simples et croisées aux fongicides. Il est maintenant de plus en plus admis que la lutte intégrée, qui se base une combinaison raisonnée des plusieurs méthodes de protection, constitue une stratégie de lutte de choix vu son efficacité immédiate et à long terme par la préservation des équilibres dans les écosystèmes naturels. La sélection variétale et l'amélioration de la semence constituent un des piliers de la lutte intégrée. Parmi les techniques d'amélioration il y a l'amorçage des grains en utilisant les sels. Cette technique offre divers avantages dont la lutte contre l'agent pathogène à des stades précoces moyennant des sels qui inhibent ou qui tuent les champignons transmis par les semences et qui peuvent en même temps stimuler la croissance et les défenses de la plante pour se défendre mieux en cas d'attaque par un agent pathogène. Dans cette étude nous avons montré que les différents sels utilisés à des faibles concentrations allant de 5 à 15 mM ont pu améliorer la germination et la croissance du blé dur Karim avec ou sans infection par *F. culmorum*. En plus, le pourcentage d'infection des grains *in vitro* et le degré d'infection des plantes *in vivo* ont été réduits suite à l'amorçage des grains par ces différents sels. Bouda et Haddioui (2011) en étudiant l'effet de différentes concentrations de NaCl (de 5, 10 et 15 g/l) sur la germination et la croissance précoce d'Atriplex, ont montré que le pourcentage de germination a augmenté fortement avec une faible concentration de sel (5 g/l) alors que les concentrations supérieures à 5g/l inhibent la germination et la croissance des organes aériens. Le ZnSO₄ offre un autre avantage par rapport aux autres sels, car nous avons trouvé qu'à la concentration de 5 mM il a diminué la croissance mycélienne de *F. culmorum*, alors que les autres sels ont augmenté ce paramètre. Donc ce sel peut avoir une action directe sur le champignon au niveau de la graine et une action indirecte en améliorant la croissance et le système de défense de la plante. Pour les autres sels, on peut expliquer la diminution de l'infection et des plantes par l'amélioration de la vitesse de germination et de la vigueur des plantes qui deviennent ainsi plus résistantes à l'attaque de l'agent pathogène. Harris et al. (2007) ont montré que

l'amorçage des grains de maïs par une solution de $ZnSO_4$ a augmenté la croissance et le rendement de cette plante. Les sept sels à faibles concentrations (5 à 15 mM) ont augmenté la photosynthèse des plantes par rapport au témoin. Le $ZnSO_4$ à 5 mM est le meilleur sel qui a augmenté la photosynthèse des plantes de blé dur Karim. De même, Tavallali et al. (2009) ont montré que la déficience des plantes en Zn a entraîné une réduction de la photosynthèse nette et la conductance stomatique et qu'un ajout en cet élément en faibles quantités (5 à 20 mg) améliore ces paramètres.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdul-Baki AA, Anderson JD, 1973.** Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Science, n° 13, p. 630- 633.
- Begum MM, Sariah M, Puteh AB, Zainal Abidin MA, Rahman MA, Siddiqui Y, 2010.** Field performance of bio-primed seeds to suppress Colletotrichum truncatum causing damping-off and seedling stand of soybean. Biological Control, n° 53, p. 18- 23.
- Belcher EW, Miller L, 1974.** Influence of substrate moisture level on the germination of sweetgum and pine seed. Proceeding of the Association of Official Seed Analysis, n° 65, p. 88- 89.
- Bouda S, Haddioui A, (2011).** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre Atriplex. Nature et Technologie, p. 72-79.
- Conrath U, 2009.** Priming of Induced Plant Defense Responses. Advances in Botanical Research, n° 51, DOI: 10.1016/S0065-2296(09)51009-9. Dhingra OD, Sinclair JB. Basic plant pathology methods. CRC Press, London, UK, 434 p. 1995.
- Djébali N, 2012.** Seed Hydropriming Effect on Triticum durum and Hordeum vulgare Germination, Seedling Growth and Resistance to Fusarium culmorum. Plant Pathology Journal, n° 3, p. 77-86.
- Ellis RA, Roberts EH, 1981.** The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science Technology, n° 9, p. 373- 409.
- Gargouri- Kammoun L, Gargouri S, Barreau C, Richard-Forget F, Hajlaoui MR, 2010.** Trichothecene chemotypes of Fusarium culmorum infecting wheat in Tunisia. International Journal of Food Microbiology, n° 140, p. 84- 89.
- Harris D, Rashid A, Miraj G, Arif M, Shah H, 2007.** On-farm seed priming with zinc sulphate solution A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field Crops Research, n° 102, p. 119-127.
- Miedaner T, Schilling AG, 1996.** Genetic variation of aggressiveness in individual field populations of Fusarium graminearum and Fusarium culmorum tested on young plants of winter rye. European Journal of Plant Pathology, n° 10, p. 823- 830.
- Oueslati S, Meca G, Mliki A, Ghorbel A, Mañes J, 2011.** Determination of Fusarium mycotoxins enniatins, beauvericin and fusaproliferin in cereals and derived products from Tunisia. Food Control, n° 22, p. 1373- 1377.
- Tavallali V, Rahemi M, Maftoun M, Panahi B, Karimi S, Ramezani A, Vaezpour M, 2009.** Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. Scientia Horticulturae, n° 123, p. 272-279
- Wagacha JM, Muthomi JW, 2007.** Fusarium culmorum. Infection process, mechanisms mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. Crop Protection, n° 26, p. 877-885.

Opportunité de l'application d'un engrais ternaire à diffusion progressive associés à un engrais ternaire foliaire dans la fertilisation du blé dur en différentes zones céréalières en Tunisie

Aichi H1, Bchini H⁽¹⁾, Mogaadi A⁽¹⁾, Jarrahi T⁽²⁾

⁽¹⁾ Ecole supérieure d'agriculture de Mograne 1121, Zaghouan, Tunisie

⁽²⁾ Institut National des Grandes Cultures Bousalem, Jendouba

RESUME

Les emblavures céréalières occupent en moyenne 1,5 millions d'hectares avec un rendement moyen de 15 qx/ha. Outre la satisfaction des besoins en eau, tributaire des aléas climatiques, l'obtention de bons rendements dépend directement de la fertilisation. Notre objectif est d'étudier l'opportunité de l'utilisation d'un engrais enrobé ternaire NPK à diffusion progressive associé à un engrais ternaire foliaire dans la fertilisation du blé dur. L'expérimentation a intéressé la variété Maali conduite en pluvial chez des agriculteurs à Béja, Bizerte, Jendouba et en irrigué à Kairouan. Dans chaque zone nous avons appliqué: i) sur une parcelle témoin de 1ha une fertilisation conventionnelle composée de 150 kg de DAP en fumure de fond associée à une dose de nitrate d'ammonium, calculée selon le rendement objectif de chaque région. Les apports de nitrate d'ammonium ont été fractionnés en 30, 40 et 30% respectivement aux stades 3 feuilles, tallage et montaison. i) sur une deuxième parcelle de 1 ha nous avons apporté en fumure de fond un engrais ternaire enrobé NPK (Mg+SO₃): 25-5-10 (+2+24), les doses de cet engrais ont été calculées de manière à satisfaire les besoins en unités fertilisantes d'azote pour atteindre le rendement potentiel de la variété Maali dans chaque région, associée à un engrais foliaire ternaire: 15-10-31 fractionné en deux apports à raison de 3 kg/ha apporté respectivement aux stades 3 feuilles et montaison. Les résultats obtenus ont montré que les marges brutes pour le témoin et le traitement étaient respectivement de 2704 contre 2566 dinars/ha, 1239 contre 927 dinars/ha, 1467 contre 1159 dinars/ha et 2236,5 contre 2123,8 dinars/ha respectivement à Béja, Jendouba, Bizerte et Kairouan. Les réponses à l'engrais enrobé associé au foliaire ont été plus marquées à Kairouan et à Béja. Toutefois, Les analyses du sol ont montré que l'engrais à diffusion progressive à une rémanence de 50%. Ces résultats permettent la culture d'une céréale secondaire (orge, triticale ou avoine grains), sans apport d'engrais pour valoriser le résidu du fertilisant.

Mots clés: Engrais à diffusion progressive, Engrais foliaire ternaire, Nitrate d'ammonium, DAP, Blé dur Maali.

ملخص:

تعد المساحات المزروعة حبوب 1.5 مليون هكتار سنويا بمعدل مردود 15 قنطار في الهكتار. الى جانب تلبية حاجياتها من الماء المرتبطة بالتقلبات المناخية فان الترفيع في المردود مرتبط مباشرة بالتخصيب. هدفنا تمثل في دراسة مدى امكانية الترفيع في مردود القمح الصلب باستعمال مخصب معدني ثلاثي العناصر (ازوت، فسفاط و بوتاسيوم) ذو ذوبان بطيء مصحوب بمخصب ورقي تخصيب الحبوب. التجربة خضعت للصنف "معالي" المزروع مطريا لدى فلاحين بكل من : باجة و بنزرت و جندوبة و مرويا بالقيروان. في كل جهة : (1) على قطعة مشاهدة تمسح واحد هكتار اعتمدنا تخصيبا تقليديا مكون من 150 كغ من مادة فسفاط ثنائي الأمونيوم كسماد قاعي و مقدار من مادة نيترات الأمونيوم تم احتسابه حسب المردود الهدف الخاص بكل جهة و تقسيم نثرها بالنسب التالية : 30% و 40% و 30% و ذلك حسب المراحل التالية : 3 اوراق و التجدير و الصعود. (2) على قطعة ثانية تمسح واحد

هكتار قمنا بوضع سماد قاعي ثلاثي العناصر (25-5-10 +2+24) NPK (Mg+SO₃) وقد تم احتساب المقادير بالاعتماد على حاجيات صنف "معالي" لبلوغ مردودها المحتمل بكل جهة كما قمنا بإضافة مستسمد ورقي ثلاثي العناصر 15-10-31 مقسم على مرحلتين بمعدل 3 كغ/هك في كل مرة و ذلك عند مرحلة 3 ورقات ومرحلة الصعود. أظهرت النتائج أن هامش الربح الخام لقطعة المشاهدة و التجربة كانت على النحو التالي: 2704 مقابل 2566 د/هك بباجة و 1239 مقابل 927 د/هك بجندوبة و 1467 مقابل 1159 د/هك ببزرت و 2236 مقابل 2123 د/هك بالقيروان الاستجابة للسماد المغشى و المصحوب بالسماد الورقي كان الأكثر ملحوظا بالقيروان حيث تم اعتماد النظام المروي و باجة حيث معدلات المطار هي الأكبر مع الإشارة الى ان تحليل التربة اثبت ان 50 % من السماد المغشى ما يزال في الأرض مما يسمح بزراعة حبوب ثانوية (شعير او ترتيكال او قصبية حبوب) دون وضع سماد و تثمين بقايا السماد المغشى

الكلمات المفتاحية: سماد مغشى، سماد ورقي، فسفاط ثنائي الأمونيوم، نترات الأمونيوم، قمح صلب معالي

INTRODUCTION

En Tunisie Les emblavures réservées aux céréales occupent en moyenne 1,5 million d'hectares, le blé dur représente à lui seul 46,6 % des emblavures. Dans les zones pluvieuses, où les conditions sont favorables, le blé dur est préféré à toute autre céréale (Slama et al., 2005). Ainsi, la le blé dur est la principale céréale cultivée en Tunisie (Aissa and Mhiri, 2002). Toutefois, le rendement moyen de cette céréale est de 15 qx/ha. La fertilisation est indispensable pour améliorer les rendements. Cependant, les prix élevés des engrais constituent un frein à leur utilisation en quantités requises. Dès lors, les besoins en fertilisants doivent être correctement évalués pour se situer à l'optimum économique. L'utilisation des engrais enrobés et des engrais foliaires constitue une prouesse technologique non encore mise à profit en Tunisie pour améliorer l'efficience aussi bien agro-environnemental et financière de l'utilisation de l'engrais par la plante.

Un engrais enrobé est un engrais entouré d'un gainage permettant une diffusion progressive des éléments fertilisants (majeurs, secondaires et oligoéléments) dans la solution du sol (Wang et al. 2011). La libération progressive permet d'assurer aux végétaux leur nutrition soutenue dans le temps au fur et à mesure de leurs besoins tout en évitant des apports fréquents. Selon la nature de l'enrobage et de son épaisseur, la cinétique de libération est tributaire de l'effet conjugué de l'action de l'eau, de la température (diffusion quasi nulle par temps froid), des micro-organismes du milieu et du pH. Ces engrais enrobés permettent par ailleurs, de limiter le risque de pollution azotée notamment par ruissellement au niveau des cours d'eau et des nappes phréatiques (Wang et al., 2011). Ce travail a pour objectif l'étude de l'opportunité de l'application d'un engrais ternaire à diffusion progressive associé à un engrais ternaire foliaire dans la fertilisation du blé dur en différentes zones céréalières en Tunisie.

MATERIEL ET METHODES

L'expérimentation a été conduite chez des agriculteurs dans quatre gouvernorats Béja, Bizerte, Jendouba et Kairouan. La variété utilisée est Mâali, inscrite au catalogue officiel depuis 2007. C'est une variété à fort tallage, tolérante à la sécheresse, résistante à la verse, l'oïdium et la septoriose (Gharbi et al. 2008). Chez les quatre agriculteurs, le précédent cultural était le blé dur. Les parcelles de Béja (Ksar-Mezwar), Jendouba (Fernana) et Bizerte (Zaarour) ont été conduites en pluvial et la parcelle de Kairouan (Chbika) a été conduite en irrigué. Pour les quatre régions la dose de semis a été la même à savoir 200kg/ha.

Pour les traitements témoins (fertilisation conventionnelle), nous avons utilisé 150kg/ha de DAP en fumure du fond dans les quatre régions. Par contre, les besoins en azote ont été estimés selon un rendement objectif propre à chaque région et ce sur la base du coefficient d'exportation pour

l'élément azote (Nexp). Selon cette méthode, les besoins en azote ont été calculés en appliquant l'équation suivante: Besoin en azote (kg/ha) = Rendement objectif (qx/ha) x Nexp (kg/qx). En condition agro-pédologique tunisienne ce coefficient est estimé à 3,5kg/qx (Gharbi, 1988). Les doses des engrais utilisées dans les quatre régions sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1: Doses des engrais appliqués en fertilisation conventionnelle.

Région	Rendement Potentiel (Qx/ha)	Besoin (UN)	Quantité d'Ammonitrate (Kg/ha) (33,5 %N)	DAP (Kg/ha) P2O5
Ksar Mezwar (Béja)	60	210 (60x3,5)	627	150
Fernana (Jendouba)	45	157.5 (45x3,5)	470	150
Zaarour (Bizerte)	45	157.5 (45x3,5)	470	150
Chbika (Kairouan)	65	227.5 (65x3,5)	680	150

Les quantités d'azote ont été apportées sous forme d'ammonitrate à 33,5% d'azote fractionnées en 3 apports : stade 3 feuilles (30 % de la quantité totale), stade tallage (40 % de la quantité totale), et stade 2 nœuds (30 % de la quantité totale). Pour les traitements tests, nous avons apporté en fumure de fond un engrais ternaire enrobé NPK (Mg+SO₃): 25-5-10 (+2+24) associé à un engrais foliaire ternaire: 15-10-31 fractionné en deux apports à raison de 3Kg/ha apporté respectivement aux stades 3 feuilles et montaison. Nous avons estimé les besoins en azote selon la méthode du bilan prévisionnel (Sadras, 2002). En effet nous avons calculé les besoins d'un rendement objectif puis nous avons soustrait 30% de ces besoins de l'apport effectif. Les doses des engrais utilisées dans les quatre régions sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2: Doses des engrais appliqués en fertilisation à l'engrais ternaire enrobé associé à l'engrais ternaire foliaire.

Région	Rendements Potentiels (Qx/ha)	Besoin en UN	Apport (besoin -30%)*	Quantités d'engrais enrobé (kg/ha) (25%N)	Quantité d'engrais foliaire (kg/ha)
Ksar Mezwar	60	210 (60x3,5)	147 (210x0,70)	588 (147/0,25)	6
Fernana	45	157,5 (45x3,5)	110,25	441	6

Zaarour	45	157,5 (45x3,5)	110,25	441	6
Chbika	65	227,5 (65x3,5)	159,25	637	6

L'épandage des engrais enrobés a été effectué au semis à l'aide d'un semoir combiné. L'engrais foliaire a été appliqué en deux reprises la première au stade 3 feuilles et la seconde au stade montaison à raison de 3kg/ha pour chaque application.

CONCLUSION

Les engrais enrobés associés aux engrais foliaires constituent une alternative non seulement pour comprimer les coûts de production mais aussi pour limiter la pollution du sol et de la nappe. Vu la rémanence de l'engrais enrobé qui est de 50% au terme du cycle de production du blé cet essai doit être poursuivi pour imputer les charges du fertilisant sur une rotation triennale ou quadriennale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aissa, A.D et Mhiri A., 2002.** - Fertilisation phosphopotassique du blé en culture intensive en Tunisie. Cahier d'agriculture.
- El Alaoui A.C., 2007.** Fertilisation minérale des cultures : les éléments minéraux secondaires et oligo-éléments. Transfert de Technologie en Agriculture, N° 155, p4.
- Gharbi M S, Berraies S, Ammar K, Hajlaoui M R, Hajlaoui A, Trifi M 2008.** - Breeding durum wheat with resistance to septorial leaf blotch for sustainable production under Mediterranean conditions. International Durum wheat symposium Bologna, Italy june 30-july 3, 2008.
- Sadras V 2002.** - Interaction between rainfall and nitrogen fertilisation of wheat in environments prone to terminal drought: economic and environmental risk analysis. Field crops research Volume 77, Issues 2–3, September 2002, Pages 201–215
- Wang S, Alva1A K, Li Y and Zhang M 2011.** - A Rapid Technique for Prediction of Nutrient Release from Polymer Coated Controlled Release Fertilizers Open Journal of Soil Science, 2011, 1, 40-44 doi:10.4236/ojss.2011.12005

Intérêt d'un fertilisant mycorhizien local dans la croissance des plantes en grandes cultures

**Labidi S.1, Lounès-Hadj Sahraoui A.⁽²⁾, Tisserant B.⁽²⁾, Laruelle F.⁽²⁾, Rjaibia W.1, Hamdi K.1
& Ben Jeddi F.⁽¹⁾**

1 Laboratoire des Sciences Horticoles. Institut National Agronomique de Tunisie. Université de Carthage.

2 Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant. Université Lille Nord de France. Université du Littoral Côte d'Opale.

RESUME

Les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) jouent un rôle essentiel dans la nutrition minérale des plantes et leur tolérance aux stress abiotiques. Trois espèces sulla (*Sulla coronarium* L.), orge (*Hordeum vulgare* L.), et blé dur (*Triticum durum* Desf.) ont été inoculées avec différents fertilisants biologiques à base de CMA. Les résultats ont montré une meilleure croissance et rendement en grains pour les plantes inoculées par rapport aux non inoculées. L'utilisation d'un fertilisant local à base de souches mycorhiziennes autochtones a engendré les meilleures améliorations.

ملخص:

يمثل استعمال فطريات الميكوريزا التكافلية كسماد بيولوجي واحدا من أهم أسس التغذية المعدنية للنبات. في هذه الدراسة تم تسميد ثلاثة أنواع من النباتات: السلة والشعير والقمح بأنواع مختلفة من السماد الميكوريزي. أظهرت نتائج البحث أن أفضل نمو ومحصول للحبوب لوحظ عند النباتات المسمدة مقابل عدم المسمدة. إن استخدام الأسمدة القائمة على اصناف الميكوريزا المحلية أنتجت أفضل التحسينات.

INTRODUCTION

La durabilité des systèmes agricoles doit impliquer une diminution des intrants chimiques, un recyclage efficient des nutriments, une amélioration des activités microbiennes du sol, la décomposition de la matière organique brute, et la protection contre les pathogènes (Deirdre et al., 2009). L'une des alternatives proposée pour améliorer la durabilité des systèmes agricoles est l'utilisation des fertilisants biologiques à base de champignons mycorhiziens arbusculaires. En effet, les champignons mycorhiziens à arbuscules présentent l'un des groupes clé pour assurer la durabilité de la productivité (Deirdre et al., 2009).

Ces derniers sont connus pour leur participation à l'amélioration de l'absorption d'éléments minéraux en particulier le phosphore (Gaur et Adholeya, 2004; Bush, 2008). De plus, il est conseillé d'utiliser des inocula composés de souches mycorhiziennes autochtones vu leur meilleure adaptation aux conditions édaphiques locales. L'objectif du présent travail est d'étudier l'effet de l'inoculation par un inoculum mycorhizien local sur la croissance de quelques espèces prioritaires en grandes cultures.

MATERIEL ET METHODES

Les espèces étudiées sont i) sulla du nord (*Sulla coronarium* L.) variété Bikra 21 ii) orge (*Hordeum vulgare* L.) variété Kerkena et iii) blé dur (*Triticum durum* Desf.) variété Soberano. Pour la culture de sulla, deux essais expérimentaux ont été installés i) un essai à la station expérimentale de l'Institut

National Agronomique de Tunisie (INAT) et ii) un deuxième à Goubellat. Les deux essais ont consisté à appliquer trois types d'inoculation mycorhizienne i) une parcelle témoin non-inoculée (M0) ii) une parcelle inoculée avec un inoculum à base de souches mycorhiziennes autochtones (M1) et iii) une parcelle inoculée avec une seule souche commerciale (*Rhizophagus irregularis*). Les souches mycorhiziennes autochtones ont été piégées aux alentours de populations sauvages de *sulla* sur des sols très riches en calcaire actif (25%). Cinq souches ont été identifiées (*Septoglomus constrictum*, *Funneliformis geosporum*, *Glomus fuegianum*, *Rhizophagus irregularis* et *Glomus* sp.). Cet inoculum a fait l'objet d'un brevet national (TN 2011/0074). Pour l'orge, la culture a été installée à la station expérimentale de l'INAT sur un couvert végétal *sulla*. Pour la culture de blé dur sur couvert luzerne, l'essai expérimental a été installé à l'INAT et il a comporté quatre traitements i) non inoculé (BD/L-NM) ii) inoculé avec *Glomus intraradices* (BD/L-M) iii) blé dur non inoculé (BD-NM) et iv) blé dur inoculé (BD-M). Les paramètres mesurés sont la biomasse aérienne sèche et quantité totale en acides gras pour le *sulla*, matière sèche et rendement (grains et paille) pour l'orge. Pour le blé, le rendement en grains et le taux de mitadinage ont été déterminés.

RESULTATS ET DISCUSSION

Une meilleure croissance des plantes de *sulla* inoculé par les inocula mycorhiziens M1 et M2 a été observée par rapport aux plantes non inoculées et ce pour les deux sites expérimentaux INAT et Goubellat (Figure 1).

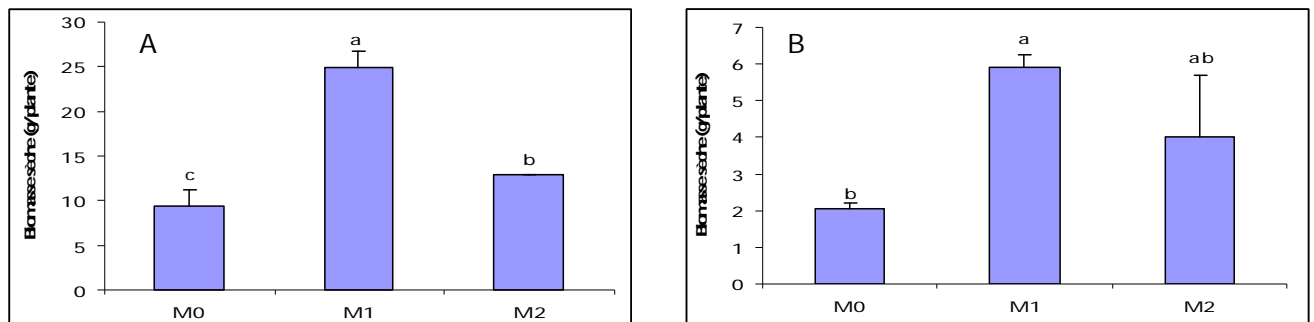


Figure 1. Biomasses aériennes sèches des plantes de *sulla* du nord non inoculées (M0) et inoculées avec l'inoculum mycorhizien autochtone (M1) et un inoculum commercial (M2). A : site INAT; B : site Goubellat.

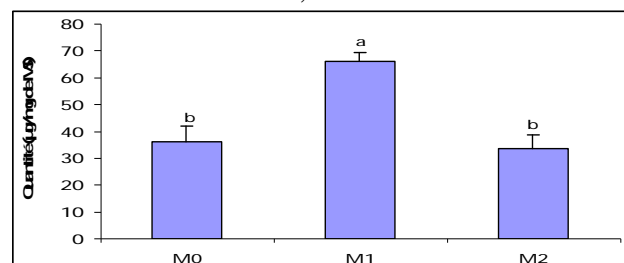


Figure 2. Quantité totale en acides gras totaux dans la partie aérienne des plantes de *sulla* du nord non inoculées (M0) et inoculées avec l'inoculum mycorhizien autochtone (M1) et un inoculum commercial (M2).

En effet, La biomasse aérienne sèche a été 2,5 et 3 fois plus importante, respectivement à l'INAT et Goubbelat, pour les plantes inoculées avec l'inoculum autochtone (M1) en comparaison avec les plantes non inoculées (M0). A Goubbelat, la quantité totale en acides gras totaux a doublé chez les plantes inoculées avec M1 (Figure 2).

De même que le sulla du nord, une meilleure croissance des plantes d'orge a été remarquée sur les parcelles inoculées par les deux types de fertilisant biologique mycorhizien par rapport aux parcelles non inoculées. Ceci peut être expliqué par une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau par les plantes mycorhizées (Figure 3).

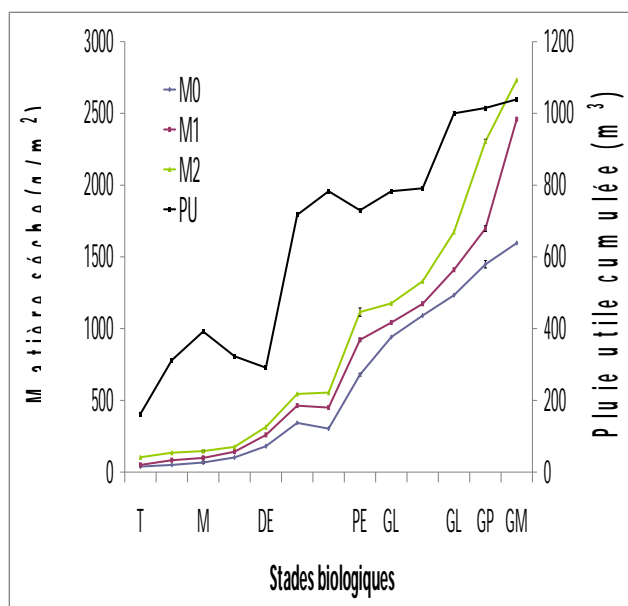


Figure 3. Variation de l'élaboration de la matière sèche de l'orge selon la pluie utile cumulée. M0 : non inoculé ; M1 : inoculation avec l'inoculum mycorhizien autochtone et M2 : inoculation avec un inoculum commercial.

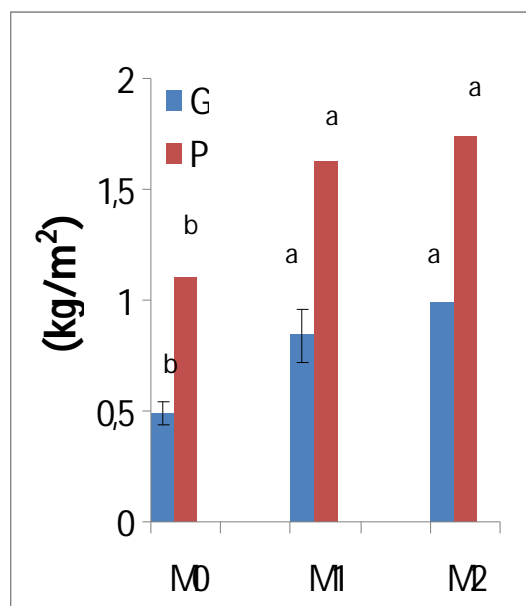


Figure 4. Rendement en grains (G) et en paille (P) chez les plantes d'orge non inoculées (M0) en comparaison avec celles inoculées avec l'inoculum mycorhizien autochtone (M1) et inoculées avec un inoculum commercial (M2).

Les meilleurs rendements en grains ont été de 1,7 et 1,6 Kg/m², respectivement chez les plantes inoculées avec M2 et M1. La même amélioration a été observée pour le rendement en paille qui a été de l'ordre de 0,9 Kg/m² chez les inoculées et de 0,5 Kg/m² chez les témoins.

L'inoculation des parcelles de blé dur avec l'inoculum mycorhizien commercial à base de *Glomus intraradices* a engendré le meilleur rendement en grains, en absence du couvert luzerne (Figure 5). Par contre, le taux de mitadinage le moins élevé a été observé chez le blé inoculé mais sous couvert luzerne (Figure 6).

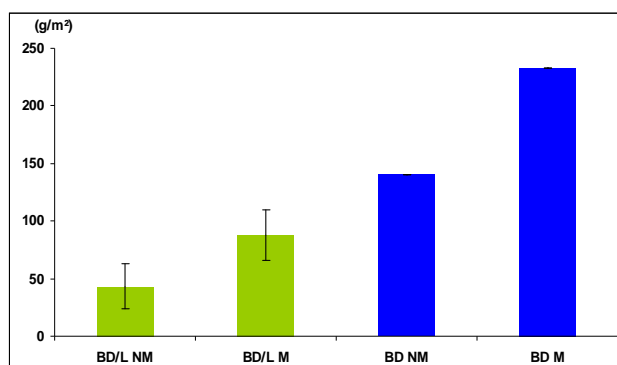


Figure 5. Rendement en grains chez le blé dur non inoculé (BD NM) et inoculé (BD M) sous couvert luzerne (BD/L) ou non (BD).

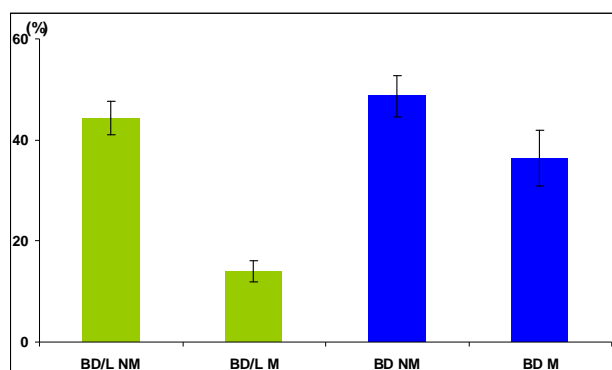


Figure 6. Taux de mitadinage des grains de blé dur non inoculé (BD NM) et inoculé (BD M) sous couvert luzerne (BD/L) ou non (BD).

L'amélioration de la croissance et de certains paramètres de la qualité de la production (quantité d'acides gras totaux et taux de mitadinage) observée chez les espèces étudiées: sulla, orge et blé dur suite à l'inoculation par les inocula mycorhiziens, notamment l'inoculum à base de souches autochtones peut être expliquée par une meilleure nutrition hydrique et minérale des plantes mycorhizées (Gaur et Adholeya, 2004; Labidi et al. 2011).

CONCLUSION

Les résultats de la présente étude ont montré le rôle bénéfique de l'inoculation mycorhizienne sur la croissance et les rendements d'une fabacée fourragère et de deux poacées céréalières en Tunisie. Cette technique peut être préconisée dans le futur, pour améliorer la productivité et la durabilité des systèmes agricoles particulièrement dans les régions à contraintes édapho-climatiques importantes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bush, J.K. 2008.** The potential role of mycorrhizae in the growth and establishment of Juniperus seedlings. In: Van Auken, O.W. (Ed.), Western American Juniperus Communities. Springer, New York, 111-130 pp.
- Deirdre, C.R., Killham K., Bending G.D., Baggs E., Weih M. and Hodge A. 2009.** Mycorrhizas and biomass crops: opportunities for future sustainable development. Trends in Plant Science. 14: 542-549.
- Gaur, A., Adholeya, A., 2004.** Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. Current Science 86, 528-534.
- Labidi, S., Ben Jeddi, F., Tisserant, B., Debiene, D., Rezgui, S., Grandmougin-Ferjani, A., Lounès-Hadj Sahraoui, A., 2011.** Role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in root mineral uptake under CaCO₃ stress. Mycorrhiza DOI 10.1007/s00572-011-0405-z.

Développement des calendriers d'irrigation pour la conduite du blé dur dans les conditions semi-aride et aride de la Tunisie

Ben Nouna Béchir⁽¹⁾ et Bachtobji Marwen⁽²⁾

⁽¹⁾ Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts (INGREF)

Mail : b_bechir1106@yahoo.com

⁽²⁾ Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural de Medjez El Bab

RESUME

En Tunisie, le domaine des céréales occupe une place importante dans le secteur irrigué avec une part de 25 % de la superficie totale irriguée. Citons que ce domaine est exposé à beaucoup de défis, parmi lesquels la mauvaise gestion de l'irrigation notamment en périodes clés du cycle de la culture. D'où la nécessité de proposer des solutions pratiques pour faire face à ce défi. Parmi ces solutions, la gestion de l'irrigation via l'utilisation de calendriers simples. Il s'agit d'une gestion pratique de l'irrigation permettant d'assurer une économie d'eau sans baisse de rendement. Le protocole du développement de calendriers d'irrigation adopté dans le cadre de cette étude prend compte du taux de remplissage initial de la réserve utile du sol, la date de semis, la demande climatique et système d'irrigation. La validation de ces calendriers d'irrigation aux près des parcelles d'agriculteurs a montré une économie d'eau intéressante et une amélioration de sa productivité.

Mots clés : Calendrier d'irrigation, Taux de remplissage de la réserve utile, demande climatique, Blé dur, productivité de l'eau.

ملخص

في تونس، يحتل مجال الحبوب المروية مكانة هامة في قطاع الري وذلك بنسبة 25 في المائة من مجموع المساحات المروية ويتعرض هذا المجال إلى العديد من التحديات، بما فيها سوء إدارة الري ولا سيما في الفترات الرئيسية لنمو النبات. ومن هنا تتبع الحاجة إلى اقتراح حلول عملية للتصدي لهذه التحديات. ومن بين هذه الحلول، إدارة الري عن طريق استخدام الجداول الزمنية البسيطة. وممارسة هذه الطريقة تؤدي إلى تحقيق الاقتصاد في مياه الري دون انخفاض في الإنتاج. إن بروتوكول الجداول الزمنية لتسيير الري المعتمد في إطار هذه الدراسة يأخذ بعين الاعتبار المخزون المائي في التربة عند البذر، تاريخ البذر، المناخ، وتقنية الري. إن التصديق على هذه الجداول الزمنية لتسيير الري على مستوى حقول المزارعين أظهر اقتصادا هاما في مياه الري، وتحسن في كفاءة استخدامها.

INTRODUCTION

La Tunisie manque de ressource en eau; sa disponibilité est devenue critique. La quantité d'eau par habitant et par an passera de 450m³ en 2002 à 315m³ en 2030. Etant donné que la majorité de la demande en eau est agricole (plus de 80%), il est nécessaire de mettre en place une stratégie afin de pousser l'économie notamment dans ce domaine. Les céréales irriguées occupent une place importante dans le secteur irrigué du pays. Les superficies emblavées des céréales ont évolué de 31 500 ha en 1988 à environ 78 000 ha en 2006 (DGPA, 2006) avec un rendement moyen de 33 qx/ha ce qui représente 12 % de la production nationale totale. Ces superficies et rendements moyens sont encore loin des objectifs avancés par le programme national d'irrigation de complément des céréales (soit 100 000 ha) et 50 qx/ha). Dans une conjoncture de raréfaction des ressources en eau, les objectifs futurs seront impérativement basés sur une augmentation de l'offre ou

une réduction de la demande. En ce qui concerne l'offre, le pays est arrivé à la limite de mobilisation de ses ressources hydriques. Réduire la demande en eau, sans impact sur les rendements, fait appel à la notion de sa valorisation dans le sens où on cherche la maximisation de l'efficacité de consommation en eau. La présente étude est réalisée dans le but de développer des calendriers d'irrigation simples et pratiques permettant d'appuyer de manière efficace les producteurs dans la gestion de l'irrigation du blé dur en conditions semi-aride et aride de la Tunisie. Ces conditions climatiques concernent les régions de Jendouba et Kairouan qui englobent environ 40% des superficies des céréales irriguées (DGEDA, 2012). Les calendriers d'irrigation établis, ont été distribués auprès des agriculteurs pour les valider et mesurer leurs impacts sur le rendement et l'efficacité d'utilisation de l'eau.

MATERIEL ET METHODES

Le protocole du développement des calendriers d'irrigation consiste à une approche globale qui intègre des données expérimentales, édaphiques, culturales, et relatives à la performance de l'irrigation obtenue dans les stations de recherche de l'INRGREF (Cherfech et Hendi Zitoun). Un modèle de programmation de l'irrigation CROPWAT V.8 et deux plates formes de base de données climatique (CLIMWAT V.2) et sol (HWSD V.1.21, Harmonized World Soil Database) ont été utilisés. En effet, ces calendriers d'irrigation seront dotés de plusieurs niveaux de flexibilité à savoir i) une flexibilité culturale qui rend compte de différentes dates de semis ii) une flexibilité édaphique qui rend compte des textures des sols dominants de la région étudiée et de leurs taux du remplissage de la réserve utile à la date de semis et iii) une flexibilité climatique qui rend compte de la demande climatique (moyenne et forte). Les calendriers d'irrigation sont développés sous forme de graphiques à lecture commode et facile. Une fois qu'ils sont achevés, ils sont distribués à des producteurs, afin de leur fournir un jeu d'informations simples et pratiques pour une programmation efficace de l'irrigation du blé dur sans perte de rendement et ce dans un contexte pédoclimatique semi-aride et aride de la Tunisie. Les scénarios du développement des calendriers d'irrigation du blé dur, pour les régions de Jendouba et Kairouan, sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau1 : Scénarios de simulation des calendriers d'irrigation du blé dur

Régions	Dates de semis	Demande climatique	Taux de remplissage de la réserve utile (%)
Jendouba	15 novembre	Moyenne	50
		Moyenne	50
	15 décembre	Forte	20
		Forte	20
Kairouan	30 octobre	Moyenne	50
		Moyenne	50
	15 novembre	Forte	20
		Forte	20

Dans cette étude, l'analyse statistique relative à la comparaison des moyennes a été réalisée moyennant le test de Duncan à rang multiple au seuil de 5 % ($P \leq 0.05$).

RESULTATS ET DISCUSSION

Calendriers d'irrigation

Les résultats des calendriers d'irrigation établis pour les régions de Jendouba et Kairouan, sont présentés dans les figures (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), et (8). Globalement, l'apport total d'eau d'irrigation prévu par les calendriers dans le cas du blé dur, ont évolué entre 100 mm (cas de Jendouba et demande climatique moyenne) et 450mm (cas de Kairouan et demande climatique forte). Ces résultats confirment ceux obtenus par d'autres auteurs (Rezgui et al, 2005). De même, on a noté, que la date de semis précoce favorise la meilleure valorisation de l'eau de pluie ce qui a réduit les apports d'eau d'irrigation. Ces calendriers ont prévue pour les deux régions étudiées, un arrêt d'irrigation au mois d'avril pour une demande climatique moyenne, et un arrêt d'irrigation au mois de mai pour une demande climatique forte.

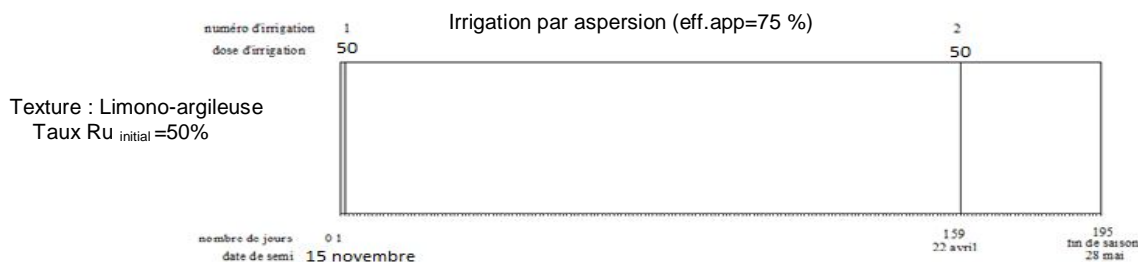


Figure 1 : calendrier d'irrigation du blé dur (Jendouba, Semis : 15 Novembre, Demande moyenne)

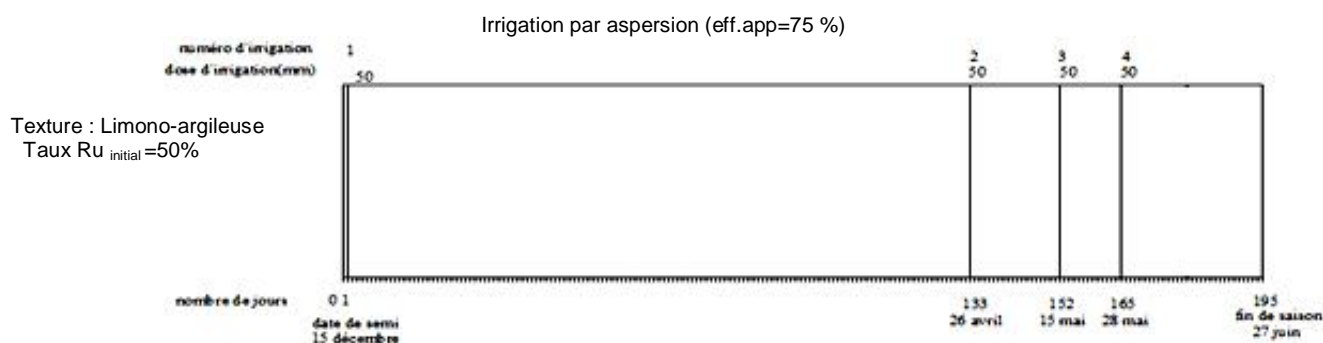


Figure2 : calendrier d'irrigation du blé dur (Jendouba, Semis : 15 Décembre, Demande moyenne)

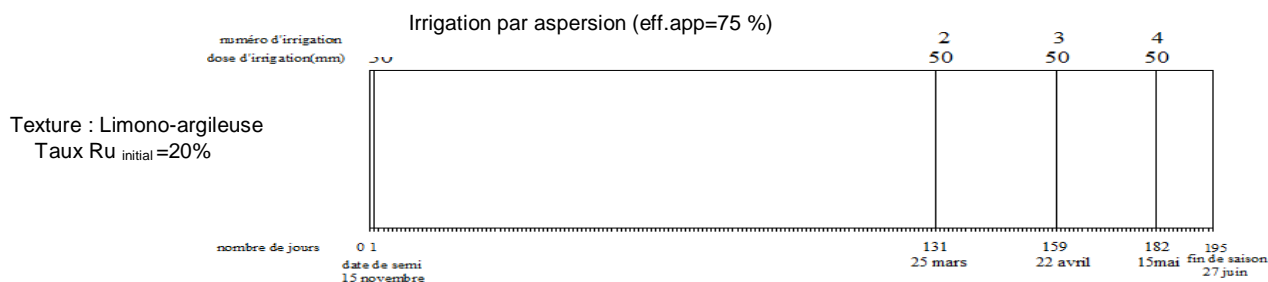


Figure3 : calendrier d'irrigation du blé dur (Jendouba, Semis : 15 Novembre, Demande forte)

Irrigation par aspersion

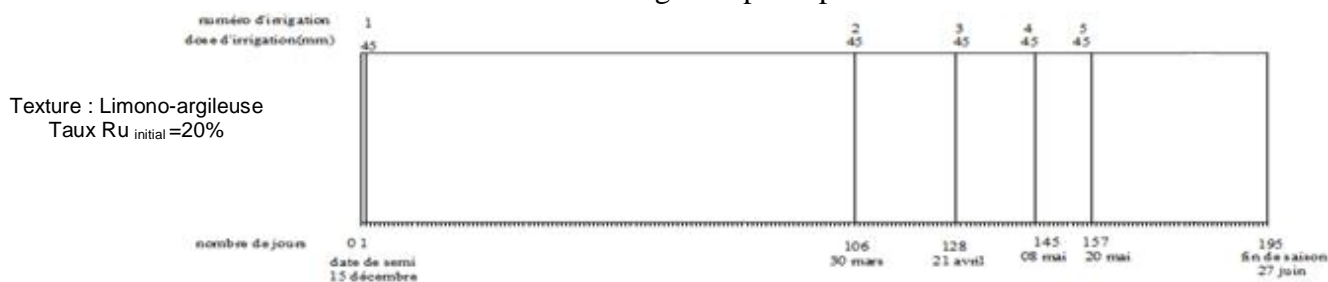


Figure 4 : calendrier d'irrigation du blé dur (Jendouba, Semis : 15 Décembre, Demande forte)

Irrigation par aspersion (eff.app=75 %)

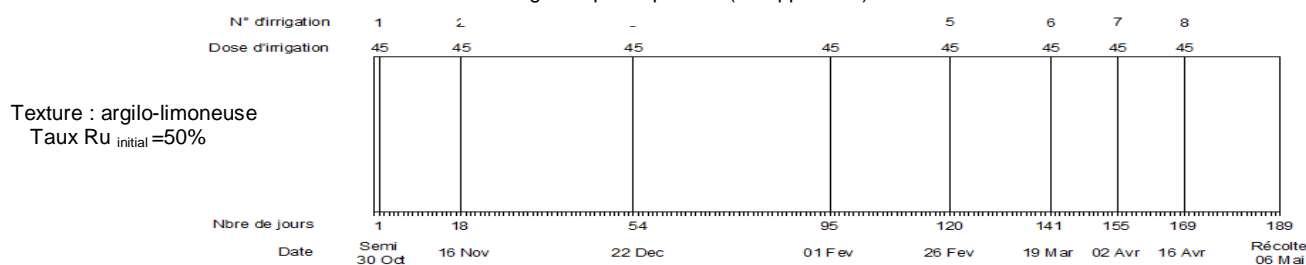


Figure 5 : calendrier d'irrigation du blé dur (Kairouan, Semis : 30 Octobre, Demande moyenne)

Irrigation par aspersion (eff.app=75 %)

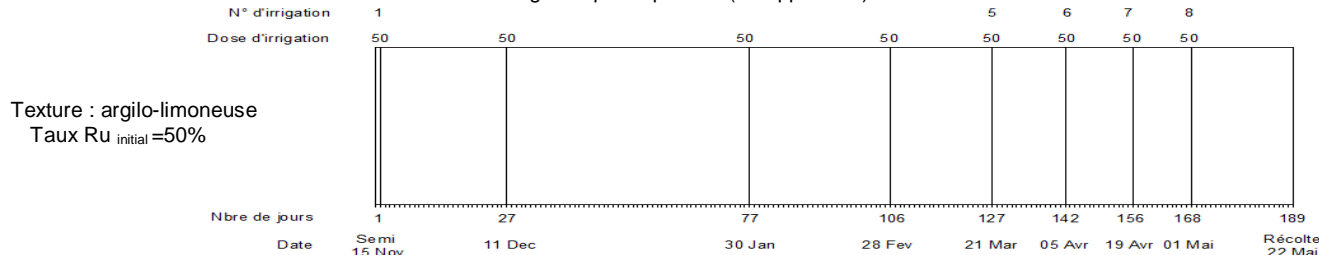


Figure 6 : calendrier d'irrigation du blé dur (Kairouan, Semis : 15 Novembre, Demande moyenne)

Irrigation par aspersion (eff.app=75 %)

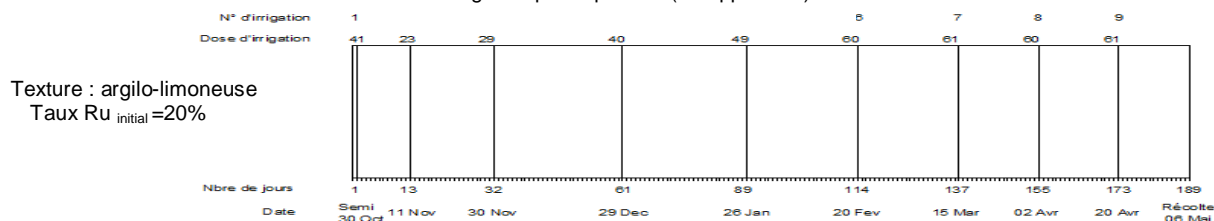


Figure 7 : calendrier d'irrigation du blé dur (Kairouan, Semis : 30 Octobre, Demande forte)

Irrigation par aspersion (eff.app=75 %)

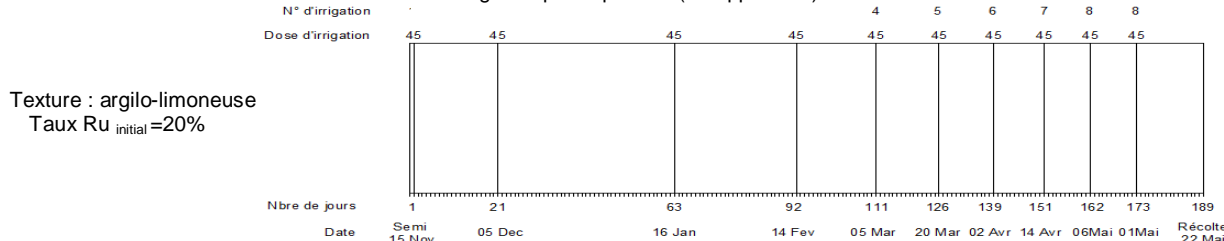


Figure 8 : calendrier d'irrigation du blé dur (Kairouan, Semis : 15 Novembre, Demande forte)

Validation des calendriers d'irrigation

Les calendriers d'irrigation sont testés par trois agriculteurs de chaque région (Cherfech et Hendi Zitoun). Les parcelles d'agriculteurs ont été équipées par des compteurs d'eau pour quantifier les apports d'eau d'irrigation. Le système d'irrigation adopté par les agriculteurs est la technique d'aspersion. Au niveau de chaque agriculteur, une partie de la parcelle des céréales a été concernée par l'utilisation des calendriers d'irrigation alors que le reste de la parcelle a été conduite par la pratique habituelle de l'agriculteur. La validation des calendriers d'irrigation a été basée sur la comparaison des rendements et des efficacités d'utilisation de l'eau d'irrigation issus des deux modes de conduite (figure9 et 10). L'analyse des résultats consignés sur la figure 9 a montré un impact positif de l'utilisation des calendriers sur le rendement du blé dur. En effet le rendement du blé dur a été amélioré de 12 à 34 % au niveau des parcelles à Cherfech et de 17 à 36% pour les parcelles à Hendi Zitoun. L'analyse statistique des moyennes de rendement du blé dur a révélé un effet significatif des calendriers d'irrigation au seuil de 5% ($P \leq 0.05$).

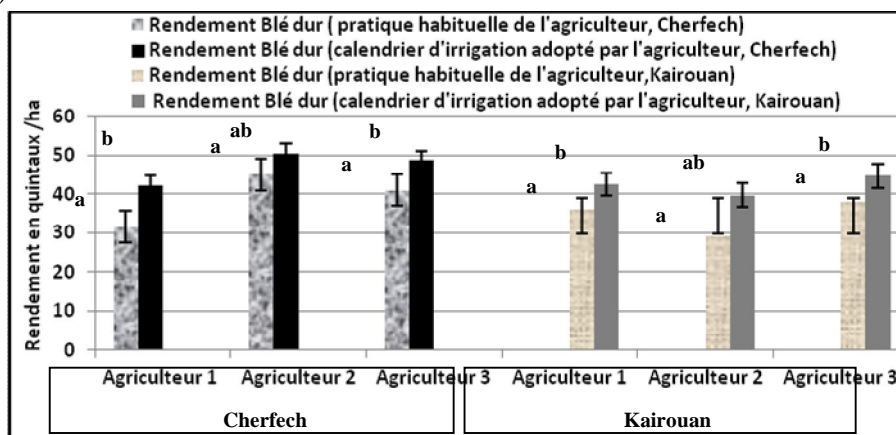


Figure 9. Validation des calendriers d'irrigation au niveau du rendement du blé dur

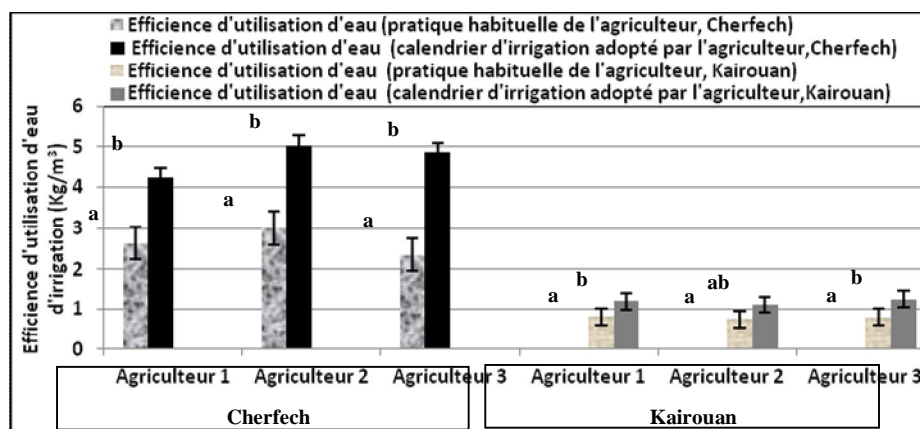


Figure 10. Validation des calendriers d'irrigation au niveau de l'efficacité d'utilisation d'eau d'irrigation

L'analyse statistique des moyennes de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (figure 10), a montré un effet significatif des calendriers d'irrigation au seuil de 5% ($P \leq 0.05$). Ces résultats sont en accord avec ceux de (Jabloun et al, 2007). Concernant l'approvisionnement en eau d'irrigation, les calendriers testés, ont permis une économie de l'eau d'irrigation entre 50 et 120 mm. Ces résultats corroborent avec ceux de (Nagaz et al, 2007).

CONCLUSION

La gestion de l'eau à l'échelle de la parcelle est une composante pertinente et essentielle jouant un rôle important dans la valorisation de l'eau d'irrigation. Face à la situation actuelle des ressources en eau, la Tunisie qui est arrivée au bout de ses limites de mobilisation, les priorités d'action, exprime un besoin vers une gestion très avancée de la demande en eau et une préservation de l'offre. La présente étude émanée suite à ce besoin a pour objectif, la conception d'un outil simple, efficace, et flexible d'aide à la gestion de l'irrigation du blé dur dans les conditions semi-arides et arides de la Tunisie. Les calendriers d'irrigation développés dans ce cadre d'étude, ont été présentés sous forme de graphiques à lecture commode et facile, et ont été distribués à des producteurs pour leur adoption, qui conduit à une programmation efficace de l'irrigation du blé dur sans perte de rendement. Ces calendriers d'irrigation ont fait l'objet d'une validation au niveau des parcelles d'agriculteurs et ce à travers les mesures relatives au rendement du blé dur et à l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation. Cette validation a montré un impact significatif des calendriers d'irrigation, avec une augmentation entre 17 et 34 % du rendement, une réduction entre 8 et 43 % des apports d'eau d'irrigation et une amélioration consistante de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation. Cependant, le transfert adéquat de ces calendriers devra être appuyé par les services de vulgarisation locale (C.T.V : Cellule Territoriale de vulgarisation), les écoles de champs (parcelles pilotes) et les masses médias (Radio, et Télévision).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Direction Générale des Etudes et du Développement Agricole " Recensement sur les superficies irriguées en intensif "Rapport technique, 2012.

Jabloun M., Sahli A "Chart for monitoring wheat irrigation in real time" in Option Mediterranean's, 2007, n° 56 p 191-199.

Mohsen Rezgui, Abdelaziz Zairi, Essia Bizid, Netij Ben Mechlia " Consommation et efficacité d'utilisation de l'eau chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivé en conditions pluviales et irriguées en Tunisie" in Cahiers Agricultures, 2005, n°14, p391-397.

Nagaz K., Masmoudi M.M., Ben Mechlia " Irrigation scheduling calendars development and validation under actual farmers conditions in arid regions of Tunisia" in Option Méditerranéennes, 2007, n° 56 p 249-259

Rinaldi M. "Water availability at sowing and nitrogen management of durum wheat: a seasonal analysis with the CERES-Wheat model" in Field Crops Research, 2004, n° 89 p 27-37.

L'effet de l'adoption de l'agriculture de conservation sur le bilan organique du sol dans les régions céréalières du Nord (Cas de d'Oum Hani et de Tinja)

Marouani E., Ben Aissa N.

Institut National Agronomique de Tunisie

RESUME

La richesse des sols en matières organiques est l'un des principaux indicateurs de leur fertilité. Dans un contexte global de changement climatique, le stockage du carbone organique est considéré comme une alternative afin de diminuer les émissions de CO₂ dans l'atmosphère. L'effet du semis direct (SD) sur le bilan organique du sol dans la région du subhumide a été étudié chez deux agriculteurs d'Oum Hani (OH) et de Tinja (Tin) ayant des itinéraires techniques différents (date de conversion en non labour, rotation, programme de fertilisation site en conditions contrôlées ; résidus de culture...). Pour les deux sites, le carbone organique total (COT) se concentre essentiellement dans les dix premiers centimètres, une amélioration du stock organique a été observée pour les sites expérimentaux de Tinja (présence de résidus de culture) mais pour les sites sans résidus de récolte (OH) l'augmentation du COT reste non significative. En absence d'équivalent en semis conventionnel pour toutes les parcelles, une comparaison diachronique n'a pas été possible pour tous les sols. Leur pouvoir stockant a été évalué d'après le ratio établi par Franzluebbers (2001). Ce ratio a mis en évidence que malgré l'absence de résidus, la majorité des sols conduits en semis direct, ont tendance à stocker le COT dans le niveau 0-5 cm.

Afin d'évaluer l'activité biologique, on a mesuré la respiration microbienne durant 34 jours d'incubation à 28°C et 2/3 de la capacité au champ dans les niveaux 0-5 cm, 5-10 cm. Le suivi de l'activité biologique dans des conditions optimales a révélé des comportements différents des sols avec une minéralisation plus intense en semis conventionnel qu'en semis direct ce qui laisse supposer que la matière organique stockée se trouve à un état plus stable en semis direct. Ceci pourrait dénoter d'un pouvoir séquestrant des sols étudiés malgré les conditions bioclimatiques favorables à une forte activité biologique. L'application du concept de l'agriculture de conservation n'est pas aussi simple, il faut tenir compte de tous ses principes : Le non labour, les rotations des cultures, d'ailleurs, on remarqué que la vitesse de minéralisation de la matière organique d'un sol en rotation céréales/céréales est plus lente qu'en céréales/légumineuse) et l'importance des restitutions des résidus au sol (d'après les enquêtes effectuées, la majorité des agriculteurs ne laissent pas les résidus par peur du pâturage sauvage).

Mots clés : Agriculture de conservation, minéralisation, stockage du carbone.

INTRODUCTION

Face à l'intensification des systèmes agricoles et des conséquences générées, directes ou indirectes, sur l'environnement, plusieurs concepts de pratiques plus ou moins agressives privilégiant le fonctionnement biologique des sols ont vu le jour. Recours et Laurent (2001), passent en revue toutes celles conseillées telles que : les rotations, le labour de conservation qui vient s'opposer au labour conventionnel, les cultures intermédiaires et l'amendement organique. Ces pratiques tendent à limiter les effets de l'intensification en renforçant le stock organique du sol.

En effet, la matière organique étant le constituant le plus vulnérable face aux pratiques culturales agressives et aux changements climatiques (Arshad et Martin, 2002 ; Shukla et al., 2006).

La matière organique présente de multiples fonctions physiques, chimiques, biologiques en plus de son effet sur le métabolisme des micro-organismes et leur protection des effets toxiques des polluants métalliques et organiques (Schnitzer, 1991). Une augmentation en carbone organique au niveau d'un sol dégradé améliore la perméabilité et la structure, influence l'emménagement de l'eau par le sol (Jémai et al., 2013) et augmente la résistance aux agents érosifs et par conséquent affecte la croissance et le développement des cultures (Mrabet, 2001, Jémai et al., 2012). Afin de restaurer le stock organique des sols et par la même ses propriétés l'agriculture de conservation constitue une alternative à l'agriculture conventionnelle (El Ghrras et al. 2007).

L'objectif de ce travail, est d'essayer de répondre à une question que se posent les agriculteurs tunisiens ayant adopté « l'agriculture de conservation » : Est-ce que ce mode de gestion permet d'améliorer les teneurs en matière organique des sols de culture avec ce qui en découle comme conséquences? L'étude a été menée dans deux sites, Tinja où les sols proviennent à la fois du site scientifique installé dans le cadre du projet PADAC depuis 2008 avec un couple de parcelles, conduites en féverole/blé dur, en semis directe (T3) et une en semis conventionnel (T4). Et d'une parcelle mise en semis direct par l'agriculteur depuis 2003 avec une rotation biennale blé dur/féverole avec T1 en semis direct et T2 en semis conventionnel.

A Oum Hani, tous les sols proviennent de parcelles conduites en semis direct depuis 2005 avec une rotation triennale : blé dur/céréale secondaire/légumineuse.

Il faut noter que les deux agriculteurs récoltent les chaumes sans laisser de résidus, le peu qui reste est pâturé.

RESULTATS

Etant donné que l'analyse diachronique des teneurs en carbone organique (COT) n'a pas été possible pour tous les étudiés nous avons adopté le ratio de la stratification de la matière organique proposé par Franzluebbers (2001) qui permet la comparaison de sols avec leur grandes diversités par rapport à une même échelle. Ce ratio est le rapport entre le COT à la surface et à la profondeur où le COT s'annule. Pour un ratio compris entre 1,1 et 1,9 le sol est considéré en mode conventionnel et ne stocke pas du COT, même s'il est en semis direct. A partir de 2 le sol stocke le COT. L'application de ce ratio aux sols étudiés (figure1) révèle que : Le ratio de (T2) est 2,48 alors que (CONV) est de 1,28 ce qui montre que le pouvoir de stockage de T2 (semis direct) est important par rapport au conventionnel. Et le ratio de (T3) semis direct, est 3,25 alors que (T4), semis conventionnel, est de 2,77. Csd stocke plus que Csc. Quant aux profils A et P, en ayant un ratio de 2,32 le profil P séquestre plus que A, avec 1,88 le profil A est considéré comme un sol en mode conventionnel.

Le suivi de l'activité biologique dans des conditions optimales a révélé des comportements différents des sols avec une minéralisation plus intense en semis conventionnel qu'en semis direct ce qui laisse supposé que la matière organique stockée se trouve à un état plus stable en semis direct. Ceci pourrait dénoter d'un pouvoir séquestrant des sols étudiés malgré les conditions bioclimatiques favorables à une forte activité biologique (Tableau1).

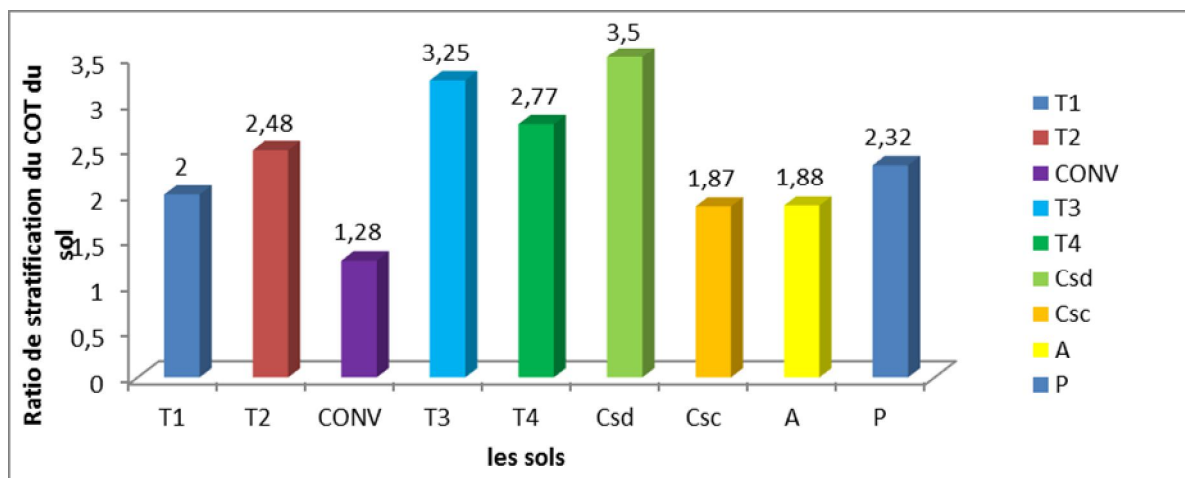


Figure 1 : Le ratio de stratification du COT

Tableau 1: Evaluation du rapport carbone minéral et carbone organique total en fonction des profondeurs et du mode d'usage des terres.

Niveau (cm)	Cmin %	COT%	Cmin/COT %
Csd (0-5)	0.018	1.40	1.253
Csd (5-10)	0.011	1.24	0.904
Csc (0-5)	0.021	1.50	1.420
Csc (5-10)	0.016	1.20	1.343
T2 (0-5)	0.019	1.24	1.523
T2 (5-10)	0.010	0.76	1.375
Conv (0-5)	0.015	0.90	1.681
Conv (5-10)	0.013	0.90	1.419
T3 (0-5)	0.016	1.30	1.225
T3 (5-10)	0.011	1.10	0.966
T4 (0-5)	0.021	1.00	2.104
T4 (5-10)	0.012		1.068

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que malgré l'absence des restitutions des résidus de cultures, les sols en semis direct stocke le COT. Ce COT résiste plus à la minéralisation et de ce fait contribue à l'amélioration des propriétés bio-physico-chimiques des sols.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arshad, M.A., Martin, S., (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. Agric. Ecosyst. Environ. 88, 153–160.

Franzluebbers A.J., 2001. Soil organic stratification ratio as an indicator of soil quality, Soil and Tillage Research 66-95-106.

Shukla, M.K., Lal, R., Ebinger, M., 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. Soil Tillage Research 87, 194–204.

Jemai I, Ben Aissa N; Ben Guirat S; Ben Hammouda M; Gallali T (2012). On-farm assessment of tillage impact on the vertical distribution of soil organic carbon and structural soil properties in a semiarid region in Tunisia. Journal of environmental management vol 113 p488-494

Jemai I, Ben Aissa N; Ben Guirat S; Ben Hammouda M; Gallali T (2013). Impact of three and seven years of no-tillage on the soil water storage, in the plant root zone, under a dry subhumid Tunisian climate. Soil and tillage research Vol 126, 26- 33

Mrabet R.,(2001). Le semis direct: Potential et limites pour une agriculture durable en Afrique du Nord. Centre de développement pour l’Afrique du Nord, Maroc :29« p.».

Recours S., Laurent F. 2001. Du labour au semis direct Enjeux agronomiques. Dossier réalisé à l'occasion d'une conférence-débat organisée par l’INRA en collaboration avec l'ITCF. Salon International du Machinisme Agricole Mercredi 21 février 2001.

Schnitzer M., 1991. Soil Organic Matter –The next 75 years, Soil science. Edition Williams and wilkins, USA:151« p.».

POSTERS

**Journée Nationale sur la valorisation des résultats de la Recherche dans le domaine
des Grandes Cultures. Tunis, le 17 avril 2014**

Evaluation agronomique et pathologique de lignées de blé dur en cours de sélection

Ferjaoui Sahbi¹, Sbei Abdenour¹, Ganouni Yamonta¹ et Hamza Sonia²

(1) Centre Régional de Recherche en Grandes Cultures (CRRGC); 9000 Béja, Tunisie

(2) Laboratoire de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Institut National Agronomique de Tunisie (INAT), 43 Avenue Charles Nicolle, 1082 Tunis, Tunisie.

RESUME

La culture du blé dur constitue la première culture vivrière en Tunisie. Cependant, ce secteur présente plusieurs facteurs limitant dont le stress abiotique (stress salin, stress hydrique) et le stress biotique (les maladies). L'amélioration génétique et la recherche de nouvelles variétés à adaptation spécifique ou large à ces contraintes constituent aujourd'hui le premier déficit pour les chercheurs et les améliorateurs. Dans le cadre du projet fédérateur 'Création de nouvelles variétés de céréales et de fourrages acclimatées aux changements climatiques et résistantes aux maladies, dix-neuf lignées recombinantes issues de deux croisements entre une accession de blé dur ancienne non productive mais hautement résistante à la septoriose et deux parents Karim et Khiair à haut potentiel de production largement utilisés par les agriculteurs, mais sensibles aux maladies, ont été évaluées dans le domaine expérimental du Centre Régional de Recherche en Grandes Cultures à Béja durant la campagne 2012-2013. L'évaluation du rendement et les composantes de ces lignées en cours de sélection en présence des témoins Karim, Khiair, Nasr, Salim, Maali, et Om Rabia a permis d'identifier des lignées performantes. Quelques lignées ont présentés un rendement plus élevée que les variétés les plus couramment cultivées en Tunisie (Karim et Khiair) ainsi que celles récemment inscrites (Maali, Nasr, et Salim). Cette étude constitue une étape préliminaire quant au développement de lignées prometteuses étant donné leur supériorité en terme de résistance à la septoriose et de rendement par rapport aux variétés récemment inscrites au catalogue.

Mos clés: Blé dur, lignées recombinantes, composantes du rendement, sélection.

INTRODUCTION

En Tunisie, le blé dur représente une part importante des 1.5 millions d'hectares (soit 30% des terres labourables) cultivée en céréales (Aubry et al, 1994; Latiri, 2005). Sa culture dans les semi-arides et sub-humide reste très dépendante des conditions climatiques et est soumise souvent à des sécheresses très fréquentes ou à des pressions de maladies et notamment à la septoriose durant les années humides entraînant des pertes considérables en rendement. Dans ces zones, l'amélioration génétique reste sans doute le moyen le plus efficace pour disposer d'un matériel végétal susceptible d'assurer une production satisfaisante.

La recherche et le développement de variétés de blé stables, moins sensibles au manque d'eau et tolérantes aux maladies cryptogamiques et qui peuvent donner un rendement en grain élevé en conditions favorables, constituent l'objectif principal de toute amélioration céréalière et un défi auquel seront confrontés les chercheurs.

La recherche est continue, cependant, avec un objectif qui ne varie presque pas s'agissant encore de développement de variétés encore plus productives, mieux adaptées aux conditions climatiques dont surtout la sécheresse et plus résistantes à des maladies et notamment la septoriose . On peut dire que les dernières variétés inscrites répondent du moins en partie à ces conditions. Les variétés Nasr (inscrite en 2004), Maâli (en 2007), Salim (2009), sont toutes plus résistantes à la septoriose et à la rouille brune que les variétés précédentes dont notamment Karim (Gharbi, 2010). Cet acquis reste insuffisant devant les besoins de l'agriculteur en terme de nouvelles variétés et du pays en tant qu'amélioration de la production. Dans le présent travail, nous avons essayé d'analyser et de comparer les rendements en grain et ses composantes ainsi que la réponse à la maladie de la septoriose de dix neuf lignées recombinantes issues de deux croisements entre un parent résistant à la septoriose (Agili39) et les deux variétés améliorées les plus cultivées en Tunisie Karim et Khiair en présence de témoins connus, récemment inscrits.

MATERIEL ET METHODES

L'essai a été mené au cours de la campagne agricole 2012-2013 dans la station expérimentale du Centre Régional de Recherche en Grandes Cultures (CRRGC) à Béja. L'essai a été conduit en blocs aléatoires complets avec trois répétitions espacées de 1,5 m. Chaque génotype a été semé sur 6 lignes de 5 m de longueur espacées de 20 cm, soit une parcelle de 6 m² pour chaque lignée sur un précédent légumineuse (pois chiche). Le matériel végétal utilisé dans ce travail comprend 25 génotypes du blé dur dont 19 sont des lignées «F8» issues de deux croisements entre un parent autochtone ancien 'Agili39' résistant à la maladie de la septoriose et deux parents améliorés 'Khiair' et 'Karim', et six témoins renfermant les principales variétés cultivées par les agriculteurs (Tableau 1).

Génotype	Croisement	Génotype	Croisement
Ka30	Agili39/Karim	Kh169	Agili39/Khiair
Ka35	Agili39/Karim	K5	Agili39/Karim
Kh32	Agili39/Khiair	K6	Agili39/Karim
Kh35	Agili39/Khiair	K28	Agili39/Karim
Kh47	Agili39/Khiair	K30	Agili39/Karim
Ka70	Agili39/Karim	K41	Agili39/Karim
Kh120	Agili39/Khiair	Variétés témoins	
Ka74	Agili39/Karim	Khiair	
Kh119	Agili39/Khiair	Salim	
Ka130	Agili39/Karim	Nasr	
Kh141	Agili39/Khiair	Om rabiaa	
Ka152	Agili39/Karim	Maali	
Ka153	Agili39/Karim	Karim	

Tableau1. Croisement et nom des génotypes évalués

Afin de dégager certaines différences comportementales entre les génotypes de blé dur testés, le nombre d'épis par unité de surface a été déterminé pendant la récolte. Dix épis ont été prélevés au hasard au sein de chaque unité expérimentale en évitant d'échantillonner aux extrémités des lignes afin d'éliminer les effets de bordures. Le nombre d'épillets par épi a été compté pour indiquer le taux de fertilité de la plante, ensuite ces épis ont été égrenés séparément par un batteur d'épis, puis le nombre moyen de grains par épi a été déterminé.

À maturité, chaque parcelle a été récoltée à l'aide d'une moissonneuse-batteuse. Les grains ont été nettoyés et la quantité récoltée a été pesée et rapportée à la surface récoltée. Le poids de 1000 grains a été déterminé à partir de trois échantillons de 1000 grains. Le rendement en q/ha a été déterminé. Au cours du cycle de développement, les génotypes ont subi une évaluation visuelle vis-à-vis à la maladie de la septoriose en estimant le pourcentage du feuillage attaqué.

RESULTATS ET DISCUSSION

Rendement et ses composantes

Les rendements des génotypes évalués ont varié de 30q/ha à 50 q/ha. Le rendement le plus faible a été obtenu chez les deux lignées Kh119 et K6 alors que le plus élevé a été enregistré chez le témoin Salim. Les lignées Ka70, Ka74, Ka130, Kh169, K5 et K41 ont donné un rendement dépassant 40q/ha et supérieur à celui des tous les témoins à l'exception celui de Salim (Figure 1).

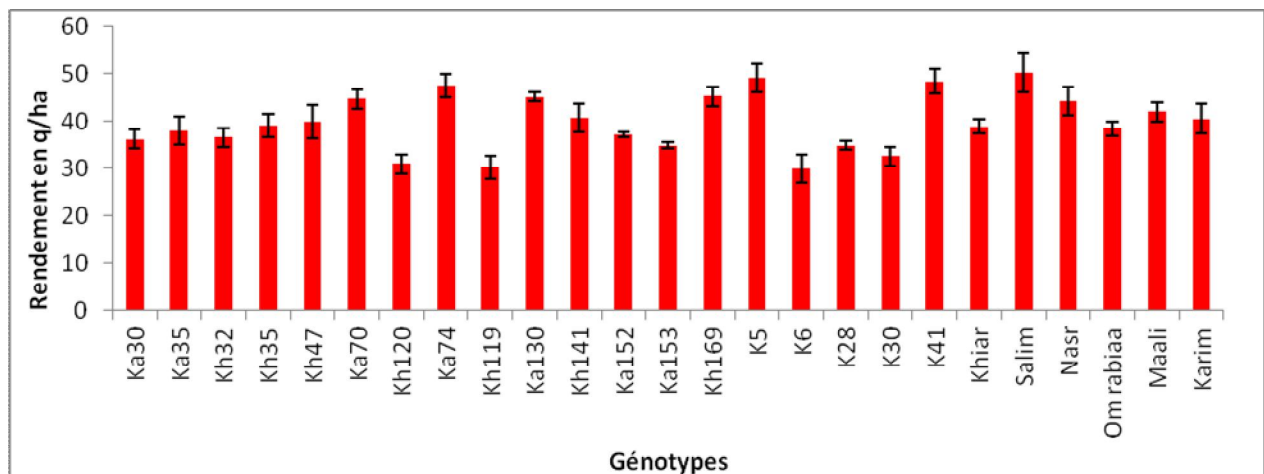


Figure 1. Variation du rendement moyen en grains (q/ha) des lignées testées de blé dur.

Les variations du rendement sont étroitement reliées à celles du nombre de grains par m² et du nombre de grains par épi. La valeur la plus élevée du nombre des grains par épi est de 52 observée chez la lignée Kh35 et la plus réduite est de 27 chez la variété Karim. Les lignées Ka70, Ka74, Ka130, Kh169, K5, K41 et Salim montrent des valeurs élevées de 42, 40, 46, 45, 46, 42 et 46 respectivement (Figure 2). Les valeurs du nombre d'épillets par épi des 25 génotypes étudiés sont proches. Elles varient de 16 à 20 dont le témoin Salim affiche 17 d'épillets par épi.

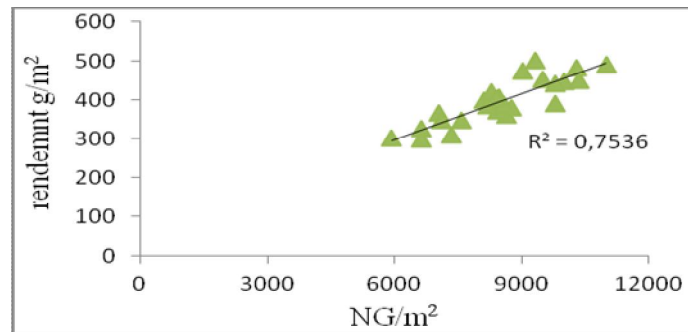


Figure 2. Relation entre le rendement et le nombre de grains

La moyenne du poids de mille grains (PMG) la plus importante est de l'ordre de 54 g mesurée chez la variété Salim et la plus petite est de 40 g chez le génotype Kh35. Les génotypes Ka70, Ka74, Ka130, Kh169, K5, K41 représentent les lignées les plus performantes avec les valeurs élevées de 44.6 g, 52.6 g, 43.6, 47.6g, 44.6 g et 47 g respectivement. De même les autres témoins affichent des valeurs supérieures à 45 g (Figure 3).

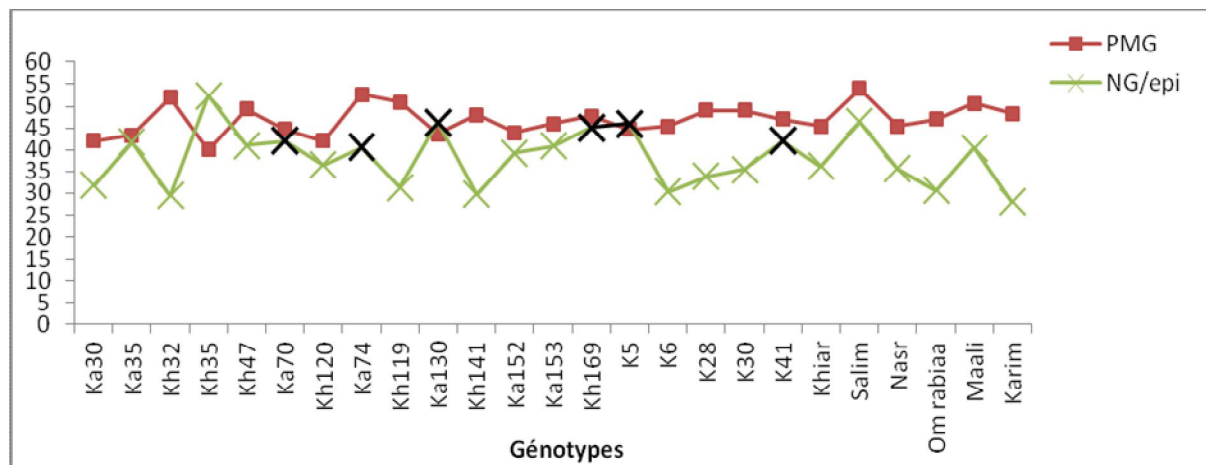


Figure 3. Variation du nombre de grain par épi et du poids de mille grains (PMG) des génotypes testés

Sombrero et al. (1992), ont montré que le rendement des céréales est le produit de trois facteurs: le nombre d'épis au m², le nombre de grains par épi et le poids moyen du grain, la diminution de l'un d'entre eux peut entraîner l'augmentation des deux autres. Dans nos résultats, un nombre d'épis par m² réduit a été enregistré. Cette réduction peut être attribuée à l'effet de manque d'eau enregistré durant la période de semis et l'excès d'eau enregistré durant le tallage (Janvier : 110mm).

Résistance à la Septoriose

L'évaluation de ces génotypes vis-à-vis à la maladie de la septoriose a montré le haut niveau de résistance des lignées recombinantes. En effet, la majorité ont affiché une résistance totale avec absence de symptômes de la maladie. Contrairement, les témoins ont prouvé leur

sensibilité. La couverture pycnidienne a atteint 35% chez Maali et 70 % chez la variété sensible Karim (Figure 4).

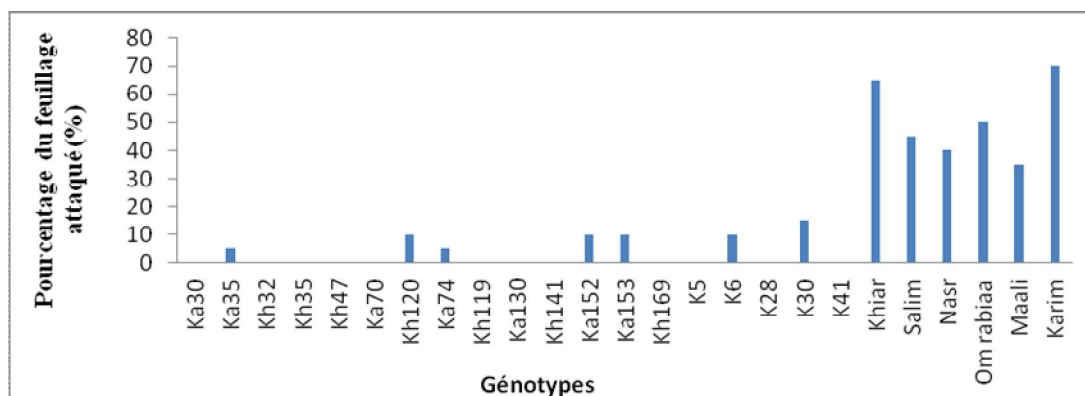


Figure 4. Pourcentage du feuillage attaqué par la septoriose chez les génotypes étudiés

CONCLUSION

Les paramètres agronomiques étudiés chez les dix neuf lignées, soumises aux mêmes conditions environnementales, ont permis de relever une variabilité génotypique importante entre elles. Les lignées Ka70, Ka74, Ka130, Kh169, K5, K41 ont montré les meilleures performances du point de vue du rendement, du poids de mille grains ainsi que du nombre de grains par épi. Elles ont montré un niveau de résistance élevé à la maladie de la septoriose la plus dévastatrice sur la culture de blé dur en Tunisie. Ces lignées s'avèrent très prometteuses et peuvent répondre aux attentes de la céréaliculture Tunisienne. Tout en continuant d'étudier les caractères phénologiques et morpho-physiologiques qui restent importants dans la caractérisation des variétés de blé, il est intéressant de porter plus d'intérêt à ce travail en évaluant le potentiel génétique du rendement de ces lignées pendant plusieurs années sur plusieurs sites afin de confirmer leur supériorité génétique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUBRY C., LATIRI SOUKI K., DORE T. et GRINER C.**, Diagnostic des facteurs limitants du rendement du blé dur en parcelles d'agriculteurs dans une petite région semi-aride en Tunisie, in *Agronomie*, vol 14, Agronomie, 1994, p. 213-227.
- GHARBI M. S.** Progress in Breeding for resistance to Septoria tritici blotch in Durum Wheat. In: Workshop Wheat Production Technologies for Farmers to face climate change challenges, 25-30April, 2010, Tunis, Tunisia
- LATIRI K.**, Les céréales en Tunisie, in *les défis de la terre: l'agriculture en Espagne et en Tunisie face aux défis de la libéralisation*. IRESA et Cérès Editions, 2005, p. 229-279.
- SOMBRERO A., ONTANON R., MONTOYA J.L. et ABAD J.L.**, La culture de l'orge en Castille et Léon: croissance, développement et production, in *tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne*, INRA Editions, 1993, n° 64, p. 238-252.

Simplification du travail du sol dans une rotation sulla (*Sulla coronarium* L.)/blé dur (*Triticum durum* Desf.)

MOUELHI⁽¹⁾ B.; SLIM⁽³⁾ S.; HAMZA⁽²⁾ M. E. et BEN JEDDI⁽²⁾ F.

(1) Agence de la Vulgarisation et de la Formation Agricoles.

(2) Institut National Agronomique de Tunisie.

(3) Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur

RESUME

Dans le présent travail, nous avons essayé dans un premier temps d'introduire la technique de la simplification du travail du sol dans un système de rotation fourrage/céréale. le résultat de cette étude préliminaire, relève que la variété du sulla du nord « Bikra 21 » a montré que c'est un bon précédent cultural pour la culture de blé dur « Karim » vu que cette plante fourragère est une légumineuse qui permet la fixation d'azote et ses résidus organique laissés après deux ans d'occupation de la parcelle. En plus, la diminution de la flore adventice, d'où l'élimination les charges de l'achat des herbicides. Le résultat de la simplification du travail du sol, a montré qu'avec un précédent cultural sulla « Bikra 21 », il n'y a pas de différence significative, pour les caractéristiques physico-chimiques du sol et les rendements du blé, entre le travail classique et le travail minimum. En plus, on obtient une diminution des charges pour la production céréalière de 36% pour le travail minimum par apport au travail classique.

ملخص

في هذا العمل حاولنا في بادئ الأمر بإدراج تقنية تبسيط عملية خدمة الأرض في إطار نظام زراعي بقوليات/حبوب. وقد أثبتت النتائج الأولية أهمية نبتة سلة الشمال الصنف "بكرة 21" كسابق زراعي للقمح الصلب خاصة للصنف "كريم" ونظرا لأهمية نبتة سلة الشمال التي تنتمي إلى عائلة البقوليات التي تساهم في تثبيت الأزوت الهوائي وللمخلفات العضوية التي تتركها في التربة. بالإضافة إلى تقليص نسبة الإعداد الطفيلية في الزراعة مما يؤدي إلى التخفيض في مصاريف استعمال المبيدات ضد الأعشاب الطفيلية. كما أثبتت نتائج التخفيف في خدمة الأرض بينت انه باستعمال السابق الزراعي من صنف سلة الشمال بكرة 21 انه لا يوجد فرق كبير للخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة ومحصول القمح بين التحضير التقليدي والبذر المباشر. بالإضافة إلى ذلك، نحصل على تخفيض في تكاليف إنتاج الحبوب بنسبة 36 % بالنسبة للحد الأدنى في خدمة الأرض مقارنة بخدمة الأرض التقليدية.

INTRODUCTION

La monoculture de blé couvre actuellement plus de 70% des emblavures céréalières. La conséquence générale observée est la pauvreté des sols en matière organique et au développement de sols de plus en plus minéralisés. Cette situation est amplifiée par un travail de sols souvent inadéquat et inadapté. Face à cette situation, deux facteurs peuvent être manipulés afin de réduire et cicatriser les effets néfastes du système de cultures actuellement pratiqué:

- **Facteur biologique:** Dans ce cas, il est urgent d'injecter des légumineuses fourragères en rotation avec les céréales comme des précédents culturaux.
- **Facteur technique:** Choisir le matériel et la méthode de travail du sol les mieux adaptés et les plus conservateurs des propriétés physico-chimiques du sol.

C'est dans ce cadre que le présent travail essaie de tester le rôle que peut jouer une légumineuse fourragère (sulla du nord) dans un système de culture où on projette la simplification au minimum du travail du sol.

PRESENTATION DU SITE EXPERIMENTAL

La partie expérimentale de ce travail est réalisée dans la région de Mornag appartenant à l'étage bioclimatique du semi-aride supérieur.

Le matériel biologique

- **Sulla du Nord :** *Hédysarum coronarium* L. variété «Bikra 21»
- **Le blé dur :** *Triticum durum* L. cv. « Karim ».

Le travail du sol

La parcelle expérimentale utilisée est divisée en 3 parties égales représentant les types de travail du sol suivant:

- Témoin (Bc/S) : Travail classique du sol représenté par 3 passages par un « cover – crop » et une herse.
- Un travail réduit (Br/S) qui se résume en deux passages par un « cover – crop » et une herse.
- Un travail minimum (Bm/S) qui se limite à un seul passage de « cover – crop ».

RELATION ENTRE PH ET TAUX DE MATIERE ORGANIQUE DU SOL

L'analyse de certains paramètres physico-chimiques des parcelles du blé ayant subi un nombre de recroisements différent après le labour du sol montre bien la sensibilité de la matière organique à ce facteur. Ainsi, l'effet dilution est très net. Dans cette situation, la couche arable perd 0,27 points suite à une réduction du nombre de passages. Cet effet est inversement proportionnel au pH trouvé (figure 2).

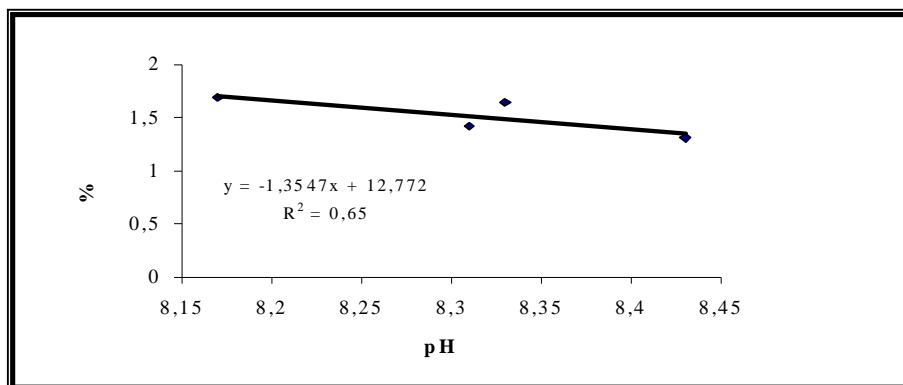


Figure 2 : Relation entre pH et taux de matière organique du sol

EFFET DE LA SIMPLIFICATION DU TRAVAIL DU SOL ET DU PRECEDENT SULLA SUR LA PRODUCTION GRAINIÈRE DU BLE DUR

Production grainière du blé

L'effet sulla sur la production des grains par le blé est significatif (Figure 5). La simplification du travail du sol dans le système de rotation blé après sulla améliore d'avantage l'effet sulla. Une différence de près de 10 qx est obtenue entre un blé après sulla installé selon la méthode conventionnelle et un blé après sulla semé avec un travail minimum. Le blé en monoculture produit seulement 11,57 qx/ha.

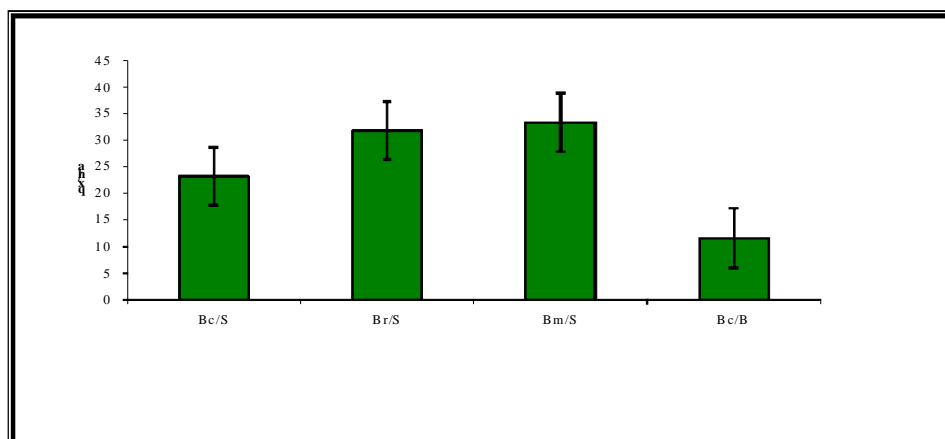


Figure 5 : Estimation de la production de grains du blé selon les traitements

CONCLUSION

Les essais réalisés avec le sulla Bikra 21, montrent que cette culture est capable de restituer au sol une masse de matière sèche dépassant 15 tonnes par hectare et une quantité d'azote équivalente à 120 kg/ha dans la couche arable (0-20 cm).

Dans une rotation sulla/blé, la minimisation du travail du sol à un seul passage précédent le semis, permet une meilleure conservation des propriétés physico-chimiques du sol. Ainsi,

le meilleur taux de matière organique est obtenu avec ce système 1,69 % contre 1,31 %, si on adopte la monoculture de blé avec un travail conventionnel du sol.

L'estimation de la production grainière, montre que l'effet travail minimum du sol engendre un gain de près de 10 qx/ha par rapport au travail communément pratiqué.

Même si des forts rendements sont obtenus dans le système conventionnel, cette production demeure tributaire d'une grande fertilisation azotée (plus de 150 unités) et des traitements de désherbants. Ces deux facteurs représentent près de 10 % des frais totaux pour un hectare de blé. Sans compter la pollution que peut engendrer l'utilisation massive et non contrôlée de ces deux composantes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Afnor., 1983. Soils quality- determination of total organic carbon by sulfochromic oxydation. Afnor, 83274.

Ben jeddi F., 2004. Journée de formation sur la variété de sulla du nord « Bikra 21 » à Sidi Thabet.

Faivre-Dupaigre R., 1976. Simplification du travail du sol en production céréalières. ITCF, p : 12-21.

Hamza M.E., 1994. Les effets de trois techniques de travail du sol sur son état structural et hydrique. Tropicultura, 1994, 12, 1, p : 6-9.

Langlet B. et Remy J.C., 1967. Incidence de la simplification du travail du sol sur la dynamique d'azote. Simplification du travail du sol en production céréalière. ITCF, p : 189-204.

LeHouérou H. N., 1965. Les cultures fourragères en Tunisie. Documents techniques. INRA Tunisie. p : 13, 27-31.

Maillard A. et Vez A., 1994. Résultats d'un essai de culture sans labour depuis plus de 20 ans à Changins. revue suisse d'agriculture. 26(3), p : 133-139.

Raouf K., 2002. Essai préliminaire de contrôle des adventices dans une culture de sulla du nord « hedysarum Coronarium L. ». Projet de fin d'étude INAT, p : 27

Rondia G., Deker A., Jabari M., et Antoine. A., 1985. Produire plus de grain et de lait en Afrique du Nord. Projet ferme modèle de Fritissa. Rapport final. Publications Agricoles N°5. Min Agric. Tunisie et Admin. Gén. Coopération au développement Belge. Geomaere, Bruxelles. p : 389

Zouaghi M., 2004. Journée de formation sur la variété de sulla du nord « Bikra 21 » à Sidi Thabet.

Contribution de la rotation des cultures dans l'amélioration de la fertilité du sol et le rendement des céréales et des légumineuses à graines

Dr. Mohsen REZGUI

mohsenrezguig@gmail.com

INRAT, Station de recherche de l'INRAT au Kef, Boulifa, 7119 Kef.

Tél/Fax : 78 238 010

RESUME

Ce travail a pour objectif d'exhiber l'effet de la rotation des cultures sur la fertilité du sol, le rendement et les composantes de rendement du blé dur, de l'orge et de la lentille en conditions semi-arides.

Les résultats indiquent que le taux de la matière organique dans le sol est faible et la rotation des cultures tend à l'augmenter particulièrement lorsqu'on intègre la lentille. L'analyse du rendement en grains durant les quatre dernières années d'essais révèle que par rapport à la monoculture, la rotation biennale (Lentille/blé dur) a augmenté en moyenne le rendement de 43%. Quant à la rotation triennale (Lentille/blé dur/Orge), elle a été à l'origine d'une augmentation moyenne du rendement des espèces étudiées estimée à 45% soit 32% chez l'orge et 77% chez le blé dur. Néanmoins, l'effet de type de rotation sur le rendement est conditionné en grande partie par la variation des précipitations annuelles. Ainsi et comparativement à la monoculture, la rotation biennale a donné un gain substantiel de rendement chez les deux principales céréales cultivées en Tunisie (Blé dur et orge) estimé à 63% en conditions d'année pluvieuse et à 80,4% en conditions d'année de déficit pluviométrique. Quant au gain substantiel de la rotation triennale, il a été estimé à 78% en conditions d'année pluvieuse et 95% en conditions de déficit hydrique. Cet effet bénéfique s'est extériorisé plus en année de déficit pluviométrique d'où l'importance de la rotation des cultures dans l'atténuation des variations intra et inter annuelles de rendements des grandes cultures et l'amélioration de la fertilité du sol en conditions semi-arides.

Mots clés : Grandes cultures, Rotation, fertilité du sol, Rendement.

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى إظهار أثر التداول الزراعي وخصوبة التربة على محصول القمح، الشعير و العدس في ظروف شبه جافة.

تشير النتائج أن نسبة المواد العضوية في التربة منخفضة و تميل إلى الزيادة عند تطبيق التداول الزراعي خاصة عندما يتضمن العدس. يبين تحليل المحصول أن التداول الزراعي مقارنة بالزراعة الأحادية، زاد في الإنتاجية بمعدل 43 % عندما كان ثنائي (عدس/قمح صلب) و 45 % عندما كان ثلاثي. هذا وأعطى التداول الثنائي مكاسب كبيرة قدرت بـ 63 % عندما تكون السنة ممطرة و 80 % في ظروف نقص الأمطار. أما التداول الثلاثي فقد أعطى مكاسب قدرت بـ 78 % بالنسبة لسنة ممطرة و 95 % عند نقص الأمطار. اتضح أن هذه المكاسب تجلت أكثر عند نقص الأمطار مما يبرز أهمية التداول الزراعي في تخفيف وطأة الجفاف في المناطق الشبه الجافة وتحسين خصوبة التربة.

الكلمات المفتاحية : التداول الزراعي، الإنتاجية، خصوبة التربة.

INTRODUCTION

Les sols des régions semi-arides tunisiennes sont généralement pauvres en matière organique (Sanaa, 1993) et les rendements des grandes cultures y sont très sujets à la variabilité spatiale et temporelle des précipitations (Ministère de l'agriculture et de l'environnement, 2011). Face à cette contrainte et à la faible intégration de l'élevage dans le système céréalier, la rotation des cultures a été identifiée comme un levier qui pourrait gérer la fertilité du sol et le rendement des grandes cultures (Rezgui et al., 2011). Ce travail a pour objectif d'exhiber l'effet de la rotation des cultures sur la matière organique du sol (MOS) et le rendement du blé dur, de l'orge et de la lentille en conditions semi-arides.

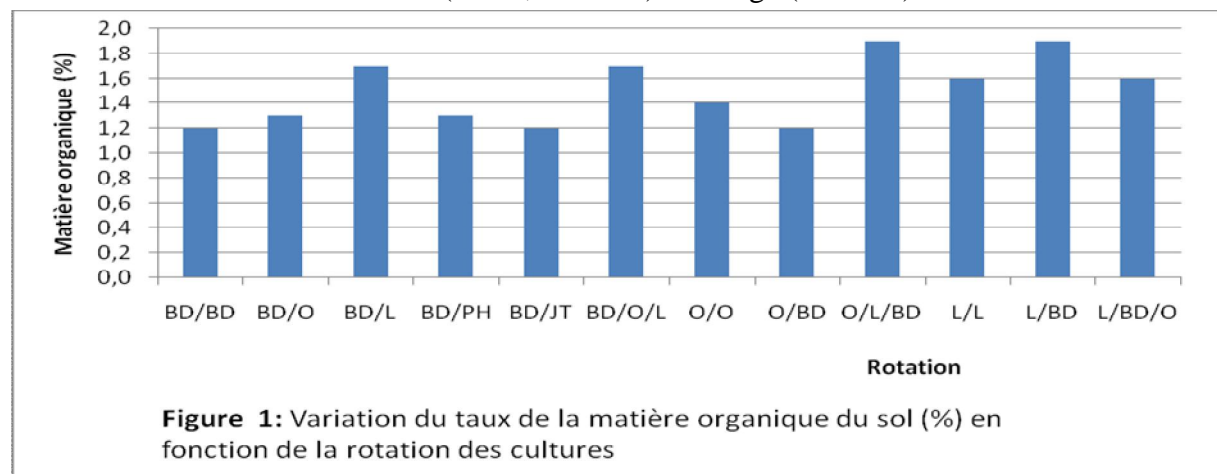
MATERIEL ET METHODES

Ce travail, qui a été conduit à la station de l'INRAT au Kef depuis 2002 et qui a regroupé 15 combinaisons d'assolements, s'intéresse essentiellement à l'analyse de la matière organique du sol et aux rendements du blé dur, de l'orge et de la lentille durant quatre années d'essais (2009-2012).

La détermination du taux de la matière organique du sol (MOS) a été réalisée par colorimétrie (590-600nm) à partir du dosage de la teneur en carbone organique ($MOS = C \times 1.724$). Le rendement en grains a été déterminé sur la surface totale de l'unité expérimentale soit 90 m².

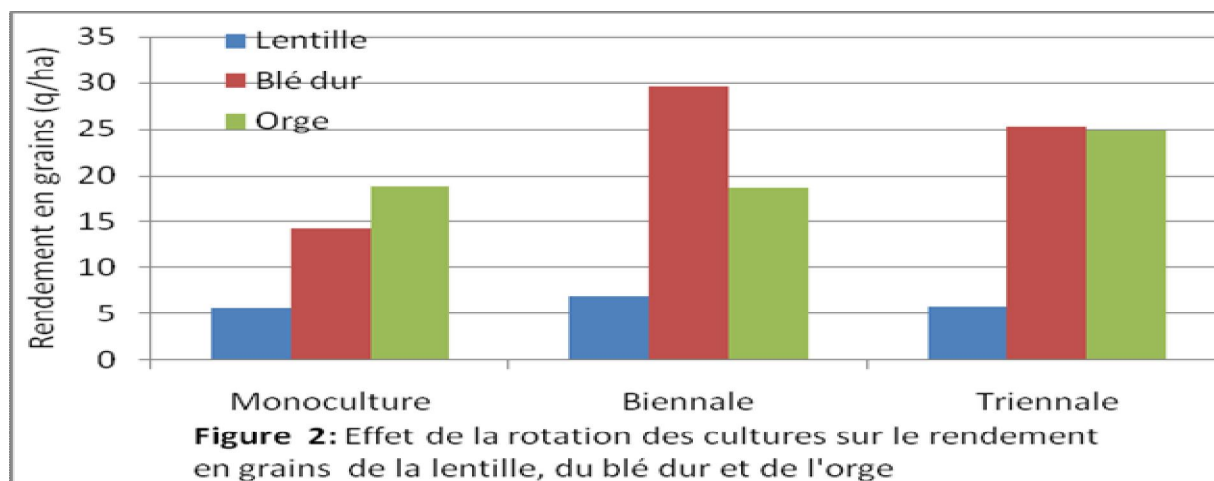
RESULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 indique que dans les soles conduites en monoculture céréalière, la MOS n'a pas dépassé 1,4%. Au-delà de cette valeur, la lentille a été à l'origine de l'amélioration de la fertilité des soles de blé dur (BD/L, BD/O/L) et d'orge (O/L/BD).

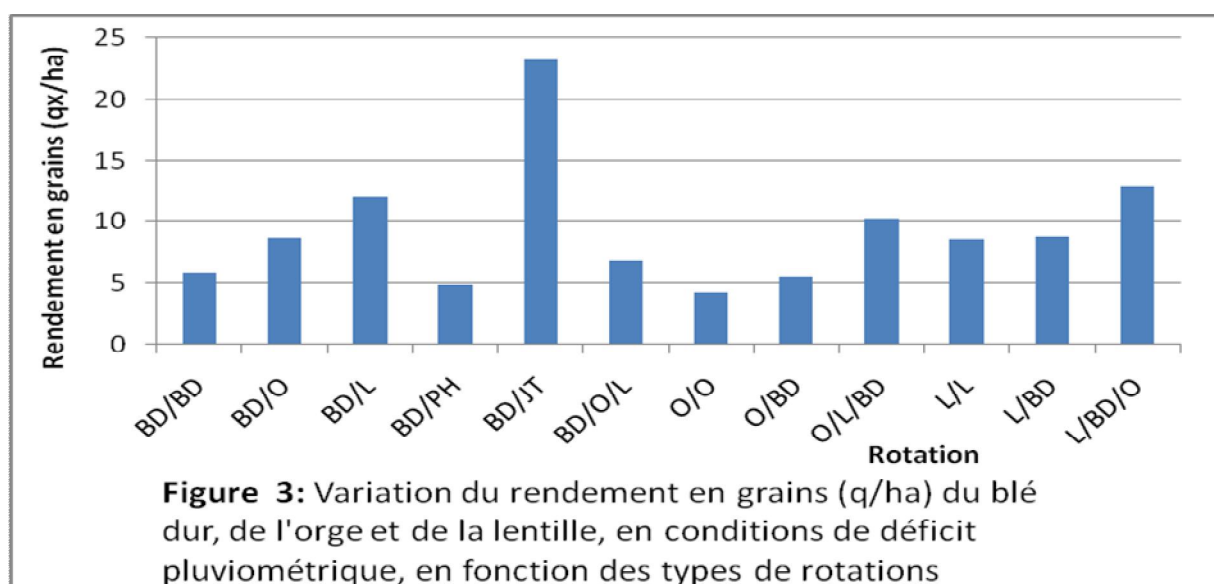


L'analyse du rendement en grains durant les quatre années d'essais (Figure 2) révèle que par rapport à la monoculture, la rotation biennale a augmenté le rendement moyen des trois espèces cultivées de 42,6%. L'augmentation la plus élevée a été observée chez le blé dur (107%) suivi par la lentille (22,8%). Quant à la rotation triennale, elle a été à l'origine

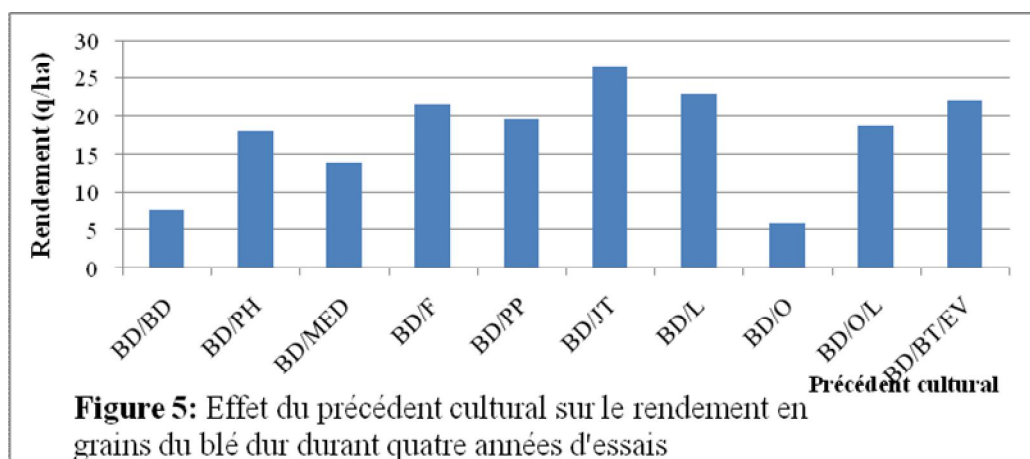
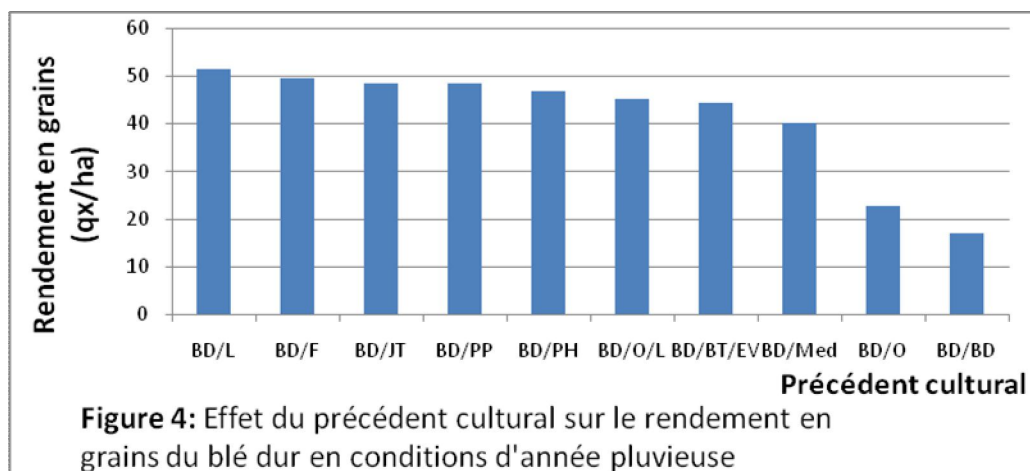
d'une augmentation moyenne du rendement des espèces étudiées estimée à 44,9% soit 31,7% chez l'orge et 76,9% chez le blé dur.



En conditions d'années de déficit pluviométrique (Figure 3), la jachère travaillée s'avère un bon précédent cultural pour le blé dur (BD/JT) suivi de la lentille (BD/L). Par ailleurs, le blé dur après pois chiche d'hiver (BD/PH) a été à l'origine de rendement relativement faible.



En conditions d'année pluvieuse (Figure 4), le rendement du blé après lentille dépasse 50 qx/ha et chute au dessous de 22 qx/ha en conditions de monoculture de blé/orge ou blé/blé.



CONCLUSION

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la rotation des cultures sur la MOS et le rendement des grandes cultures.

Les résultats indiquent que les rotations biennales et triennales ont contribué à l'augmentation de la MOS et les rendements des cultures particulièrement suite à l'utilisation de la lentille.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ministère de l'agriculture et de l'environnement. Annuaire annuel des statistiques agricoles 2009, Janvier 2011.

Rezgui M., A. D. Issa, M. Melki et M. Ben Younes. *Effet de la rotation des cultures sur la fertilité du sol et le rendement de quelques espèces cultivées dans les régions semi-arides.* Revue de l'INAT, Vol. 26 N° 2.

Sanaa M. 1993. Dynamique et bilan de l'azote minéral dans quelques sols calcaires en Tunisie. Thèse de Doctorat. Université de Gent, Belgique 175p.

Biodisponibilité du phosphore assimilable en région semi aride sous semis direct et conventionnel : cas de Guern Halfaya et Elkrib , Nord Ouest de la Tunisie

Khaoula BOUDABBOUS ⁽¹⁾, Jemai Imen ⁽²⁾ et Nadhira BEN AISSA ⁽¹⁾

(1) Institut National Agronomique de Tunisie-43, avenue Charle Nicole 1082-Tunis
Mahrajene-Tunis

(2) Faculté des sciences de Tunis-Campus Universitaire-1060, Tunis-Tunis

RESUME

L'objectif de ce travail est d'étudier sur une saison culturale la dynamique du phosphore assimilable au cours de la saison culturale 2008/2009 par l'adoption de différentes techniques de travail du sol, semis conventionnelle(SC) et semis direct(SD) et la rotation de culture en condition méditerranéens semi aride dans le nord ouest de la Tunisie. Ce travail s'est appuyé sur deux sites mises en place sur des sols alluvial (site Guern Halfaya) avec les rotations orge sur orge (O/O), orge sur sulla (O/S) dont chacune est conduite en SD et SC O/S (SD et SC), O/O(SD et SC) et d'apport minéraux (site ElKrib) pour la rotation blé sur féverole B/F dont chacune est conduite en SD et SC. L'évaluation du phosphore assimilable en SC est supérieure à celle en SD au niveau de Guern Halfaya, à Elkrib c'est le SD qui fournit plus. Pour les deux sites, aucune différence significative n'a été observée entre les teneurs en phosphore assimilable en fonction du temps, pour la profondeur (0-10cm). C'est au niveau de 20-40 cm que les teneurs deviennent significativement différentes ($p < 0.05$).

Mots clés: semis direct, semis conventionnelle, phosphore, Nord Ouest de la Tunisie

INTRODUCTION

En termes de fertilité des sols, la matière organique assure la biodisponibilité de molécules minérales telle que le phosphore. Sa biodisponibilité dépend principalement d'une minéralisation intense de la fraction organique labile, suivie d'une minéralisation plus lente portant sur la fraction lentement minéralisable (Bossche, 1999 ; N'Dayegamie, 2007). Depuis, plusieurs concepts de pratiques plus ou moins agressives, privilégiant le fonctionnement biologique des sols, ont vu le jour (Richard, 2007). En Tunisie, l'introduction des techniques culturales simplifiées a débuté en 1999 sur des superficies expérimentales limitées. Plusieurs fonds internationaux ont participé au développement de ces techniques (FAO, FFEM, CIRAD, AFD) et surtout la technique du non labour dite semis direct (M'Hadhbi et al. 2007). L'adoption du semis direct a comme principal objectif la restauration des propriétés bio-physico-chimiques des sols (Selles et al. (1999). L'objectif de ce travail était d'étudier l'impact du semis direct sur la dynamique du phosphore

assimilable en agriculture de conservation et conventionnelle au cours d'une saison culturale, au niveau de deux sites expérimentaux à céréales.

MATERIEL ET METHODES

Les deux parcelles choisies sont celle de Geurn Halfaya, située au Sud du gouvernorat du Kef et celle d'El Krib située au Nord du gouvernorat de Siliana. Toutes les deux sont installées chez des agriculteurs. Nous avons réalisé des prélèvements mensuels à raison de trois répétitions par parcelle avec les limites de profondeurs de 0-10 cm, 10-20 cm et 20-40 cm. Les échantillons de sols prélevés ont été séchés à l'air, broyés et tamisés à 2 mm.

Les caractéristiques physico-chimiques du sol

Les sols du Geurn Halfaya sont des sols d'apport minéraux bruts, ils sont limono-argileux, les teneurs en carbone organique sont faibles et toutes inférieures à 1. Les sols d'Elkrib sont peu évolués d'apport alluvial à texture sablo-limoneuse, totalement décarbonatée. Les teneurs en matière organique, représentée par le carbone et l'azote organiques, sont très faibles (Tableau 1).

Tableau 1 : Les caractéristiques physico-chimiques du sol des traitements O/S, O/O jachère et B/F

Traitements	O/S		O/O		J	B/F	
	SD	SC	SD	SC		SD	SC
Norgt %	0.13	0.13	0.14	0.14	0.1176	0.03	0.14
C %	0.69	0.60	0.74	0.57	0.70	0.54	0.90
C/N	5.13	4.46	5.08	3.91	5.95	16.87	6.42
pH	7.50	7.40	7.12	7.28	7.87	6.46	6.20
A %	20.0	22.5	42.3	33.8	20.0	22.69	3.38
L %	57.0	52.0	51.2	36.8	54.5	36.92	
S %	17.7	16.6	11.8	25.0	18.3	66.57	
Da	1.57	1.57	1.31	1.46	1.46	1.705	

Teneur en phosphore assimilable

Pour les deux sites, aucune différence significative n'a été observée entre les teneurs en phosphore assimilable en fonction du temps, pour les deux premiers niveaux (0-10cm et 10-20cm) (Figure.1.2). C'est au niveau de 20-40 cm que les teneurs deviennent significativement différentes ($p < 0.05$). Les teneurs enregistrées tout le long du suivi sont faibles et ne dépassent pas 14 ppm, au début du suivi pour passer à des valeurs inférieures à 10 ppm à partir du second prélèvement pour les cinq systèmes de culture, que ce soit en surface ou en profondeur à Guern Hafaya (Figure 1). A Elkrib on arrive à 18 ppm au début de la campagne d'échantillonnage. Toutefois, ces teneurs peuvent être un facteur limitant pour la nutrition des plantes si on se réfère aux seuils critiques évoqués par Coland et al. (2007) et Shaheen et al. (2007) qui se situent entre 8 ppm et 24 ppm. A Guern Halfaya que ce soit la monoculture (O/O) ou la rotation O/S, c'est le SC qui est le plus pourvu en phosphore assimilable par rapport au SD. Toutefois, Ces faibles taux pourraient être dus aux faibles

teneurs en matière organique des sols étudiés. En Effet, le phosphore organique des sols représente 20 à 80% du phosphore total et constitue la principale réserve en phosphore bio disponible (Franssar et Jones, 2007). En plus, le phosphore une fois libéré sous la forme assimilable, il est immobilisé par les carbonates de calcium (Carreira et al, 2006). La différence entre les deux pratiques reste non significative. A Elkrib, c'est avec le SD qu'on obtient les teneurs les plus élevées sans pour autant présenter des différences significatives avec le SC. Ces résultats sont en accord avec ceux présentés par O'Halloran et al. (1993) qui ont enregistré une forte concentration du phosphore labile dans les premiers centimètres de sol dans le cas du non labour.

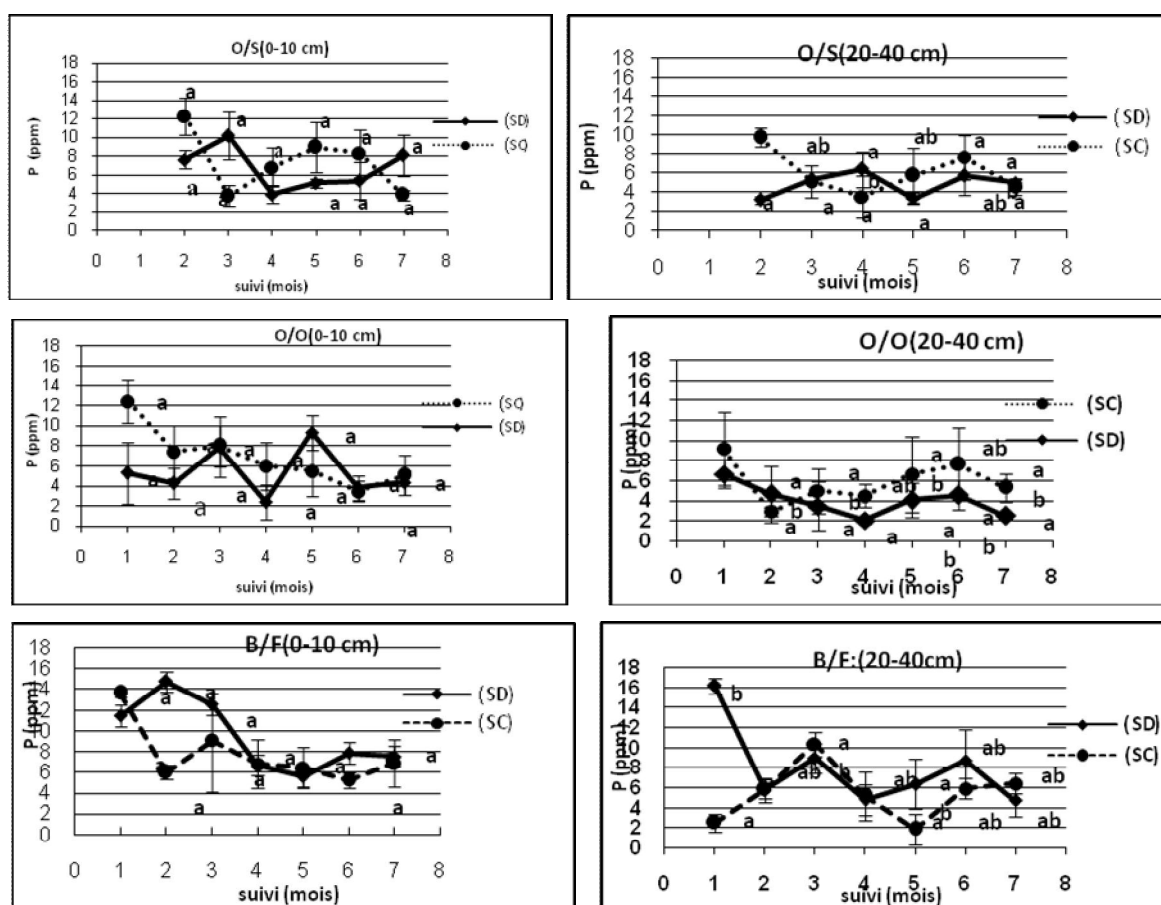


Figure 1 : Dynamique du phosphore assimilable au niveau de la profondeur 0-10 cm

CONCLUSION

Les teneurs en phosphore assimilable étaient toutes au dessous des seuils critiques pour les céréales établis par Coland et al. (2007) et Scheen et al. (2007). La biodisponibilité du phosphore n'a livré aucune différence en fonction des pratiques culturales. La matière organique étant la principale source du phosphore assimilable, celle-ci en constitue un facteur limitant au niveau des deux sites étudiés, en plus des fortes teneurs en carbonates de calcium à Guern Halfaya.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bossche H V., 1999.** Devenir du phosphore apporté sur les sols et risques de contamination des eaux de surface. Cas des boues de stations d'épuration, Thèse de Doctorat université de Rennes. France. 294p.
- Colomb B., Debeake P., Jouany C., Nolot J.M., 2007.** Phosphorus management in low input stockless cropping systems : crop and soil responses to contrasting P regilms in a 36-year experiment in southern France. *Europ. J. Agronomy* (26) 154-156.
- Correirea J.A., Vinegla B., Lajtha K., 2006.** Secodary CaCO₃ and precipitation of P-Ca compounds control the retention of soil phosphorus in arid ecosystem. *Journal of arid environnements* (64) : 460-473.
- Franssar A.M., Jones D.L., 2007.** Phosphatase activity does not limit the microbial use of low molecular weight organic- P substrates in soil.
- Halloran O, I.P., 1993.** Effect of tillage and fertilization on inorganic and organic soil phosphorus. *Can. J. Soil. Sci* (73): 359–369.
- Richard J.F., 2007.** Séminaire National de Lancement du Projet d'appui au Developpement de l'Agriculture de Conservation en Tunisie. pp2-3.
- Selles F., McConkey B.G., Campbell C.A., 1999.** Distribution and form of P under cultivator and zero-tillage for continuous and fallow-wheat cropping systems in the semi-arid Canadian prairies. *Soil and Tillage. Research* (51) : 47–59.
- Shaheen M.S., Tsadilas C.D., Stamatiadis S., 2007.** Inorganic phosphorus from in som entisols and aridisols of Egypt. *Geoderma* (142): 217-225.

Effet de l'azote sur la cinétique d'absorption des éléments minéraux par la betterave à sucre

Dalel Toumi Azouz ⁽¹⁾ et Mohamed Lassoued ⁽²⁾

(1) : IRESA

(2) : CRDA Sfax

RESUME

Une étude expérimentale au champ a été conduite pour déterminer la cinétique d'absorption des éléments minéraux (N-P-K-Na) par les racines, les collets et les feuilles de la betterave à sucre (*Beta vulgaris*) avec et sans apport d'engrais azotés dans la région de Ghardimaou. Des échantillons de plantes ont été prélevés périodiquement au cours du cycle végétatif. Les plantes de betterave à sucre ont été séparées en racines, collets et feuilles et ont fait par la suite l'objet d'analyses minérales.

Les résultats obtenus, ont permis de tracer la cinétique d'absorption de ces éléments nutritifs en fonction des stades de développement de la plante. Par ailleurs, la cinétique d'absorption des différents éléments nutritifs permet de mieux comprendre le comportement physiologique des plantes et de définir les besoins de la culture dans le contexte tunisien permettant une meilleure utilisation des engrais.

Mots clés: betterave à sucre, cinétique d'absorption, azote, phosphore, potassium et sodium.

ملخص:

أجريت تجارب حقلية لمتابعة حركية امتصاص العناصر المعدنية (نيتروجين، فوسفور و بوتاسيوم) عند الجذور وانتقالها إلى الرقبة وأوراق اللآفت السكرية بعد التسميد الأزوتي ومن دونه في منطقة غار الدماء. تم أخذ العينات بصفة دورية طوال الدورة النباتية. وتم تقسيم العينات إلى جذور ورقبة وأوراق ثم تم تحليل كل جزء منفصل. مكنت النتائج المتحصل عليها من رسم حركية امتصاص هذه العناصر الغذائية طوال مرحلة نمو النبتة و من فهم فيزيولوجيا النبتة في علاقتها بمختلف العناصر المعدنية المتواجدة في محلول التربة مما من شأنه أن يمكن من صياغة نصائح تسميد مناسبة و استعمال أفضل للأسمدة.

INTRODUCTION

La connaissance du rythme d'absorption des éléments nutritifs au cours du cycle végétatif de la betterave à sucre est importante afin de réaliser au mieux la satisfaction des besoins de la plante par des apports complémentaires à la fourniture du sol (Loué, 1983). Elle peut aussi permettre d'interpréter certains troubles nutritionnels. En conséquence la fertilisation doit apporter différents éléments fertilisants dans des proportions convenables, suivant les besoins de la plante et éviter les excès qui peuvent stimuler la végétation aux dépens de la formation du sucre.

Les engrais potassiques influencent favorablement le rendement de la betterave ainsi que la teneur en sucre des racines (simon et al., 1966). Loué en 1983 a montré que le rythme d'absorption est très intense et l'un des facteurs les plus importants qui déterminent la qualité technologique de la betterave.

En Tunisie, les essais réalisés de 1962 à 1989 relatifs aux effets de la fertilisation azotée sur les rendements et la qualité technologique de la betterave n'ont pas permis d'émettre

des conclusions définitives permettant de définir des doses optimales et son fractionnement (kopp, 1981). Tnani (1982) a montré que la dose optimale d'azote qui conduit au rendement en sucre le plus élevé est celle de 130 à 150 unités d'azote/ha, au-delà de cette dose le rendement en sucre chute.

MATERIEL ET METHODES

Essai a été conduit dans la région de Ghardimaou sur un sol argileux. Le protocole expérimentale consistait en 2 traitements : un témoin zéro et un traitement T1= 150kgN/ha, apporté sous forme de nitrate d'ammonium et fractionnées en 3 apports (1/3 à la levée, 1/3 après distançage : 2-4 feuilles et 1/3 à la fermeture des lignes). Chaque traitement a été répété 4 fois selon un dispositif en bloc complètement aléatoire. Chaque parcelle élémentaire était de 108m² soit 18 lignes de 12m de long, la densité de semi est de 90000plants/ha. A partir de la levée, des échantillons de plantes on été prélevés périodiquement. Les plantes de betterave à sucre on été lavées, séparées en racines, collets et feuilles, pesées, séchées et ont fait par la suite l'objet d'analyses minérales (% M.S., N, P K et Na).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Effet sur les rendements

Les rendements en racines réalisés à la récolte sont environ de 70t/ha pour les parcelles fertilisées en azote et de 50t/ha pour les parcelles témoins.

Les rendements en sucre brut réalisés sont plus importants sur les parcelles fertilisées que sur les parcelles témoins. Il en est de même pour les rendements en sucre blanc. Ainsi, au dernier arrachage et respectivement pour les parcelles fertilisées et les parcelles témoins, les rendements en sucre brut obtenus sont de 11t/ha et de 8t/ha et les rendements en sucre extractible sont de 8.5t/ha et 6.5t/ha environ.

Cinétique d'absorption de l'azote par les différentes parties de la plante

Au début du cycle végétatif, les teneurs en azote total sont plus élevées, elles diminuent ensuite au cours du développement de la plante et se stabilisent à la fin du cycle.

Les teneurs en azote sont plus élevées au niveau des feuilles qu'au niveau des racines et des collets.

L'apport de 150UN/ha n'a pas eu d'effet significatif sur les teneurs d'azote dans les différentes parties de la plante. Par contre, les exportations totales de l'azote montrent qu'il y a une différence hautement significative entre les 2 traitements. En effet, la culture a exporté environ 180 kg d'N/ha en absence de fumure azotée et 320kg d'N/ha avec un apport de 150kgN/ha. Environ 30% de ces exportations sont réalisés au cours des mois d'Avril et de Mai (période de croissance active).

Le poids des racines étant plus important, la plus grande partie des exportations en azote se retrouve au niveau de ces derniers.

Cinétique de l'absorption du potassium par les différentes parties de la plante

Au cours du cycle végétatif, les teneurs en potassium ont tendance à augmenter au niveau des feuilles et à diminuer au niveau des racines et des collets et ce pour les deux traitements, l'apport de 150kg d'N étant sans effet significatif sur ces teneurs. A la récolte, ces teneurs sont de l'ordre de 5%M.S. au niveau des feuilles et de 1% au niveau des racines et des collets. Rapportées à la matière fraîche produite ces quantités sont aussi nettement plus importantes au niveau des feuilles. A la récolte elles sont de l'ordre de 7kgK/t M.F. au niveau des feuilles et de 2kgK/t M.F. au niveau des racines et des collets.

La betterave à sucre exporte plus de potassium en présence d'un apport d'azote qu'au niveau du témoin. Ces exportations sont de 210kgK/ha pour le témoin et de 350kgK/ha en présence de 150kgN/ha. 50% environ de ces exportations sont absorbés au cours des mois d'Avril et de Mai et 60 à 70% des ces quantités exportées se retrouvent au niveau des feuilles et des collets et ce malgré l'importance de la masse racinaire.

Cinétique de l'absorption du phosphore par les différentes parties de la plante

Au début du cycle végétatif, les teneurs en phosphore sont plus importantes au niveau des racines. Par la suite ces teneurs deviennent plus importantes au niveau des feuilles. Toutefois, ces teneurs sont plus importantes au début du cycle pour les différentes parties de la plante, elles diminuent par la suite et se stabilisent au tour de 0.12%M.S. au niveau des racines et autour de 0.25% ai niveau des feuilles et des collets, sans qu'il y ait de différence entre les parcelles fertilisées et les parcelles témoins.

La betterave à sucre exporte environ 35kgP/ha en présence d'une fertilisation azotée et 20kg P au niveau du témoin. Environ 60 à 80% du phosphore absorbé se retrouve au niveau des racines. Les besoin de la plante sont presque satisfaits vers la fin du moi de Mars. A partir du moi d'Avril, la betterave n'absorbe presque plus de phosphore malgré la croissance active au cours de cette période.

Cinétique de l'absorption du sodium par les différentes parties de la plante

Les teneurs en sodium sont plus importantes au niveau des feuilles qu'au niveau des racines et des collets. Le sodium absorbé est essentiellement transporté vers les feuilles (comportement de plante halophyte). Au niveau des racines ces teneurs diminuent et se stabilisent au tour de 0.25%MS. on enregistre une très légère augmentation à la fin du cycle.

Au niveau des feuilles, ces teneurs augmentent au début du cycle puis diminuent. A partir de Mai, ces teneurs enregistrent une autre augmentation.

Il semble que l'apport de 150kg N/ha n'ait pas affecté les teneurs en sodium des différentes parties de la plante. Rapportées à la masse végétale produite (kg/t MF), ces quantités sont plus importantes au niveau des feuilles qu'au niveau des racines et des collets. A la récolte,

ces taux sont de 0.5kgNa/M.F.f au niveau des racines et de 3,7 kgNa/t M.F. au niveau des feuilles.

Les exportations totales en sodium atteignent 160kgNa/ha pour les parcelles fertilisées et 90kgNa/ha pour les parcelles témoins. La plus grande partie se retrouve au niveau des feuilles.

CONCLUSION

La croissance de la betterave à sucre en absence de fertilisation azotée et les adsorptions enregistrées reflètent le pouvoir alimentaire du sol sans fertilisation azotée.

A la fin du cycle, les exportations de la culture en azote sont de 180kgN/ha pour le témoin zéro et de 320kgN/ha pour les parcelles fertilisées. On remarque que la différence dans ces exportations est presque équivalente à la quantité d'azote apportée, alors que la dernière fraction a été apportée vers mis février et que les exportations un mois après n'étaient que de 75kgN/ha et 135kgN/ha respectivement pour le témoin et les parcelles fertilisées (la différence n'est que d'environ 60kgN/ha). Cette différence a favorisé un développement végétal plus important (au niveau des feuilles et des racines) ce qui a engendré par la suite une meilleure exploration des richesses du sol et de meilleurs rendements au niveau des parcelles fertilisées. Ce qui est à l'origine des exportations plus importantes en P, en K et en Na.

Une proportion importante de ces exportations peut être restaurée au sol si les feuilles et les collets y sont enfuis. Cette proportion est par rapport aux exportations totales de l'ordre de 50% pour l'azote, 50 à 60% pour le potassium et 20-40% pour le phosphore.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bremner, « Total nitrogen » in « Black C.A. (ed) methods of soil analysis, part2 Am. Soc. Agron., Madison, Wise, USA. Agronomy, 1965, 9, 1149-1176.

CBB, « Rapport d'activités annuel », Tunisie, 1996, 105 p.

KOPP E., « Efficacité de la fumure azotée. Régime de l'azote et fertilité latente des sols conduits en sec ou à l'aspersion dans la haute vallée de la Medjerda en Tunisie », in Ann INRAT, 1981, 54, 114-135.

LOUE A., « sugar beet nutrition », London, Appl. Sci. Publ. L.T.D., 1983.

SIMON M., ROUSSEL N. and VANSTALLEN R., - « Le potassium dans la fumure de la betterave à sucre. » Potassium symposium 1966, 61-67.

TNANI T., « effet de la fertilisation minérale et organique sur la production et la qualité technologique de la betterave sucrière en Tunisie. », Commission méditerranéenne. Journée d'études en Tunisie, 1982,9p

Protection des terres céréalières contre l'érosion hydrique

Sihem Jebari¹ & Rabâa Bensalah²

Sihem.jebari@iresa.agrinet.tn bs.rabaa@yahoo.fr

1 : Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts

2 : Direction Générale de la Production Agricole

RESUME

L'érosion hydrique est un phénomène complexe, largement répandu à travers les terres de grandes cultures en Tunisie. Ce phénomène représente une grave menace tant pour la durabilité des niveaux de production des céréales que pour la disponibilité des ressources en eau et en sol. L'objectif de ce travail de recherche est double. Il permet d'une part, la quantification de l'érosion hydrique dans le bassin versant céréalier d'oued Siliana et la détermination, d'autre part, de l'impact de certaines mesures de CES sur la pérennité des systèmes de production. La méthodologie suivie se base sur l'estimation des pertes en sol via le modèle RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). Elle utilise la carte agricole et combine ses supports thématiques tout en considérant les assolements pratiqués (Céréale - Jachère et Céréale- Céréale- Jachère) et les modes de lutte contre l'érosion hydrique dans un système d'information géographique (SIG). Ce travail consiste à établir des cartes synthétiques de sensibilité à l'érosion hydrique dans les terres céréalières. Les principaux résultats obtenus montrent que les pertes en terres sont très variables et peuvent dépasser parfois les 60 t/ha/an. En effet, en absence de traitement CES et pour les assolements CCJ mal protégés, les classes d'érosion dominantes ont largement dépassé le seuil de tolérance de Wischmeier. Toutefois, la réduction des pertes en terre peut dépasser les 50% grâce aux aménagements de conservation des eaux et des sols adéquats. D'autre part, le système d'assolement CJ paraît moins érosif que le système CCJ. Finalement, ces acquis semblent prometteurs pour une meilleure planification des techniques CES et le renforcement des programmes de vulgarisation des bonnes pratiques agricoles au profit de la durabilité de nos terres céréalières.

ملخص

يُمثل الانجراف المائي ظاهرة معقدة تنتشر في أراضي الزراعات الكبرى في تونس وتمثل تهديدًا خطيرًا لاستدامة مستويات إنتاج الحبوب ولتوافر موارد المياه والتربة. يهدف هذا البحث من جهة إلى القياس الكمي للانجراف المائي في حوض وادي سليانة الموجود في منطقة شبه جافة ملائمة لزراعة الحبوب وإلى تقييم تأثير بعض أشغال المحافظة على المياه والتربة على استدامة نظم الإنتاج من جهة أخرى. تركز المنهجية المعتمدة على تقدير ضياع التربة باستعمال نموذج RUSLE وتستخدم الخارطة الفلاحية وتجمع مختلف طبقاتها المتعلقة باستغلال الأراضي والطبوغرافيا وعلوم التربة مع خصائص الأمطار والتداول الزراعي المعتمد (حبوب / بور وحبوب / حبوب / بور) ومختلف أشكال مقاومة الانجراف المائي في نظام المعلومات الجغرافية (GIS) قصد إعداد خرائط الحساس للانجراف المائي تبين نتائج هذه الدراسة أن ضياع كميات التربة جراء الانجراف المائي متفاوت ويمكن أن يكون هامًا في بعض الحالات خاصة في غياب

أشغال المحافظة على المياه والتربة (أكثر من 60 طن/هك/سنة) كما تبين أن التداول الزراعي حبوب / بور أقل عرضة للانجراف المائي من التداول الزراعي حبوب / حبوب / بور. وأخيرا تحدد هذه النتائج سبل تحسين تخطيط أشغال المحافظة على المياه والتربة وتؤكد على ضرورة دعم برامج الإرشاد حول الممارسات الزراعية الملائمة لفائدة ديمومة الأراضي المخصصة لزراعة الحبوب في تونس.

INTRODUCTION

Le secteur céréalier est un secteur stratégique pour la Tunisie puisqu'il joue un rôle primordial dans la réalisation des objectifs de sécurité alimentaire du pays. Par ailleurs, il occupe le tiers de la Superficie Agricole Utile, contribue à hauteur de 14% au PIB agricole et représente la principale source de revenu pour les 248.000 céréaliculteurs que compte la Tunisie.

La production céréalière en Tunisie reste très variable en fonction des conditions climatiques malgré les améliorations observées au cours des deux dernières décennies passant de 14.5 Millions de qx à 18.7 Millions de qx (DG/EDA, 1994-2013).

Par ailleurs, le maintien, voir, l'amélioration des niveaux de production des céréales nécessite la préservation du potentiel en sol et de sa fertilité.

En Tunisie, l'érosion hydrique affecte les terres des grandes cultures et représente ainsi une grave menace tant pour la production des céréales que pour la disponibilité des ressources en eau et en sol (DG/ACTA, 2007). Dans le but de lutter contre le phénomène de l'érosion hydrique, le présent travail a pour objectif de quantifier et de cartographier les pertes en sol au niveau du bassin versant d'oued Siliana. Cette recherche a été entreprise dans le cadre du contrat programme de recherche développement intitulé « Impacts Hydrologiques des aménagements CES ».

SITE D'ETUDE

Le site d'étude correspond au bassin versant céréalier d'oued Siliana, situé au nord-ouest de la Tunisie. Dans cette région, les terres cultivées sont caractérisées par un relief accidenté puisque 50% de leurs surfaces ont une pente supérieure à 5% ce qui accentue l'érosion et constitue un facteur limitatif au développement agricole. Les céréales occupent plus de 60% des surfaces cultivées. L'assolement biennal jachère-blé est couramment pratiqué. Les rendements obtenus sont très variables en fonction des conditions hydriques et édaphiques, ils sont faibles (5 à 10 qx/ha) dans les zones de forte dégradation. Pour lutter contre les processus des pertes en terre, quelques aménagements antiérosifs ont été réalisés, là où, les conditions édaphiques le permettent.

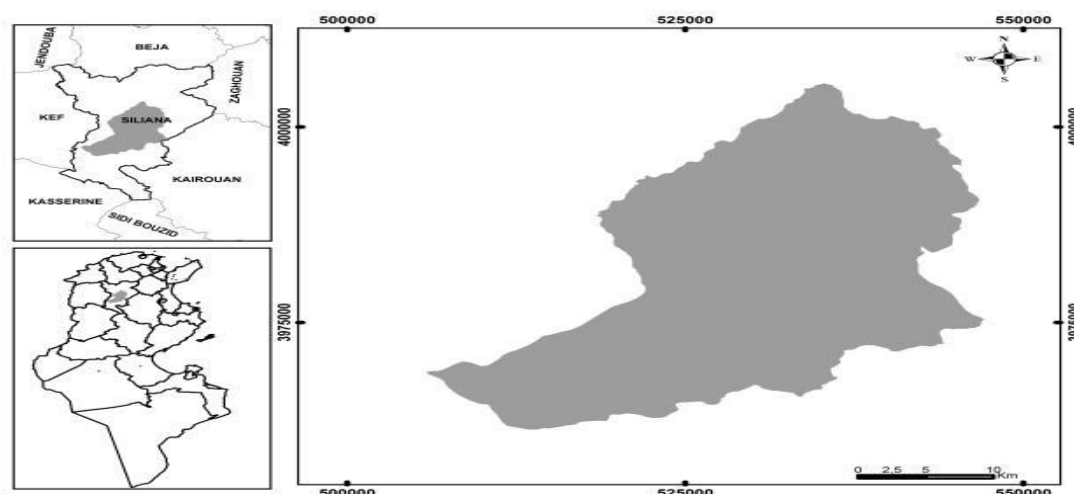


Figure 1 – Carte de localisation de la zone d'étude du bassin versant d'oued Siliana

** CES : conservation des eaux et des sols

MATERIEL ET METHODES

L'approche «RUSLE/SIG» adoptée pour ce travail considère le modèle de Wischmeier (RUSLE :Revised Universal soil loss equation) et l'outil cartographique GIS. Elle permet d'évaluer le potentiel des pertes en sol en tout point du bassin versant. Plus encore, elle donne l'opportunité de comparer les diverses actions ou facteurs sur lesquels il faut agir pour limiter le phénomène de l'érosion hydrique. Cette approche donne l'avantage de visualiser le territoire, gérer les pratiques CES existantes et réfléchir sur les possibilités d'aménagement (Renard et al., 2011 ; Jebari et al., 2012).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les taux de perte en sol à l'échelle du bassin versant céréalier d'oued Siliana sont importants (Tab. 1). Ils dépassent pour tous les cas d'assolements étudiés le seuil de tolérance (12t/ha/an) établi par Wischmeier, (1978). Les assolements C-J présentent des taux d'érosion inférieurs à ceux des assolements C-C-J. La comparaison entre les assolements bien protégés et ceux mal protégés donne une différence de 8t/ha/an. Plus encore, les résultats obtenus montrent clairement l'importance des techniques antiérosives entreprises au niveau du bassin versant d'oued Siliana (Fig.2). En effet, ces techniques ont permis une baisse des taux d'érosion de l'ordre de 30%.

Tableau 1 : Taux des pertes en terre et superficies érodées par type d'assolement. P dans le tableau correspond aux pratiques de conservation des eaux et des sols

Type d'assolement	Perte en terre moy. (t/ha/an)	Superficie (%) des terres céréalières affectées par l'érosion					
		[0 – 2.5]	[2.5 – 5]	[5 – 12]	[12 – 20]	[20 – 60]	> 60
Assol. CJ mal protégé	21,4	22,6	11	12,5	24,2	24,7	5,1
Assol.CJ bien protégé	15,6	25,8	18,6	25,9	9,6	17,1	3,1
Assol.CCJ mal protégé	25,7	16,5	9,1	19,9	16,7	30,5	7,3
Assol. CCJ bien protégé	17,1	25,6	11,3	26	14,7	19,1	3,3
Assol. CJ mal protégé sans "P"	31	11,4	0,2	9,7	31,1	37,9	9,6

Pour les assolements bien protégés, les faibles taux de perte en terre couvrent plus de 65% des superficies céréalières. Alors que les assolements mal protégés, sont caractérisés par des taux élevés de perte en terre sur au moins 50% des terres céréalières (Tableau 1).

Les taux d'érosion supérieurs à 00t/ha/an sont principalement observés d'une part pour les assolements CCJ mal protégés et d'autre part en cas d'absence de traitement CES (Figure 2).

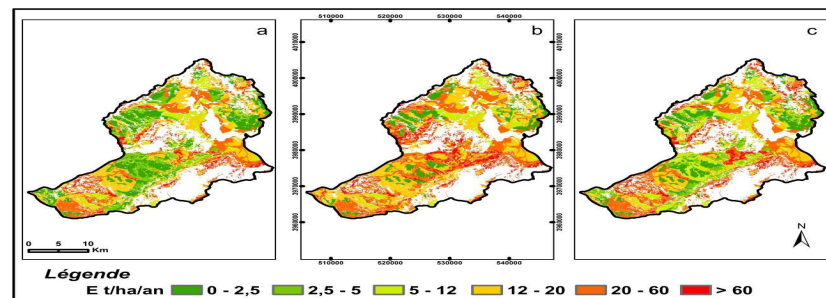


Figure 2 : (a) Les pertes en terre pour l'assolement C-J mal protégé. (b) Les pertes en terre pour l'assolement C-J mal protégé sans les pratiques de CES «P». (c) Les pertes en terre pour l'assolement C-C-J mal protégé.

CONCLUSION

Les résultats de ce travail montrent que l'érosion peut être importante lorsque les assolements adéquats ne sont pas considérés ou bien lorsque les techniques CES sont absentes. Ces conditions affectent considérablement la production céréalière de la région. Le renforcement de la lutte antiérosive s'avère nécessaire pour réduire les taux de perte en terre dans cette région. Il est également capital d'appliquer les bonnes pratiques agricoles liées aux rotations des cultures et au travail du sol. Des travaux similaires devraient permettre d'évaluer la situation de l'érosion hydrique dans les principales zones de production des céréales en Tunisie compte tenu des différents assolements pratiqués.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DG/ACTA**, Stratégie pour la conservation des eaux et des sols, 2007-2016. Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, 2007.
- DG/EDA**, Annuaire statistiques du ministère de l'Agriculture 1994-2003. Publications de la Direction Générale des Etudes et du Développement Agricole.
- Jebari S., Berndtsson R., Olsson J., Bahri A.**, Soil erosion estimation based on rainfall disaggregation. *J. Hydrol.* 2012, 436-437, 102-110.
- Renard, K.G., Yoder, D.C., Lightle, D.T., Dabney, S.M.**, Universal soil loss equation/revised universal soil loss equation. In: Morgan, R.P.C., Nearing, M.A. (Eds.), Handbook of Erosion Modeling. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, England, pp. 137-167. 2011.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D.**, Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning. USDA Agriculture Handbook, vol. 537. GPO, Washington DC, 1978.

Effet du régime hydrique et de la densité de semis sur l'efficience d'utilisation de l'eau et les performances de quelques variétés de blé dur

OTHMANI Afef ⁽¹⁾., REZGUI Mohsen ⁽¹⁾., REZGUI Mounir ⁽¹⁾., MELKI Mongi ⁽²⁾

(1) Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Station du Kef.,

(2) Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef.

RESUME

Un essai a été installé à l'unité d'expérimentations agricoles au kef dont trois variétés de blé dur (Maâli, Nasr et Chili) ont été conduites sous quatre régimes hydriques (I3, I2, I1 et I0) et cinq densités de semis (D1, D2, D3, D4 et D5) afin d'étudier leurs performances agronomiques et l'efficience d'utilisation de l'eau en rendement en grains (EUEg) et en rendement biologique (EUEb).

Il ressort de cette étude, que le rendement en grains et le rendement biologique les plus élevés sont obtenus lorsqu'on adopte une irrigation à 70% RU (I3) chez toutes les variétés étudiées. Quant à l'irrigation modérée I2 (40% RU), elle a donné un maximum d'EUEg (1,9 kg/m³) et d'EUEb (6,27 kg/m³).

La densité de semis D5 (450 grains/m²) a été à l'origine des rendements biologiques et des rendements en grains les plus élevés. Cette densité a donné les efficacités d'utilisation de l'eau en rendement en grains et en rendement biologiques les plus élevées (1,7 et 5,7 kg/m³).

Mots clés: Blé dur, irrigation de complément, densité de semis, déficit hydrique, rendement et efficience d'utilisation de l'eau.

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى دراسة الخصائص الزراعية وفعالية استعمال الماء لثلاثة أصناف من القمح الصلب معالي، نصر وشيلي مزروعة في ظروف مـطرية (I0) و مـروية (I1, I2, I3) و اعتمادا على خمسة مستويات لكثافة البذر (D1, D2, D3, D4, D5). بينت هذه الدراسة أن الإنتاجية من الحب و الإنتاجية البيولوجية قد بلغت أقصاهما لكل الأصناف المعتمدة في الظروف المروية I3 و يعزى هذا إلى ارتفاع عدد السنابل و النباتات في المتر المربع الواحد. أما بالنسبة للظروف المروية I2 فقد مكنت من تسجيل أعلى نسبة فعالية استعمال الماء في إنتاجية الحب (1.9 كغ/م³) و في الإنتاجية البيولوجية (6.27 كغ / م³). كما أن كثافة البذر بمقدار 450 حبة في المتر المربع الواحد مكنت من الحصول على أعلى نسبة من إنتاجية الحبوب و الإنتاجية البيولوجية و ذلك مرتبط بارتفاع عدد السنابل في المتر المربع الواحد (589)، كما مكنت هذه الكثافة من الحصول على فعالية أمثل للاستعمال الماء.

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب، الري، كثافة البذر، الإنتاجية، فاعلية استعمال الماء.

INTRODUCTION

En Tunisie, dans les zones semi-arides, les conditions climatiques ont toujours fait de la bonne gestion de l'eau une voie incontournable pour le développement agricole afin de garantir et de stabiliser les rendements du blé. De ce fait, le pilotage de l'irrigation et le choix des variétés et des densités de semis les plus efficaces en eau constituent des outils importants pour arriver à une utilisation efficace et équitable de l'eau.

EFFET DES REGIMES HYDRIQUES ET DES DENSITES DE SEMIS SUR LE RENDEMENT EN GRAINS ET BIOLOGIQUE

Le rendement biologique

L'apport d'eau (I3) a amélioré le rendement biologique de 52 % comparativement au régime pluvial (figure 1). Des résultats similaires relatifs à deux variétés de blé dur ont été suggérés par Dong et al. (2011).

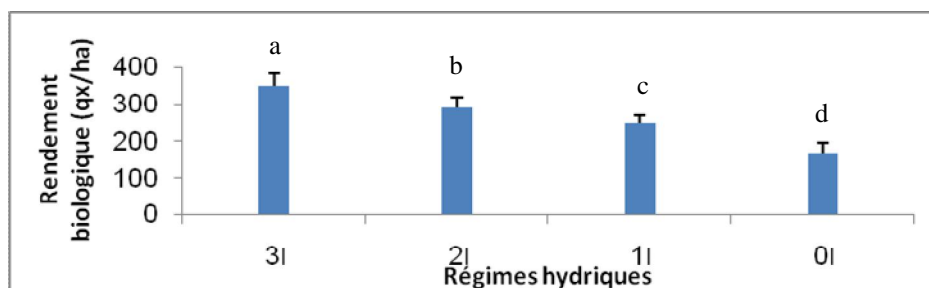


Figure 1 : Variation du rendement biologique (qx/ha) en fonction des régimes hydriques. En comparant les densités de semis, on constate que les rendements les plus élevés sont enregistrés sous la densité D5 et le plus faible sous D3 (figure 2).

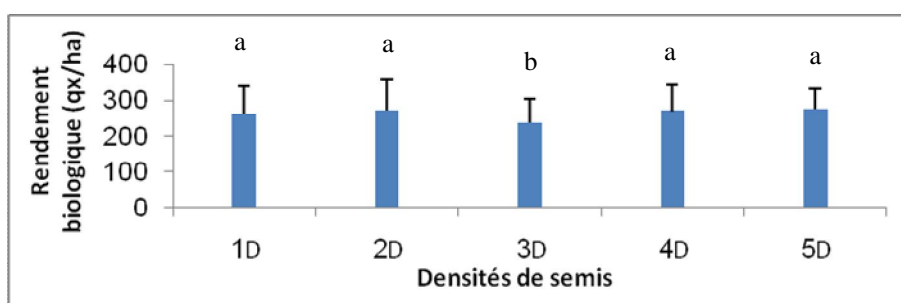


Figure 2 : Variation du rendement biologique (qx/ha) en fonction des densités de semis.

Le rendement en grains

L'irrigation complémentaire améliore significativement le rendement en grains. Ces résultats confirment ceux de Dong et al. (2011) (figure 3).

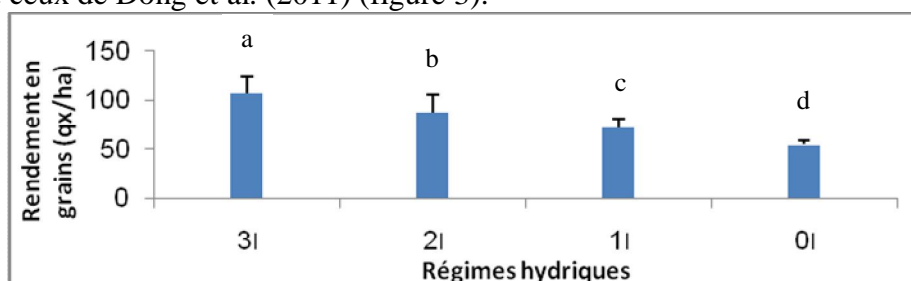


Figure 3 : Variation du rendement en grains (qx/ha) en fonction des régimes hydriques.

Le rendement en grains le plus élevé (86.97 qx/ha) est enregistré sous la densité de semis D5 (450 grains/m²), ceci peut être expliqué par le nombre élevé d'épis/m². Ces résultats corroborent ceux de Fang et al. (2010).

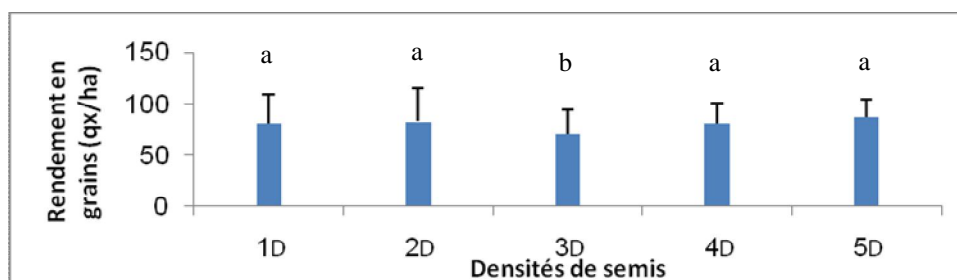


Figure 4 : Variation du rendement en grains (qx/ha) en fonction des densités de semis.

EFFET DES REGIMES HYDRIQUES ET DES DENSITES DE SEMIS SUR L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU EN RENDEMENT EN GRAINS ET EN RENDEMENT BIOLOGIQUE

L'efficacité d'utilisation de l'eau en rendement biologique (EUEb)

L'EUEb la plus élevée (6.27 kg/m³) est observée sous le régime hydrique irrigué I2 (40% RU) (figure 5).

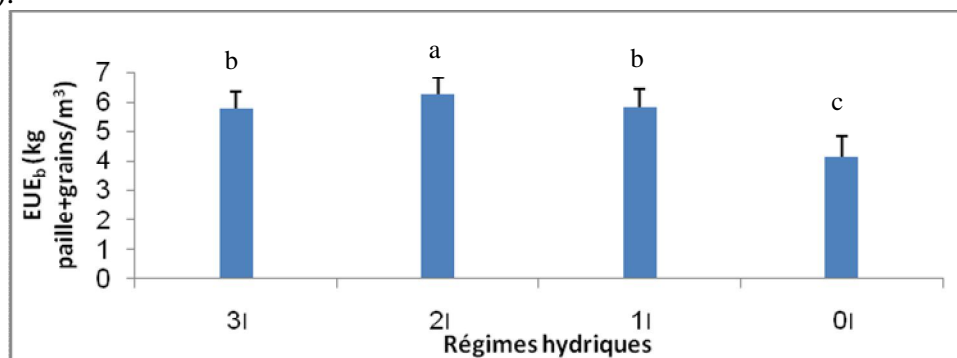


Figure 5 : Variation de l'Efficiency de l'Utilisation de l'Eau pour le rendement biologique (EUEb) en fonction des régimes hydriques.

La densité de semis tend à augmenter l'EUEb pour atteindre un maximum de 5.7 kg de biomasse/m³ sous D5 (450 grains/m²). Toutefois, la réduction a été significative sous D3.

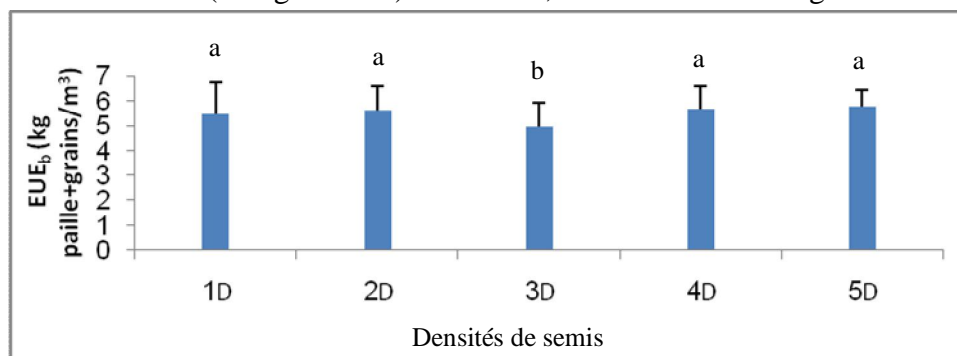


Figure 6 : Variation de l'Efficiency de l'Utilisation de l'Eau biologique (EUEb) en fonction des densités de semis

L'efficacité d'utilisation de l'eau en rendement en grains (EUEg)

L'EUEg est plus élevée en irrigué qu'en pluvial (I0). Au sein des régimes irrigués, l'EUEg est plus élevée sous le régime hydrique I2 (40% RU). Ces résultats confirment ceux trouvés par Hong-Yong et al. (2006) qui suggèrent que des quantités additionnelles d'irrigation peuvent diminuer l'EUEg (figure 7).

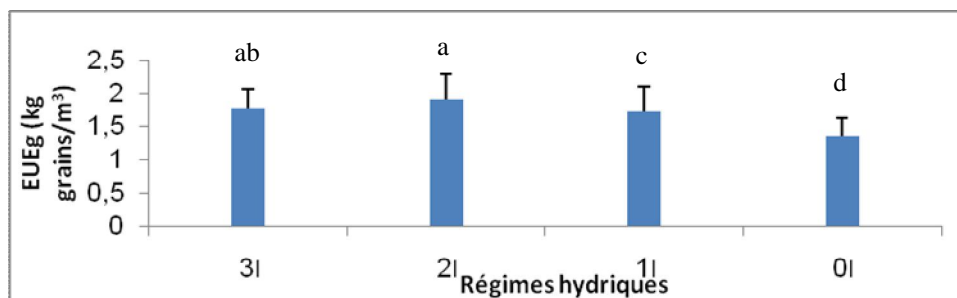


Figure 7 : Variation de l'Efficiency d'Utilisation de l'Eau (kg grains/m³) en fonction des régimes hydriques.

Une diminution d'environ 12% de l'EUEg est enregistrée lorsqu'on passe de la densité la plus faible D1 (250 grains/m²) à la densité moyenne D3 (350 grains/m²). Ces résultats concordent avec ceux de Fang et al. (2010) dont l'augmentation de la densité de semis a engendré une diminution de l'EUEg.

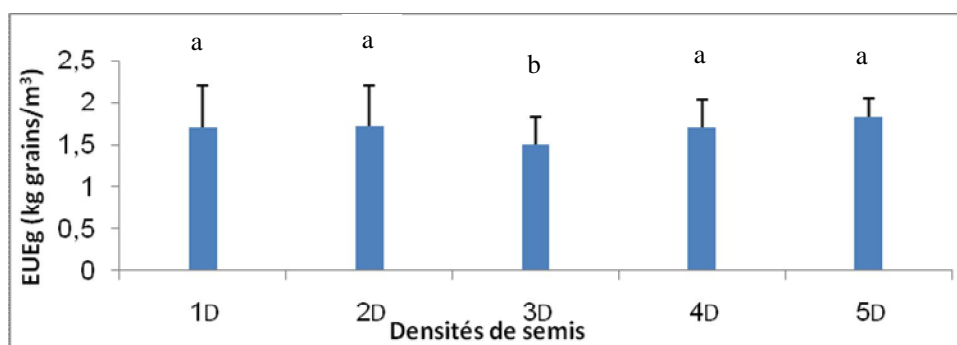


Figure 8 : Variation de l'Efficiency d'Utilisation de l'Eau (EUEg) en fonction des densités de semis.

CONCLUSION

D'après ce travail on peut dégager que :

- L'irrigation de complément améliore significativement les rendements en grains et biologique.
- Comparativement au régime pluvial (I0), l'apport d'eau a augmenté l'EUE en grains (EUEg) et biologique (EUEb). L'amélioration la plus sensible a été observée sous le régime hydrique I2 (40 % RU).
- la densité de semis améliore le rendement en grains, le rendement biologique, l'EUEb et l'EUEg atteignent des valeurs moyennes maximales sous D5.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Dong B., Shi L., Qiao Y., Liu M., Zhang Z., “Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivar under different water regimes“. Agricultural water Management, **2011**, 99, 103-110.

Fang Y., Xu B., Turner NC., Li FM., “Grain yield, dry matter accumulation and remobilization, and root respiration in winter wheat as affected by seeding rate and root pruning“. European Journal of Agronomy, **2010**, 33, 257-266.

Hong-Yong S., Chang-Ming L., Xi-Ying Zhang., Yan-Jun S., Yong-Qiang Z., “Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain“. Agricultural water Management, **2006**, 85, 2

Efficiencia técnica y productividad de l'eau sur le blé dur irrigué en Tunisie

Asma Lasram¹, Mohamed Moncef Masmoudi², Netij Ben Mechlia²

(1) ISA Chott Mariem BP 47, 4042, Sousse.

Email : asmalasram@planet.tn

(2) INAT, 43 avenue Charles Nicolle 1082, Tunis.

RESUME

Dans les périmètres irrigués, les contraintes à l'intensification sont principalement liées à la mauvaise gestion des techniques culturales. La fertilisation a souvent été étudiée comme facteur principale en marginalisant les autres. L'objectif de ce travail est l'estimation de l'effet de certaines pratiques culturales sur la limitation de la productivité de l'eau dans les périmètres irrigués bien fertilisés. Le support de cette analyse est une base de données recueillie à partir du suivi de parcelles dans neuf gouvernorats et pendant plusieurs campagnes culturales. L'analyse effectuée sur 350 exploitations montre que la productivité de l'eau (WP) moyenne représente 50% de la valeur potentielle à cause des mauvaises pratiques culturales autres que la fertilisation. La monoculture, le retard de la date de semis et du désherbage, le non recours au labour profond et le mode d'irrigation sont en partie à l'origine de ce gap.

Mots clés : blé dur, productivité de l'eau, pratiques culturales.

INTRODUCTION

L'optimisation de la productivité de l'eau dans les périmètres irrigués tunisiens peut aider à affronter deux futurs challenges : l'autosuffisance alimentaire et la durabilité des ressources hydriques. La fertilisation, fréquemment étudiée, représente le principal facteur limitant cette productivité (Latiri-Souki et al., 1998 ; Daaloul Bouacha et al. 2014). Toutefois, les contraintes à l'intensification sont aussi liées aux autres pratiques culturales modestement étudiées tel que le travail du sol et la date des interventions agricoles dont les effets sur le rendement semble être indépendants et additifs (Anderson, 2010). Pour une meilleure efficacité à l'échelle nationale, l'analyse de l'impact des pratiques holistiques des agriculteurs s'impose allant au-delà de l'échelle d'une parcelle pendant une saison culturale à des considérations régionale. Dans ce travail nous nous proposons de définir les frontières d'efficacité de la productivité de l'eau (WP) du blé dur réalisable dans les périmètres irrigués tunisiens en fonction des pratiques holistiques des agriculteurs.

MATERIEL ET METHODES

L'analyse est basée sur les données relatives à des campagnes agricoles de 350 agriculteurs réalisées dans les périmètres irrigués durant plusieurs années (1988-2013) dans neuf gouvernorats: Bizerte, Béja, Jendouba, Le Kef, Ariana, Kairouan, Siliana, Kasserine et

Sidi-Bouزيد. Les données récoltées couvrent les aspects climatiques, fertilisation (azotée et phosphatée), pratiques culturales (travail du sol, date, dose et mode de semis, précédant cultural, date de désherbage...), variété, irrigation (mode, quantité d'eau apportée, dates des irrigations, source d'eau), et rendements en grains et pailles. Les semences utilisées sont sélectionnées chez tous les agriculteurs et les niveaux de fertilisations phosphatées et azotées sont élevés et supérieurs respectivement à 100kg N/ha et 70kg P₂O₅/ha. Les données climatiques relatives à ces campagnes agricoles ont été obtenues à partir des bulletins décennaires de l'Institut National de la Météorologie de Tunisie. Pour chaque gouvernorat une station synoptique a été choisie comme source de données pour l'ensemble des agriculteurs appartenant au même gouvernorat. Les stations utilisées sont respectivement celles de Bizerte, Béja, Jendouba, Le Kef, Tunis, Kairouan, Siliana, Thala et Sidi-Bouزيد. Les données climatiques sont les moyennes décennaires des températures maximales et minimales, les durées d'insolation et le cumul décennaire des précipitations. L'évapotranspiration de référence ET₀ est calculée à partir de l'équation FAO Penman-Montheith (Allen et al. 1998). La productivité de l'eau (WP) est déterminée par le rapport entre le rendement en grains et le cumul des précipitations (P) et des irrigations (I) pendant la période d'octobre à mai.

Les frontières d'efficacité sont caractérisées en fragments par la méthode DEA (Data Envelopment Analysis) en utilisant le logiciel R (version 2.11.0). Cette méthode permet de distinguer les points qui correspondent aux maxima de la variable analysée par unité de variable considérée comme input. Plus de détails concernant cette méthode sont présentés par Cooper et al. (2000). Les courbes qui enveloppent l'ensemble des données représentent alors les ajustements statistiques les plus appropriés relatives aux points les plus efficaces.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'efficacité moyenne de la consommation d'eau de toute la population étudiée est de l'ordre de 10 kg ha⁻¹ mm⁻¹, elle représente la moitié de la valeur potentielle des régions méditerranéennes estimée par French et Schultz (1984) et 62% de la valeur maximale réalisable 16kg ha⁻¹mm⁻¹ dans l'échantillon étudié. Ceci montre l'importance des autres pratiques culturales autres que la fertilisation dans l'optimisation de la productivité de l'eau.

La culture maraîchère comme précédent cultural améliore WP par rapport à la jachère (Figure 1). En effet, la fertilisation relativement intensive des cultures maraîchères et la biomasse résiduelle laissée par ces cultures améliorent la fertilité des sols. Cette amélioration peut être estimée de l'ordre de 3kg ha⁻¹ mm⁻¹ par rapport à la productivité relative aux céréales comme précédent cultural. Martiniello (2007) affirme que la monoculture du blé limite la fertilité du sol en réduisant le taux de carbone organique, le taux d'azote et la biomasse microbienne du sol.

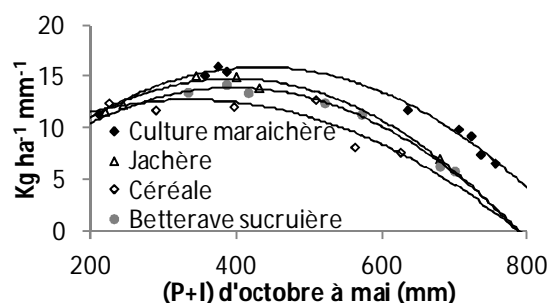


Figure 1 : Productivité de l'eau réalisable en fonction des précédents culturaux.

Le travail du sol permet d'améliorer l'infiltration de l'eau, le volume meuble du sol colonisé par les racines et l'absorption des éléments nutritifs (Guan et al. 2014). Conséquemment WP s'améliore avec un labour profond de l'ordre de $3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (Figure 2). Ce résultat est confirmé par Ali et al. (2013) qui trouve que le travail conventionnel du sol améliore jusqu'à 40% de WP par rapport à un semis direct

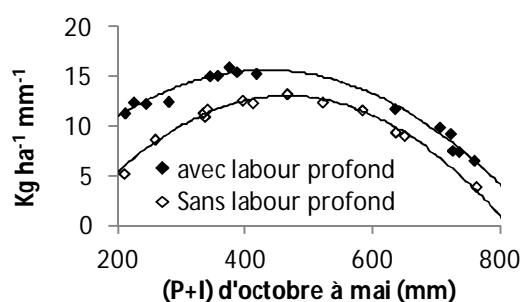


Figure 2 : Productivité de l'eau réalisable en fonction du travail du sol.

WP est optimale quand le semis est effectué pendant la dernière décade de novembre, néanmoins, elle observe une baisse respectivement de l'ordre de $1.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ par semaine de retard à partir de début décembre (Figure 3). Cette baisse est en relation avec l'effet du stress thermique dont le risque d'exposition augmente avec le retard du semis. Une faible densité de semis ($\leq 140 \text{ kg/ha}$) limite également la WP de l'ordre de 25% (Figure 3).

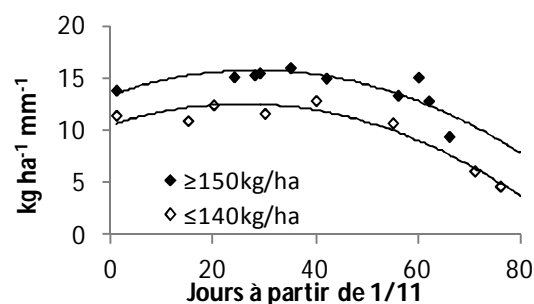


Figure 3 : Productivité de l'eau réalisable en fonction des dates et dose de semis.

On observe également une légère tendance à la baisse de la WP réalisable en fonction du retard de la date de désherbage à partir à peu près du 60^{ème} jour après la date de semis (Figure 4). Cette décroissance est faible car les semences sont sélectionnées. Toutefois, elle s'accroît si le désherbage s'effectue trois mois plus tard que la date de semis de l'ordre de 0,14 kg mm⁻¹ha⁻¹ pour chaque jour de retard.

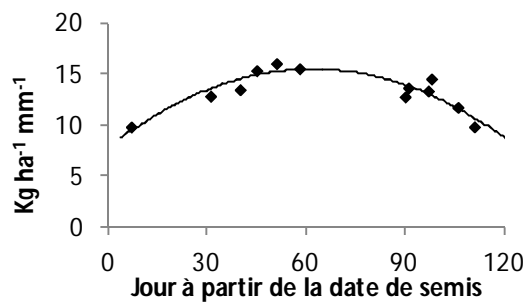


Figure 4 : Productivité de l'eau réalisable en fonction des dates de désherbage.

La productivité de l'eau relative au mode d'irrigation par aspersion est comparable à celle relative au mode goutte à goutte pour les mêmes apports hydriques sous forme d'irrigation et précipitation (Figure 5a). Toutefois pour le même apport relatif sous forme d'irrigation uniquement le mode localisé permet d'augmenter la productivité de l'ordre de 2,5 kg ha⁻¹mm⁻¹ (Figure 5b). Cette amélioration pourrait être attribuée à la limitation des pertes d'eau d'irrigation sous forme d'évaporation.

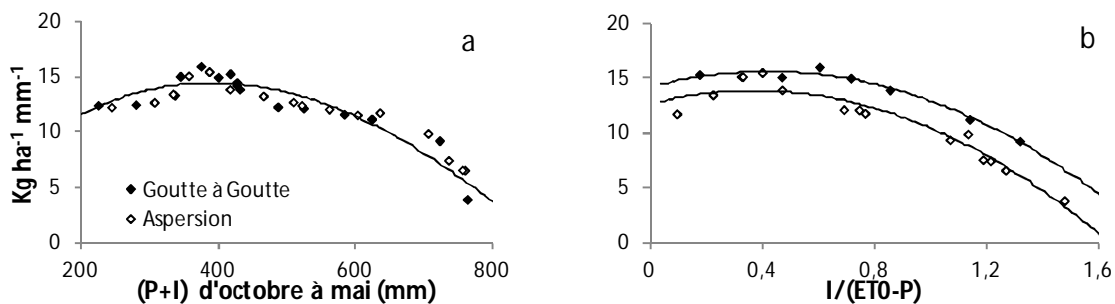


Figure 4 : Productivité de l'eau réalisable pour deux modes d'irrigation en fonction a) du cumul des apports hydriques pendant la période octobre à mai et b) du rapport entre les apports d'irrigation et le déficit climatique pendant la période décembre-mai.

CONCLUSION

Les pratiques autres que la fertilisation ont un effet de même ordre d'importance si ce n'est plus sur la WP. Leur bonne gestion peuvent l'augmenter de l'ordre de 60% jusqu'à la valeur de 16 kg ha⁻¹mm⁻¹, valeur réalisable dans les périmètres irrigués céréaliers bien fertilisés tunisiens. Cette amélioration permet de réduire les apports d'eau d'irrigation notamment dans les zones soumises à une pression croissante d'aridité. La WP s'apprête encore à l'amélioration jusqu'à 20 kg ha⁻¹mm⁻¹ avec une meilleure gestion des irrigations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ali H, Nadeem I, Shakeel A, Ahmad NS, Naeem S. 2013.** Performance of late sown wheat crop under different planting geometries and irrigation regimes in arid climate. *Soil & Tillage Research*, 130, 109-119.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998.** *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome.
- Anderson WK. 2010.** Closing the gap between actual and potential yield of rainfed wheat. The impacts of environment, management and cultivar, *Field Crops Research*, 116, 14-22.
- Cooper WW, Seiford LM, Tone K. 2000.** Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Daaloul Bouacha O., Nouaigui S., Rezgui S. 2014.** [Effects of N and K fertilizers on durum wheat quality in different environments](#), *Journal of Cereal Science*, 59, 9-14.
- French RJ, Schultz JE. 1984.** Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment. I. The relation between yield, water use and climate, *Australian Journal of Agricultural Research*, 35, 743-764.
- Guan D., Al-Kaisi M., Zhang Y., Duan L., Tan W., Zhang M., Li Z. 2014.** Tillage [practices affect biomass and grain yield through regulating root growth, root-bleeding sap and nutrients uptake in summer maize](#), *Field Crops Research*, 157, 89-97.
- Latiri-Souki K, Nortcliff S, Lawlor DW. 1998.** [Nitrogen fertilizer can increase dry matter, grain production and radiation and water use efficiencies for durum wheat under semi-arid conditions](#), *European Journal of Agronomy*, 9, 21-34.
- Martiniello P. 2007.** [Biochemical parameters in a Mediterranean soil as effected by wheat-forage rotation and irrigation](#), *European Journal of Agronomy*, 26, 98-208.
- MARH. 2010.** Annuaire statistique du Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques: http://www.onagri.nat.tn/Act_pro/annuaire/Annu-Stat.htm

Irrigation de complément et efficience de l'utilisation de l'eau de quelques variétés de blé dur cultivées en Tunisie

Dr. Mohsen REZGUI

mohsenrezguig@gmail.com

INRAT, Station de recherche de l'INRAT au Kef, Boulifa, 7119 Kef. Tél/Fax : 78 238 010

RESUME

En Tunisie, la production du blé dur demeure insuffisante et variable d'une région à une autre et d'une année à une autre. Pour atténuer cette variabilité, l'irrigation de complément a été proposée comme alternative d'amélioration et de stabilisation du rendement et de l'efficience d'utilisation de l'eau qui devient de plus en plus sollicitée et onéreuse.

Les résultats indiquent que la variété Maali s'adapte bien à l'irrigation de complément surtout lorsque l'apport d'eau est modéré. Ainsi, l'adéquation entre le choix variétal et le régime hydrique permet de plus que doubler le rendement, d'augmenter l'efficience de l'utilisation de l'eau et de tamponner leurs variations. De même le choix d'un régime hydrique approprié a permis d'économiser l'eau. Ceci pourrait étendre les superficies irriguées avec la même quantité d'eau disponible.

Mots clés : Blé dur, Irrigation de complément, Rendement, Efficience de l'utilisation de l'eau.

ملخص:

يُعتبر إنتاج القمح الصلب في تونس غير كاف ومتغير من منطقة إلى أخرى و من سنة إلى أخرى. للتقليل من حدة هذه التغيرات يمكن أن يساهم اختيار الصنف وطريقة تسيير الري في رفع الإنتاج وتحسين فعالية استعمال الماء الذي أصبح الطلب عليه متزايد ومكلف.

بيّنت النتائج أن الصنف معالي يتأقلم جيدا مع الري التكميلي خصوصا عندما تكون كميات مياه الري معتدلة وتكون السنة ممطرة. وهكذا يسمح حسن اختيار الصنف وطريقة تسيير الري برفع الإنتاجية وفعالية استعمال الماء إلى أكثر من الضعف و الحد من تذبذبها. كما أن طريقة تسيير الري بمتابعة رطوبة التربة مكنت من الاقتصاد في مياه الري التي يمكن أن تستعمل لريّ مساحات مروية إضافية بنفس كمية المياه المتاحة.

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب، الري التكميلي، الإنتاجية، فعالية استعمال الماء.

INTRODUCTION

En Tunisie, la production du blé dur demeure insuffisante et variable d'une région à une autre et d'une année à une autre. Elle est conditionnée en grande partie par l'usage des eaux pluviales (Deghaies et al., 2007) et d'irrigations (Rezgui et al., 2004). Une bonne adéquation entre les potentialités du milieu, les variétés commercialisées, les techniques culturales et les disponibilités en eau pourrait constituer une alternative d'amélioration et de stabilisation des rendements et de l'efficience d'utilisation de l'eau chez cette espèce.

MATERIEL ET METHODES

Protocole expérimental

L'essai a été conduit à l'UEA de l'INRAT au Kef durant trois ans et regroupe 4 régimes hydriques et 3 variétés répétés 3 fois.

Répartition mensuelle et interannuelle des pluies, des températures moyennes et des irrigations

Le tableau 1 indique que la pluie a varié sensiblement entre les mois et les années d'essai. Le maximum pluviométrique a été observé au cours de l'année agricole 2011/2012 et le minimum a été observé l'année suivante avec un cumul pluviométrique durant le cycle cultural (Cc) ne représentant qu'environ la moitié du total annuel (Ta).

Tableau 1 : Répartition mensuelle des pluies (mm) et des températures moyennes enregistrés à la station de l'INRAT au Kef durant la période 2011-2013

		Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Cum. cyc.	Tot. an.	Cc/Ta
2010-11	Tmoy(°C)	21,2	17,2	12,7	9,3	8,2	16,2	10,3	15,5	17,9	22,2	26,5	25,4			
	Pluie (mm)	40,2	56,6	63,2	15,4	48,0	119,4	54,4	40,4	101,4	49,4	7,4	1,0	379,0	596,8	63,5%
2011-12	Tmoy(°C)	22,9	16,5	13,2	8,7	7,4	5,3	10,6	14,1	18,7	27,0	30,7	28,1			
	Pluie (mm)	34,8	118,8	45,2	57,0	88,4	132,2	74,6	45,8	23,0	1,2	41,2	31,2	421,0	693,4	60,7%
2012-13	Tmoy(°C)	22,3	18,8	14,2	8,8	8,1	7,0	12,6	15,3	17,9	21,8	26,0	25,0			
	Pluie (mm)	43,8	57,6	11,0	18,6	33,6	47,4	35,6	21,4	14,2	3,2	10,4	32,0	170,8	328,8	51,9%

L'irrigation de complément a été programmée en fonction de la réserve utile du sol. L'apport a été effectué lorsque la réserve utile descend au dessous de 70%RU, 40%RU et 10%RU. Les apports d'eau d'irrigation sont cumulés par mois et rapportés dans le tableau 2. L'efficience d'utilisation de l'eau (EUEg) a été définie comme étant le rendement en grains divisé par la consommation en eau (pluie + irrigation). Elle est exprimée en kg grains/m³ d'eau (Oweis et Hachum, 2006).

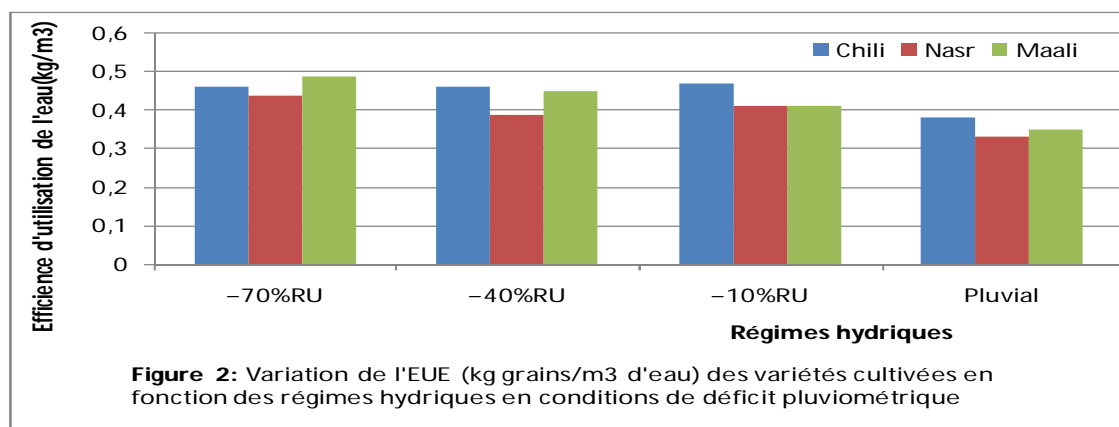
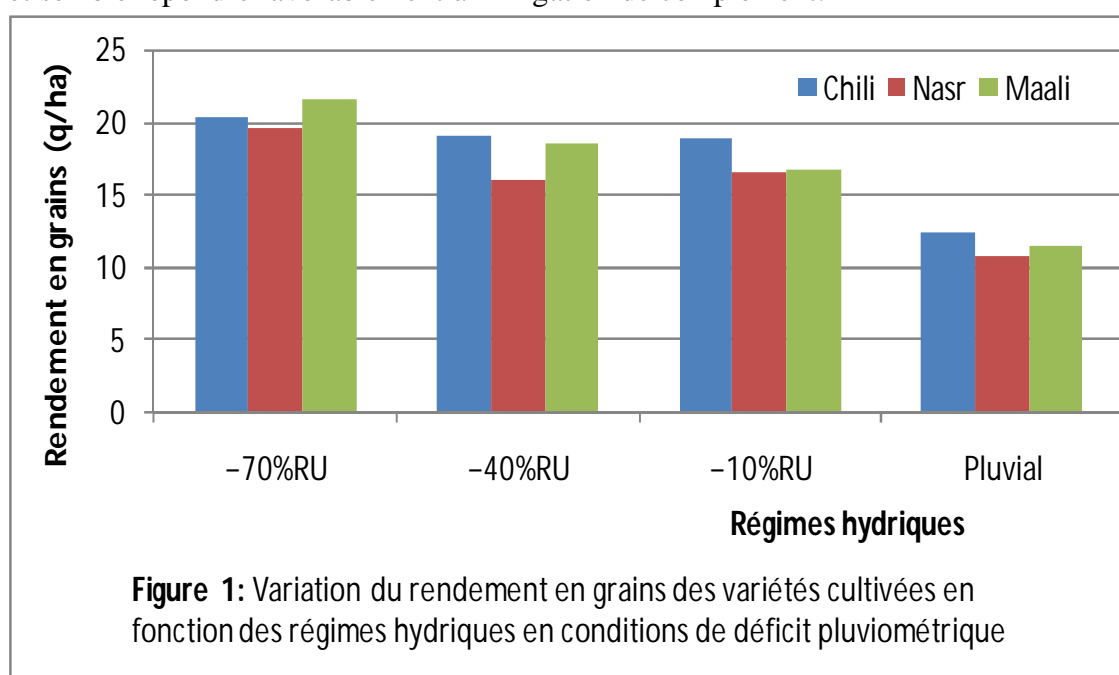
Tableau 2 : Répartition mensuelle des irrigations (mm) sous les régimes hydriques

		Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Total
2010-2011	I3 (70%RU)				10	20	50			40	30			150
	I2 (40%RU)				10	10	20			40				80
	I1 (10%RU)				10		20			40				70
2011-2012	I3 (70%RU)					20	20		20		80			140
	I2 (40%RU)					10					20			30
	I1 (10%RU)					10								10
2012-2013	I3 (70%RU)				10	10	10		25	30	30			115
	I2 (40%RU)				10	10	10		25	30				85
	I1 (10%RU)				10		10		25	30				75

RESULTATS ET DISCUSSION

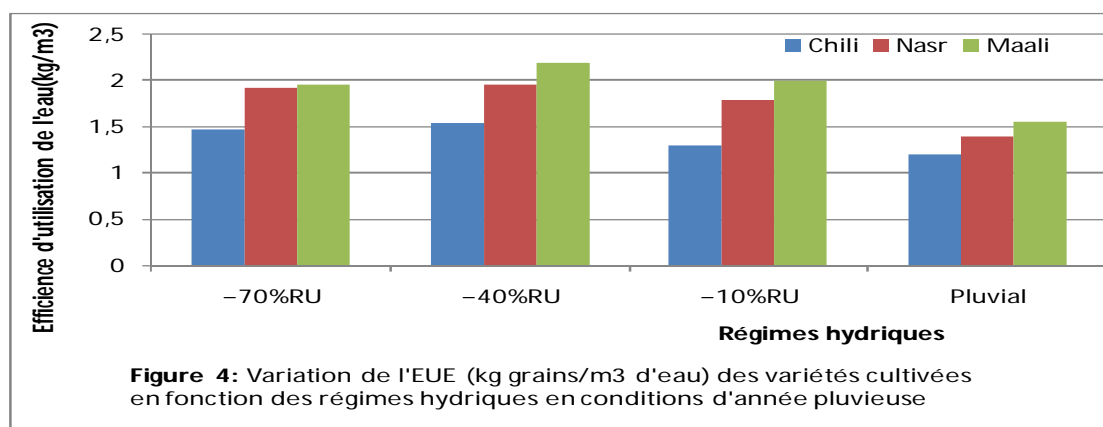
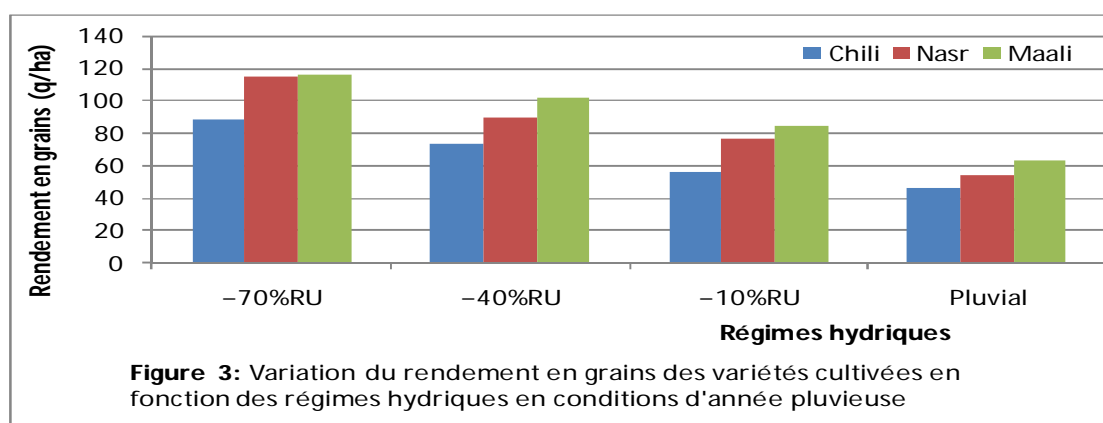
Résultats obtenus en conditions d'année de déficit pluviométrique (2013)

En conditions d'année de déficit pluviométrique (Figure 1), le rendement moyen en pluvial a été de 11,5 qx/ha. L'irrigation de complément a augmenté ce rendement de 84% sous le régime le plus irrigué (-70%RU). L'apport de l'irrigation a été relativement faible suite à l'existence d'un stress thermique qui a limité le rendement (inférieur à 22 q/ha) mais aussi l'EUEg à des valeurs inférieures à 0.50 kg/m³ (Figure 2). En pluvial et sous le traitement le moins irrigué (-10%RU), la variété Chili a donné le rendement et l'EUE les plus élevés. Quant à la variété Maali, elle surpasse les variétés étudiées sous le régime le plus irrigué et semble répondre favorablement à l'irrigation de complément.



Résultats obtenus en conditions d'année pluvieuse (2012)

En conditions d'année pluvieuse, l'irrigation modérée (-40%RU) a amélioré l'EUEg pour dépasser celle du régime hydrique le plus irrigué (70%RU). L'irrigation de complément a augmenté le rendement en grains (Figure 3) et l'EUEg (Figure 4) plus chez la variété Maali que chez les autres variétés étudiées. Quant à la variété Chili, elle s'est montrée la moins efficiente en eau pour le rendement en grains malgré qu'elle ait donné la biomasse la plus élevée.



CONCLUSION

Les résultats indiquent que l'irrigation modérée (40%RU) a amélioré l'efficacité d'utilisation de l'eau pour le rendement en grains par rapport au régime hydrique le plus irrigué (70%RU) et le pluvial.

La variété Maali se montre la plus productive et la plus efficiente en eau sous irrigation de complément et particulièrement en conditions d'année pluvieuse. Sous ces conditions, la variété Nasr présente un comportement intermédiaire au niveau de son rendement et l'efficacité d'utilisation de l'eau. Quant à la variété Chili, elle a manifesté le rendement

en grains le plus faible en conditions d'année pluvieuse et le rendement le plus élevé en conditions de déficit hydrique.

Il en découle, dans les conditions semi-arides de l'essai, qu'il est préférable de conduire la culture sous une irrigation de -40 % RU et d'utiliser la variété Maâli qui a été la plus productive et qui a valorisé mieux l'eau d'irrigation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Deghais M.; M. Kouki; M.S. Gharbi et M. El Felah 2007. Les variétés des céréales cultivées en Tunisie. Ed. INRAT, Ministère de l'Agriculture, Tunisie, 445p, 2007.

Oweis T. et Hachum A. 2006. From water use efficiency to water productivity: Issues of Research and Development. P13-36. In: AARINENA Water use efficiency Network. Edts Hamdan I.; Oweis T. And G. Hamdallah. ICARDA, Aleppo, Syria 26-27 novembre 2006.

Rezgui M., A. Zaïri, E. Bizid et N. Ben Mechlia 2005. Consommation et efficacité d'utilisation de l'eau chez le blé dur cultivé en pluvial et en irrigué en Tunisie. Cahiers Agricultures, 14, 4 p. 391-398.

Efficiences techniques de l'utilisation De l'eau d'irrigation en milieu semi-aride

EL AMRI Asma⁽¹⁾, M'SADAK Youssef⁽¹⁾; MAJDOUB Rajouene⁽¹⁾, BEN AYED Sami⁽²⁾

(1)Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel. Université de Sousse. Institut Supérieur Agronomique, BP 47, 4042 Chott Mariem, Sousse, Tunisie

(2)Arrondissement Exploitation des Périmètres Publics Irrigués. Commissariat Régional au Développement Agricole. Cité Sidi Messaoud, 5100 Mahdia, Tunisie

RESUME

Cette contribution se propose d'étudier l'évaluation de l'efficacité hydraulique et agronomique de l'eau d'irrigation au niveau d'un périmètre public irrigué, réhabilité en 2005, dans le gouvernorat de Kairouan. Basée sur l'analyse de divers paramètres techniques d'efficacité (taux d'utilisation des ressources hydriques allouées, efficacité de distribution, taux d'équipement en matériel d'économie d'eau, taux d'intensification agricole, taux de satisfaction des cultures et efficacité agronomique), elle a permis de dégager que le réseau hydraulique n'est pas contraignant quant à la valorisation de ce périmètre sur les plans équipement et fonctionnement. L'efficacité du réseau, estimée à 95%, a assuré une réduction relativement remarquable du taux des pertes d'eau et a permis d'assurer un taux de satisfaction des besoins en eau des cultures de l'ordre de 85% avec un taux d'intensification agricole moyen dépassant 80%. Sur le plan efficacité agronomique de l'utilisation de l'eau d'irrigation, les cultures céréalières ainsi que le piment ont présenté les efficacités techniques les plus faibles. Il s'agit de 0,97 pour l'orge, 0,80 pour le blé et 0,70 kg/m³ pour le piment. Cependant, l'oignon et la fève ont dévoilé une efficacité de conversion de l'eau largement meilleure, enregistrant 7,40 et 7,20 kg/m³, de façon respective.

Mots clés: Systèmes irrigués, Réseau hydraulique, Efficacité de l'eau, Indicateurs de performance, Semi-aride Tunisien.

ملخص:

تتطرق هذه المساهمة إلى تقييم الكفاءة الهيدروليكية والزراعية لمياه الري المخصصة للمنطقة السقوية العمومية التي وقع إعادة تأهيلها سنة 2005 بجهة القيروان. استنادا إلى تحليل عدة معايير فنية لكفاءة وفعالية استخدام الموارد المائية (نسبة استهلاك المياه المخصصة للمنطقة، نجاعة توزيع المياه، معدل استخدام المعدات المقتصدة للمياه، معدل التكثيف الزراعي، معدل تلبية الاحتياجات المائية للمحاصيل والكفاءة الزراعية). اتضح أن شبكة الري التي وقع تجديدها مجهزة و تشتغل بشكل جيد حيث أن كفاءتها قدرت ب 95%، مما أدى إلى انخفاض نسبي ملحوظ في معدل الخسائر المائية وساعد على ضمان تلبية 85% من الاحتياجات المائية للمحاصيل بمعدل تكثيف زراعي عام يتجاوز 80%. هذا وعلى مستوى النجاعة الزراعية في استخدام مياه الري، فإن الحبوب والفلل اظهروا أدنى الكفاءات التقنية بنسبة 0.97 للشعير، 0.80 للقمح و 0.70 كغ/م³ للفلل في حين أن البصل والفول سجلا نسب أفضل بكثير قدرت ب 7.40 بالنسبة للبصل و 7.20 كغ/م³ للفول.

الكلمات المفتاحية: نظم الري، شبكة هيدروليكية، فعالية الاستخدام للمياه، مؤشرات الأداء، الشبه الجاف التونسي.

INTRODUCTION

Dans les pays du pourtour méditerranéen, les ressources en eau sont limitées et inégalement réparties dans l'espace et dans le temps, les pays de la rive Sud ne sont dotés que de 10% du total. Près de 180 millions de personnes sont en situation de stress hydrique ($< 1000 \text{ m}^3/\text{hab./an}$) dont 60 millions en situation de pénurie ($< 500 \text{ m}^3/\text{hab./an}$) et 20 millions de Méditerranéens n'ont pas accès à l'eau potable, notamment dans les pays au Sud et à l'Est (Blinda, 2009).

En Afrique du Nord, la ressource en eau constitue le facteur majeur limitant le développement agricole, économique et social. En effet, l'environnement physique dans cette région est caractérisé par une pluviométrie faible, aléatoire et agressive, et des sols généralement peu productifs et une couverture végétale très éparse (Mrabet, 2001). La Tunisie est confrontée aux problèmes de pénurie d'eau et certaines de ses régions sont de plus en plus soumises à des restrictions d'eau. Les fortes pertes d'eau causées par le mauvais état des réseaux collectifs d'irrigation, les techniques d'irrigation adoptées, et l'absence de tradition de l'irrigation sous pression chez plusieurs exploitants (Louati, 2008) posaient une problématique grave et incitait l'Etat à établir une politique de modernisation des Périmètres Publics Irrigués (PPI) dans le cadre d'une stratégie nationale d'économie d'eau (MARE-DGGRRE, 2007).

Pour le secteur agricole, les mesures de gestion de la demande en eau représentent un intérêt économique pour l'irrigant, lui permettant de sécuriser ses apports d'eau, voire de les augmenter. Des volumes annuels conséquents peuvent être dégagés grâce à la réduction des pertes dans les réseaux de distribution et à la modernisation des modes d'irrigation à la parcelle (Blinda, 2012). Pour faire suite aux efforts de modernisation et des politiques hydrauliques appliquées, le diagnostic de fonctionnement et l'analyse des performances hydrauliques et agronomiques des PPI réhabilités vont permettre de : i) préciser si les objectifs de valorisation et d'économie de l'eau visés par l'Etat ont été atteints, ii) analyser l'évolution de leur état pour dégager les défaillances et les problèmes en vue d'atteindre des performances meilleures. La présente étude concerne particulièrement le PPI Zaafrana II situé dans le gouvernorat de Kairouan (Tunisie Centrale), aménagé en 1964 et réhabilité en 2005. Elle se propose, à partir d'un ensemble des paramètres de performance, de conduire un diagnostic et une analyse concernant l'exploitation des ressources et des infrastructures hydrauliques, la mise en valeur agricole et l'efficacité agronomique de l'eau d'irrigation.

MATERIEL ET METHODES

Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude Zaafrana II est situé à 14 km, à vol d'oiseau, du centre de la délégation de Bouhajla. Ce périmètre fait partie du bioclimat aride supérieur, à hiver tempéré. Le système de production pratiqué est basé essentiellement sur les grandes cultures (céréales et fourrages) qui occupent 85% de la superficie. L'olivier à huile occupe 15% et les cultures

pratiquées sont généralement saisonnières. L'assolement pratiqué par les exploitants est biennal ou triennal.

Le périmètre est alimenté à partir du forage de Zaafrana II de salinité 2,7 g/l et de pH pratiquement neutre de 6,8. L'eau est transportée de la source jusqu'aux bornes d'irrigation par un réseau sous pression qui alimente trois secteurs A (22 bornes) d'irrigation), B (17 bornes) et C (13 bornes) de superficie respective, 52, 51 et 42 ha. La distribution aux trois secteurs est à la demande alors que la distribution à l'intérieur du secteur est au tour d'eau. A la parcelle, les modes d'irrigation adoptés sont la goutte à goutte, l'aspersion et le gravitaire amélioré.

Diagnostic de l'exploitation des ressources et des infrastructures

Outre l'amélioration de l'efficacité de l'eau des plantes par le progrès génétique, des marges de progrès sont possibles en recherchant une meilleure maîtrise des pertes d'eau et une meilleure efficacité de l'eau à tous les niveaux. A cet égard, on distingue généralement trois niveaux : l'efficacité du transport, l'efficacité de la distribution et l'efficacité de l'application (Granier et Deumier, 2013).

Le diagnostic et l'analyse de fonctionnement du périmètre ont été effectués en s'appuyant sur une enquête accomplie auprès des agriculteurs et sur des indicateurs de performance se ramenant : i) au niveau de l'exploitation des ressources hydriques disponibles et de l'infrastructure hydraulique mise en place, ii) au niveau de la mise en valeur agricole et iii) au niveau socio-économique. Six indicateurs d'efficacité (Tableau 1), caractéristiques surtout du mode de fonctionnement des systèmes d'irrigation et de la qualité de gestion de l'eau (Louhichi, 1999), ont été retenus lors de cette étude.

Tableau 1 : Indicateurs de performance utilisés

Indicateur	Expression
Taux d'équipement en matériel d'économie d'eau	$Te (\%) = (S_{equip} / S) \times 100$
Taux d'utilisation des ressources hydriques allouées	$Tu (\%) = (Vp / Vdisp) \times 100$
Efficacité de distribution de l'eau	$Ed (\%) = (Vdist / Vp) \times 100$
Taux d'intensification agricole	$Ti (\%) = (Scult / Sirrig) \times 100$
Taux de satisfaction des cultures	$Ts (\%) = (Vdist / Vth) \times 100$
Efficacité agronomique de l'eau d'irrigation	$Ea (kg / m^3) = Rt / C_{eau}$

Avec V_p , V_{disp} , V_{dist} : volumes pompé, disponible et distribué, respectivement. S_{equip} : superficie équipée en matériel d'économie d'eau, S : superficie totale, S_{cult} : superficie cultivée en irrigué, S_{irrig} : superficie irrigable du périmètre, V_{th} : volume théorique, R_t : rendement moyen de la culture, C_{eau} : quantité d'eau consommée par hectare cultivé.

Un autre paramètre, non considéré lors de cette étude, mérite d'être relevé lors des prochaines investigations. Il s'agit de l'efficacité de l'application qui exprime le volume d'eau disponible pour la plante par rapport au volume d'eau fourni par le matériel d'irrigation

(Granier et Deumier, 2013). Elle tient compte de l'eau perdue dans l'atmosphère, avant d'atteindre la culture et celle perdue par drainage ou ruissellement.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Aboutissements de l'enquête

Les interviews réalisées auprès des exploitants ont révélé que la majorité des agriculteurs est consciente et satisfaite de l'intérêt de la réhabilitation. Cependant, l'encadrement et la vulgarisation assurés par l'État sont jugés insuffisants, par manque de personnel spécialisé et des moyens mis à la disposition de la vulgarisation. De plus, le niveau non satisfaisant de technicité et le faible moyen financier de la plupart des agriculteurs les rendent incapables d'introduire les nouvelles cultures, et la qualité de l'eau qui est relativement chargée n'encourage pas d'entreprendre des cultures à haute valeur ajoutée. A propos des crédits bancaires, ces derniers sont contrariés par l'état foncier de plusieurs parcelles non enregistrées sur le plan cadastral, ce qui crée des contraintes pour la mise en service.

FONCTIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION

Infrastructures hydrauliques et efficacité de distribution

Au départ, l'examen des infrastructures hydrauliques aménagées au niveau du périmètre (station de pompage, réservoirs, etc.) ne montre pas d'anomalies apparentes, à l'exception du réservoir de stockage présentant des fissures et des conduites brisées. Les infrastructures aménagées ont permis d'exploiter, en 2008/2009, 98% des quantités d'eau allouées. L'exploitation des ressources en eau était inférieure à 5% avant la réhabilitation (Figure1). L'efficacité du réseau de distribution est bonne aussi bien avant qu'après réhabilitation, durant la période 2002-2009. Toutefois, la bonne efficacité observée avant la réhabilitation (Figure 1) pourrait s'expliquer par les faibles débits pompés et distribués ainsi que par l'absence des systèmes de comptage d'eau.

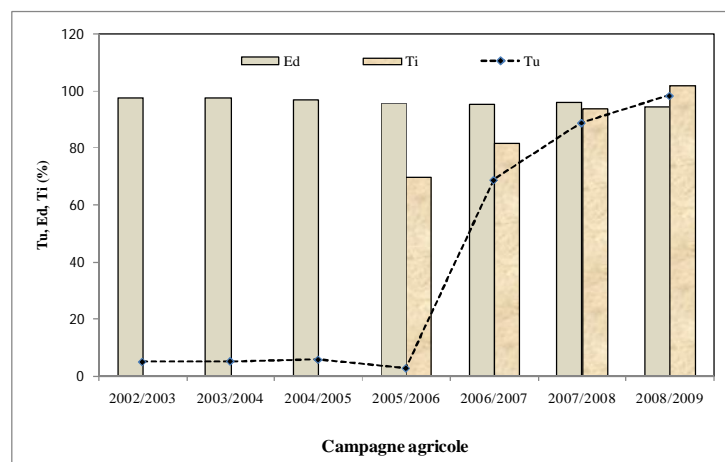


Figure 1 : Variation des taux d'utilisation des ressources, de l'efficacité de distribution et de l'intensification agricole

Conversion en techniques économes en eau

Le taux d'équipement total en matériel d'économie d'eau du périmètre est élevé (85%); soit 46% pour l'aspersion et 39% pour le goutte à goutte. Ce taux dépasse l'objectif fixé (75%), ce qui prouve que le périmètre d'étude est bien équipé. Quoique, malgré l'expansion rapide, générée par la réhabilitation, du système d'irrigation goutte à goutte et malgré les incitations financières accordées par l'Etat pour encourager les agriculteurs à adopter cette technique, cette dernière a connu un développement bien moindre que l'aspersion. Cette situation pourrait s'expliquer par les moyens financiers limités de la plupart des agriculteurs, le manque de technicité et l'insuffisance de l'encadrement technique.

MISE EN VALEUR DU PERIMETRE

Intensification agricole

La variation du taux d'intensification agricole illustré sur la figure 1 montre une exploitation faible avec un taux de 70% au début de la réhabilitation durant la campagne 2005/2006 qui a évolué linéairement d'une année à l'autre pour atteindre 102% durant la campagne 2008/2009 et en assurant un taux de satisfaction moyen des besoins en eau d'irrigation de l'ordre de 85%.

Diagnostic socio-économique

Le diagnostic socio-économique a porté particulièrement sur l'efficacité agronomique de l'eau d'irrigation (E_a) pour l'ensemble des cultures, durant la période 2005-2009. Les coefficients les plus élevés sont ceux de l'oignon ($7,4 \text{ kg/m}^3$) et de la fève verte ($7,2 \text{ kg/m}^3$); par contre, les cultures ayant les plus faibles efficacités techniques sont le piment et les céréales ($<1 \text{ kg/m}^3$) (Tableau 2).

Tableau 2 : Productivité de l'eau d'irrigation

	Orge	Blé	Olivier	Fève	Oignon	Melon	Pastèque	Piment
$C_{eau}(\text{m}^3/\text{ha})$	3096,5	3716,5	3683,8	1674,6	2434	7664	6870,8	9863
$R_t(\text{kg}/\text{ha})$	3000	3000	4000	12000	18000	25000	30000	7000
$E_a(\text{kg}/\text{m}^3)$	0,97	0,8	1,1	7,2	7,4	3,3	4,4	0,7

Selon Benbella et al (2003), la valorisation de l'irrigation des céréales passe par l'adoption de nouvelles techniques permettant une utilisation rationnelle de l'eau. L'irrigation d'appoint est l'une de ces techniques. Le choix de l'époque d'apport et de la dose d'arrosage permet non seulement une économie de l'eau, mais réduit aussi le risque de pertes de fertilisants par lessivage, principalement les nitrates, en sols filtrants. Cette technique, contribue par ailleurs à stabiliser le rendement grain des céréales. L'effet bénéfique dû à l'irrigation de complément sur le rendement est indiscutable, le gain de rendement varie, selon l'époque d'apport,

de 19 à 90% (Belbsir, 1990). Le tallage est considéré par Lahlou (1989) comme étant l'époque d'apport la plus appropriée, alors que Boutfirass (1990) trouve que l'épiaison est le moment le plus adéquat. La divergence notée entre auteurs trouverait son explication dans les conditions climatiques propres à chaque essai.

CONCLUSION

Les résultats de l'étude ont démontré que le réseau hydraulique est convenablement équipé et fonctionne avec une efficacité de l'ordre de 95%. Le taux de satisfaction des besoins en eau des cultures assuré par le réseau est évalué à 85%. Le bon fonctionnement du réseau a amené à augmenter le taux d'intensification qui a dépassé 100% et à orienter les agriculteurs à pratiquer les techniques d'économie d'eau. Le premier rang est réservé à l'aspersion et le deuxième est consacré à la goutte à goutte. Les céréales ainsi que le piment ont présenté des efficacités techniques insuffisantes de l'utilisation de l'eau. L'oignon et la fève sont des cultures méritant d'être admises davantage dans le périmètre, étant donné leur bonne efficacité de conversion de l'eau. Compte tenu des gains d'efficacité possibles, il convient de décortiquer davantage tous les aspects pouvant contribuer à une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau (de la source à la parcelle) lors des études ultérieures, tout en mettant l'accent sur la nécessité d'une meilleure gestion de l'eau dans les différents usages agricoles et la prise de conscience des volumes d'eau actuellement perdus ou gaspillés. Par ailleurs, les performances énergétiques des systèmes d'irrigation doivent aussi être analysées en distinguant l'énergie nécessaire pour mobiliser la ressource en eau, et l'amener au niveau de la parcelle (station de pompage et réseau d'amenée), ainsi que l'énergie nécessaire pour appliquer l'eau et la répartir sur l'ensemble des cultures (matériel d'irrigation à la parcelle).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BELBSIR A., 1990 :Irrigation d'appoint et efficacité d'utilisation de l'eau en zone semi-aride- Cas du blé. Mémoire de 3ème cycle, IAV Hassan II. Rabat, Maroc, 143 p.
- BENBELLA M., EL MIDAOU M., ERRACHIDI Y. A., 2003 :Valorisation de l'eau d'irrigationde complément chez le blé. Revue H.T.E. N°127 - Septembre/Décembre 2003 : pp 21-24.
- BLINDA M., 2009 : Stratégie méditerranéenne pour le développement durable- Efficacité d'utilisation de l'eau. Rapport de synthèse, Plan Bleu, Centre d'Activités Régionales, Sophia Antipolis, Mai 2009, 58 p.
- BLINDA M., 2012 : Vers une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau en Méditerranée. Cahier 14, Plan Bleu, Centre d'Activités Régionales du PNUE/PAM, Novembre 2012, 44 p.
- BOUTFIRASS M., 1990 : Irrigation d'appoint et efficacité d'utilisation de l'eau chez les céréales- Cas du blé tendre. Mémoire de 3ème cycle, IAV Hassan II. Rabat, Maroc, 148 p.
- GRANIER J., DEUMIER J.M., 2013 : Efficacité hydraulique et énergétique- Les nouveaux critèresde performances pour les systèmes d'irrigation du futur. Revue Sciences Eaux & Territoires n°11, 2013 : pp 30-35.
- LAHLOU O., 1989 : Irrigation d'appoint et efficacité d'utilisation de l'eau en zone semi aride- Cas du blé tendre.Mémoire de 3ème cycle, IAV Hassan II. Rabat, Maroc, 138 p.

LOUHICHI K., 1999 : Amélioration de l'efficience de l'irrigation pour une économie d'eau : Cas d'un périmètre irrigué en Tunisie, Plan d'action pour la méditerranée, CIHEAM-IAMM, 59 p.

LOUATI M.H., 2008 : Stratégie méditerranéenne pour le développement durable, Efficience d'utilisation de l'eau, Étude Nationale de Tunisie. Plan Bleu, 17p.

Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Eau, Direction Générale du Génie Rural et des Ressources en Eau (MARE-DGGRRE), 2007 : Rapport de préparation du projet d'investissement dans le secteur de l'eau, Tunisie, 25p.

MRABET R., 2001 : Le semis direct- Potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du Nord. Centre de Développement Sous-Régional pour l'Afrique du Nord (CDSR), Tanger, Maroc, Décembre 2001, 34 p.

La cécidomyie du blé *Mayetiola destructor* (Diptera: Cecidomyiidae): distribution des infestations et importance des dégâts

Amira Cherif (1,2), Jouda Mediouni Ben Jemâa (1)

1: Laboratoire de Biotechnologie Appliquée à l'Agriculture, INRAT

2: Institut National Agronomique de Tunisie

RESUME

Historiquement, la production céréalière a toujours été une composante importante de l'agriculture Tunisienne. Les rendements céréaliers sont sujets à d'importantes fluctuations compte tenu des variabilités interannuelles de la pluviométrie, des déficits hydriques saisonniers et des autres facteurs abiotiques et biotiques. Parmi les principaux ravageurs inféodés aux céréales les cécidomyies occupent une place importante. La cécidomyie du blé ou mouche de Hesse *M. destructor* est un ravageur redoutable sur blé dur, blé tendre et orge. Bien que présent dans toutes les zones céréalières du pays, les infestations les plus élevées sont observées dans les régions du semi-aride. Ce travail a pour objectifs d'étudier la distribution des infestations de *M. destructor* selon les trois espèces céréalières ainsi que l'importance des dégâts causés par cet insecte dans les deux régions du Kef et de Zaghouan.

Les résultats ont montré que dans les deux sites d'étude, l'infestation varie comme suit orge> blé dur> blé tendre. Les taux respectifs pour la région du Kef étaient de 21,15; 8,38 et 7,40%. Pour la région de Zaghouan, les taux d'infestation étaient de 19,57; 11,56 et 11,36%. En outre, la sévérité des attaques la plus importante a été aussi observée sur orge. Les taux de sévérité étaient de 208,79 et 122,5% respectivement au Kef et à Zaghouan.

Mots clés: Mouche de Hesse, *Mayetiola destructor*, infestation, dégâts, blé, orge.

ملخص:

تعتبر زراعة الحبوب من المقومات الأساسية للفلاحة التونسية. تتعرض المحاصيل الزراعية للحبوب إلى تغيرات جـراء الاختلافات السنوية لكمية الأمطار، نقص الموارد المائية و العديد من العوامل الحيوية و الغير الحيوية. من أهم الآفات الحشرية التي تصيب الحبوب نجد ذبابة هس التي تمثل آفة خطيرة على القمح الصلب، القمح اللين والشعير. ورغم انتشارها بمختلف مناطق زراعة الحبوب، تكثر الإصابات في المناطق الشبه الجافة للبلاد يهدف هذا العمل إلى دراسة توزيع إصابات ذبابة هس حسب أنواع الحبوب (القمح الصلب و اللين والشعير) إضافة إلى دراسة أهمية الإصابات في جهتي الكاف و زغوان.

بيّنت النتائج أنّ أهمية الإصابة تختلف كما يلي: الشعير < القمح الصلب < القمح اللين. بالنسبة لجهة الكاف كانت الإصابة كما يلي: 21,15; 8,38 و 40,7%. أمّا بالنسبة لجهة الزغوان بلغت نسب الإصابة كالتالي: 19,57; 11,56 و 11,36%. من جهة أخرى لوحظت أعلى نسبة إصابة على الشعير، فقد بلغت نسب خطورة الإصابات 208,79 و 122,5% على التوالي في جهتي الكاف و زغوان.

الكلمات المفتاحية: ذبابة هس، إصابة، أضرار، قمح، شعير

INTRODUCTION

Les céréales et leurs dérivés constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. Ils occupent, à l'échelle mondiale, une place primordiale dans les programmes de recherche agricole. En Tunisie, cette place est d'autant plus importante que le pays veut atteindre une production stable de céréales, en particulier pour le blé dur et l'orge. La céréaliculture tunisienne est étroitement dépendante des changements climatiques, vu que la majorité des emblavures des céréales sont en mode pluvial. En outre, ces cultures sont attaquées chaque année par un grand nombre de ravageurs qui déprécient les rendements et limitent le potentiel de production. Les cécidomyies des céréales sont considérées parmi les principaux ravageurs du blé et de l'orge dans la plupart des régions céréalières du monde. Ces ravageurs engendrent des dégâts considérables sur les cultures. La cécidomyie du blé ou la mouche de Hesse *Mayetiola destructor* (Say) est reconnue comme étant très nuisible pour la culture du blé et de l'orge (Byers et Gallon, 1972, Lhaloui et al., 1988). Dans le présent travail, des prospections ont été effectuées dans deux régions céréalières du Nord Tunisien afin d'évaluer les niveaux d'infestation et de sévérité des attaques de la mouche de Hesse.

MATERIEL ET METHODES

L'étude de la répartition des infestations a été réalisée dans deux régions de production céréalière appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride du Nord Tunisien: Kef et Zaghouan, durant la campagne 2013. La répartition des champs prospectés selon les trois espèces céréalières est portée par le tableau 1. Les champs sont espacés de 5 km.

Tableau 1 : Nombre de champs de céréales prospectés dans les deux régions d'étude

Région	Nombre de champs prospectés			
	Blé dur	Blé Tendre	Orge	Total
Kef	8	5	11	24
Zaghouan	10	7	14	31

Un échantillon de 50 plantes a été prélevé de chaque champ. Le travail commence par le comptage du nombre total des talles dans chaque échantillon. Par la suite, nous déterminons le nombre de talles infestées. Ensuite, nous procédons au comptage des différents stades de cécidomyies présents (larves, pupes et adultes). Les niveaux d'attaque sont calculés en pourcentage de tiges infestées par rapport aux tiges totales (H. Ben Salah et al., 1993).

RESULTATS

Pourcentage d'attaques: Les résultats montrent que la totalité des champs de blé dur, blé tendre et d'orge inspectés dans les régions de Kef et Zaghouan sont infestés par la mouche de Hesse.

Taux d'infestation: Les résultats des taux d'infestation des différentes espèces de céréales sont portés dans le tableau 2.

Tableau 2: Infestation(%) par la mouche de Hesse selon les différentes espèces de céréales

Région	Taux d'infestation (%)		
	Blé dur	Blé tendre	Orge
Kef	8,38±9,23	7,4±7,57	21,15±18,86
Zaghouan	11,56±14,85	11,36±5,17	19,57±10,13

Pour les deux régions, les résultats montrent que l'orge est l'espèce la plus attaquée, suivie par le blé dur puis par le blé tendre. En effet, dans la région du Kef, les taux respectifs d'infestation étaient de 21,15% pour l'orge ; 8,38% pour le blé dur et 7,4% pour le blé tendre. Dans la région de Zaghouan, les taux d'infestation de l'orge, blé dur et blé tendre étaient respectivement de 19,57, 11,56 et 11,36%.

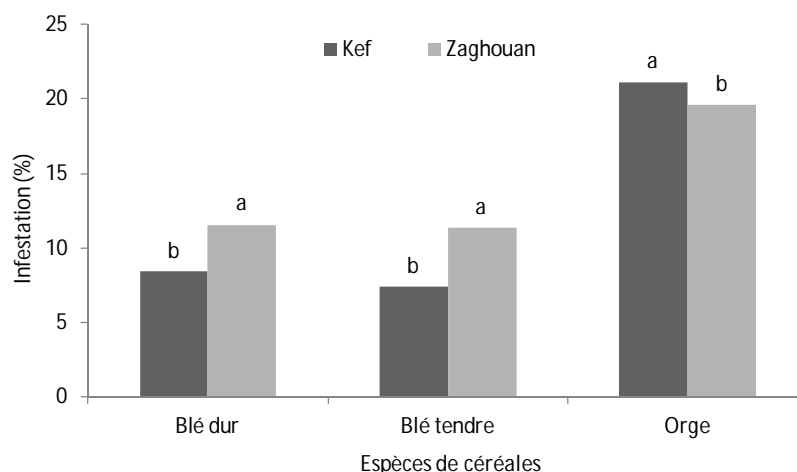


Figure 1: Comparaison des niveaux d'infestation entre les régions

La comparaison des taux d'infestation entre les deux régions montre que les champs d'orge dans la région du Kef présentent des pourcentages d'infestation plus élevés que ceux dans la région de Zaghouan. Par contre pour le blé, le taux d'infestation dans la région du Kef est moins important que celui dans la région de Zaghouan (Figure 1). D'après les analyses statistiques, la différence des taux d'infestation des deux régions d'étude sont significatives.

Taux de sévérité: Les résultats sont portés par la figure 2.

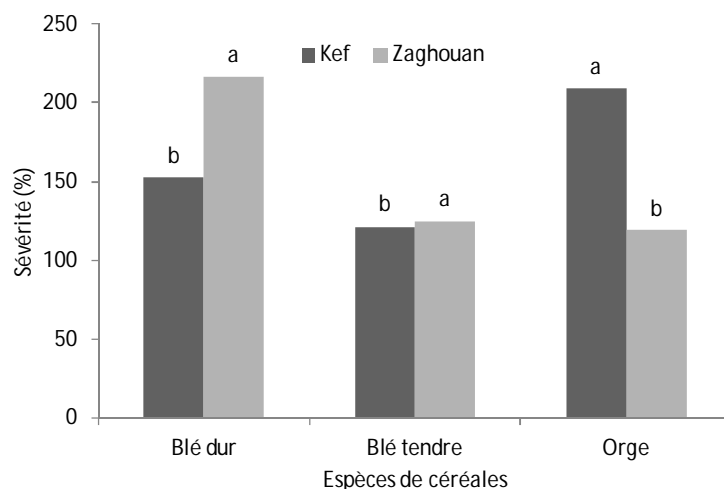


Figure 2: Niveaux de sévérité (%) de la mouche de Hesse

Les résultats montrent que le taux de sévérité est variable d'une région à une autre et dépend de l'espèce céréalière hôte. Le blé dur présente le taux de sévérité le plus élevée dans la région de Zaghouan avec un pourcentage de 216,7%, suivi par l'orge dans la région du Kef avec un taux de 208,79%.

CONCLUSION

Les prospections réalisées dans les deux régions céréalières du semi-aride Tunisien (Kef et Zaghouan) ont montré que la totalité des champs inspectés sont infestés par la mouche de Hesse. En effet, les niveaux d'infestation et de sévérité les plus élevés ont été observés sur l'orge dans la région du Kef, suivie par le blé dur et le blé tendre dans la région de Zaghouan.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BYERS R.A.** et **Gallon R.L.**, Ability of the Hessian fly to stunt winter wheat-1-Effect of larval feeding on elongation of leaves, Journal of economic entomology, 1972, 65(4), pp: 995-958
- LHALOUI S., M. EL BOUHSSINI, A. AMRI, K. STARKS, J. HATCHETT, D. KEITH**, Principaux résultants du projet cécidomyie, 1984-88, Institut National de la Recherche Agronomique, Centre Arido culture, Maroc. 1988, pp: 1-5
- BEN SALAH H., ELHAJ B., SKIMA F.**, Distribution des infestations par la mouche de Hesse, Mayetiola Destructor Say. (Diptera , Cecidomyiidae) sur orge et blé au nord de la Tunisie, Annexe de l'INRAT. 1993, 66 (1,2)

Optimisation de la rétention des produits phytosanitaires sur une surface superhydrophobe

Sofiène Ouled Taleb Salah, Mathieu Massinon, Bruno Schiffers
Et Frédéric Lebeau

Gembloux Agro-Bio Tech- Université de Liège

RESUME

La protection des cultures est principalement réalisée en Tunisie par l'application de bouillies phytosanitaires à base d'eau. Au niveau de l'impact des gouttes sur le feuillage, trois types de comportement sont observés, à savoir l'adhésion, le rebond et la fragmentation. Ces types d'impact affectent la rétention par le feuillage et dépendent de la taille et de la vitesse des gouttes, des propriétés physico-chimiques de la bouillie et de la mouillabilité des surfaces foliaires. Une technique d'imagerie rapide a permis d'évaluer la pertinence de l'utilisation d'adjuvants tensio-actifs en vue d'améliorer la rétention en agissant sur le type d'impact. Des essais de rétention sur feuilles de vulpin, surface très peu mouillables ou superhydrophobe, montrent que l'ajout d'un adjuvant 0,1 % v/v dans l'eau contribue à l'amélioration des dépôts. La proportion d'adhésion a augmenté alors que celle du rebond a diminué. Cette technique en laboratoire est un outil efficace pour évaluer les pratiques culturales des agriculteurs et de fournir des conseils et recommandations pratiques en fonction des cibles.

Mots clés : adjuvant, impact des gouttes, rétention, régime Wenzel, régime Cassie-Baxter, surface superhydrophobe.

INTRODUCTION

L'agriculture Tunisienne fait actuellement face à plusieurs défis ; d'une part le marché exige un niveau de production élevé et d'autre part les législations actuelles relatives à l'emploi des produits phytosanitaires sont de plus en plus contraignantes et privilégient la protection de l'environnement. La protection des grandes cultures en Tunisie est généralement réalisée par l'application uniforme des produits phytosanitaires via des buses hydrauliques à des volumes à l'hectare de l'ordre de 200 l/ha. Les processus de rétention des produits appliqués dépendent de nombreux paramètres notamment de l'hydrophobicité de la surface, des propriétés physico-chimiques de la bouillie, de la vitesse et du diamètre des gouttes avant l'impact. Lors d'un désherbage chimique, la nature et la forme de l'adventice à traiter, en particulier une surface superhydrophobe et dressée comme le blé ou vulpin à un jeune stade de croissance, demeure jusqu'à présent un facteur limitant du processus de rétention. Pour décrire cette hydrophobicité, deux modèles la mouillabilité sont utilisés : Un premier modèle dit de «Wenzel » où les gouttes sont bien accrochées à la surface superhydrophobe en suivant

les contours des aspérités de la surface (Zu et al., 2010). Un second modèle dit de « Cassie-Baxter » où les gouttes sont en contact avec le sommet des piliers et piègent de l'air dans les vallées de la structure. Le liquide peut être facilement retiré de la surface, ce qui le cas le plus extrême de l'hydrophobicité. Différents types d'impacts des gouttes peuvent être observés en fonction de la taille et la vitesse des gouttes et de la rugosité de la surface (figure1) (Massinon et Lebeau, 2013). Pour de faibles vitesses d'impact et une rugosité limitée, la goutte adhère à la surface selon le régime de Wenzel (1). A un niveau de rugosité assez élevé, la goutte sera interceptée par la surface selon le régime de Cassie-Baxter (2). Une vitesse d'impact et une rugosité de Wenzel plus élevé implique un rebond parfait de la goutte (3). Quand la vitesse d'impact et la rugosité de Wenzel augmentent encore, la goutte principale se fragmente en une multitude de petites gouttes quittant la surface (fragmentation) (4). Pour une rugosité de Wenzel intermédiaire et une vitesse d'impact élevée, le rebond partiel se produit où la goutte adhère partiellement. La goutte n'a pas alors assez d'énergie pour quitter la surface, mais elle en a suffisamment pour se fragmenter en deux gouttes, l'une adhère à la surface et l'autre quitte celle-ci (5 a). Une fragmentation partielle peut être observée où une grosse partie de la goutte adhère à la surface mais de nombreuses gouttelettes sont éjectées (5 b). La tendance actuelle est à l'ajout des adjuvants aux bouillies de pulvérisation afin d'améliorer les dépôts sur les cultures cibles. Cependant, certains agriculteurs ne sont pas encore familiers avec cette pratique faute de vulgarisation et du manque de leurs connaissances des aspects des produits phytosanitaires. Face à ce constat, aboutir à un traitement phytosanitaire efficace est un objectif majeur malgré la complexité du processus, dont le succès dépend de la bonne combinaison entre la formulation choisie et la technique d'application utilisée. Ce papier met l'accent sur l'effet de l'ajout d'un tensio-actif à la bouillie sur la rétention en caractérisant l'impact des gouttes sur une surface superhydrophobe. A ce titre, le vulpin sera utilisé comme surface modèle.

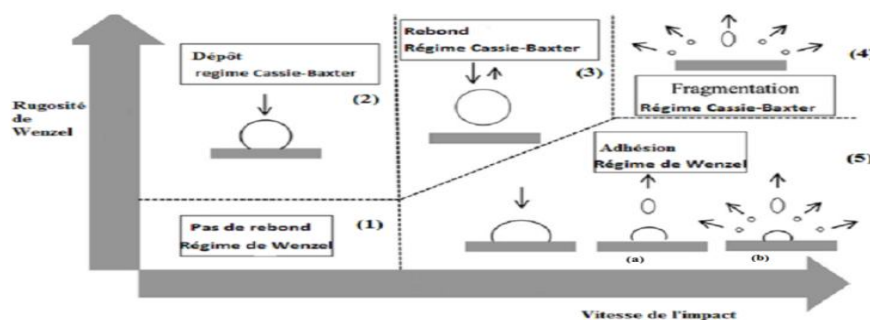


Figure 1 : Schéma récapitulatif des différents types d'impacts de gouttes (uniquement pour l'eau) (Massinon et al., 2013)

MATERIEL ET METHODES

Caractérisation des impacts des gouttes sur une surface superhydrophobe par imagerie rapide

Dans le but d'étudier l'effet d'ajout d'un tensio-actif à la bouillie sur la rétention des gouttes, une méthode d'ombroscopie, consistant à caractériser le comportement des gouttes avant l'impact sur la surface, a été mise en place. Les impacts des gouttes sont filmés à l'aide d'une caméra à haute vitesse (Y4 CMOS, Integrated Design Tools, Tallahassee, FL, USA) couplée à une source d'éclairage (19 LED Constellation, integrated design tools, Tallahassee, FL, USA) pulsée en retro-éclairage. La fréquence d'enregistrement a été fixée à 20000 images par seconde pour assurer une bonne identification et caractérisation des impacts. L'assemblage d'images est assuré par un logiciel de la caméra (Motion Studio, integrated design tools, Tallahassee, Floride, USA). Un cm² de feuille de vulpin a été fixée sur un support de forme U, placé entre la caméra et la source d'éclairage correspondant au milieu du jet pulvérisé. Une fois les images acquises, un opérateur identifie le type d'impact et les images sont analysés via un script Matlab® afin de déterminer la taille et la vitesse des gouttes. Cette méthode est plus détaillée dans l'article de Massinon et Lebeau (2012). Les gouttes sont générées par une buse hydraulique XR11003 VK, placée 500 mm au dessus de la surface à pulvériser et réglée à une pression de 2 bars. Un rail de déplacement linéaire permet de déplacer la buse à une vitesse de 2 m/s. Deux bouillies contrastées en termes de tension de surface sont testées : la première est uniquement à base d'eau et la deuxième contient un adjuvant non-ionique (famille des polyéthers trisiloxanes) «Break Thru® S240, Evonik Industries AG, Essen, Germany» à raison de 0,1 % v/v dans l'eau.

RESULTATS ET DISCUSSION

Effet d'ajout d'un tensio-actif sur le comportement des gouttes sur une surface horizontale superhydrophobe

Les résultats d'impact des gouttes sur la feuille horizontale de vulpin sont présentés dans la figure 2. Ce graphique bi-logarithmique et d'allure sigmoïdale, représente la vitesse de la goutte en fonction de son diamètre. Chaque point représente l'impact d'une goutte sur la feuille et chaque type d'impact est identifié par un symbole spécifique. Ces gouttes sont ainsi classées selon leurs énergies d'impact dans un digramme qui est scindé en 11 classes d'énergies croissantes. Les limites de ces classes correspondent à un nombre de Weber constant. Ce nombre de Weber ($We = D V^2 \rho / \sigma$ ou ρ la masse volumique du fluide [kg/m³], V la vitesse de la goutte [m/s], D le diamètre de la goutte en mètre et σ la tension superficielle du liquide [N/m]), représentant le rapport entre les forces d'inertie et la tension superficielle du fluide, est calculé à partir de la tension de surface statique de l'eau qui est de l'ordre de 72 mN/m. En comparant les graphes représentant la vitesse en fonction du diamètre de la goutte (figure 2), la distribution de la sigmoïde n'est pas la même. Les limites de transition entre les types d'impacts diffèrent entre les deux modalités. Pour l'eau, les seuils de transition entre

le rebond et la fragmentation correspondent à un nombre de Weber assez élevé alors que la transition entre l'adhésion et le rebond coïncide généralement à un seuil un peu bas dans les classes d'énergies. En introduisant le Break Thru, le seuil de passage de rebond à la fragmentation s'est déplacé vers un seuil inférieur par rapport à celui de la première modalité. Pour la transition adhésion-rebond, le seuil s'est modifié vers un niveau plus haut. Cette transition n'est pas claire car les impacts d'adhésion dominent la sigmoïde et on parle plus de transition d'adhésion-fragmentation que d'adhésion- rebond. Lors de la pulvérisation de la première bouillie à base d'eau, les types d'impacts dominants sont le rebond et la fragmentation. Par ailleurs, l'ajout du surfactant a introduit une modification au niveau des distributions des types d'impacts. Cette modification s'est traduite par une augmentation de l'adhésion lors du premier impact. Les résultats des types d'impacts sont assemblés d'un histogramme empilé où pour chaque modalité les proportions volumiques des impacts sont représentées en pourcentage (figure 4). Pour l'eau, la majorité du rebond se produit dans le régime de Cassie- Baxter. Par ailleurs, l'ajout de Break Thru a augmenté la proportion de la fragmentation selon le modèle Wenzel. Par conséquent, l'adjuvant a favorisé une transition du modèle Cassie-Baxter au modèle Wenzel qui contribue à l'augmentation des dépôts sur la surface malgré les fragmentations qui surviennent lors de l'impact.

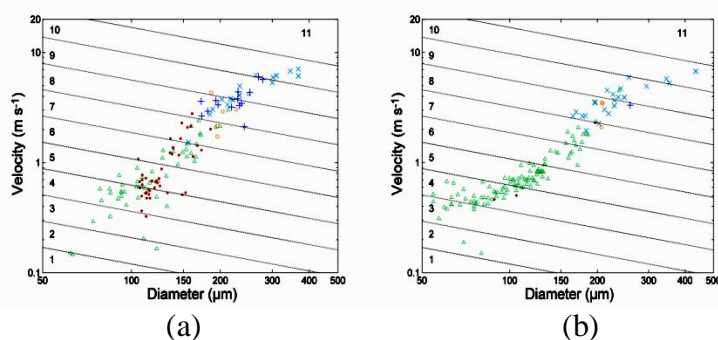


Figure 2 : Représentation des impacts des gouttes sur une surface horizontale de vulpin dans le cas de l'eau (a) et l'eau+adjuvant (b) : Δ adhésion, \bullet rebond C-B, \circ rebond W, \times fragmentation Wenzel et $+$ fragmentation Cassie-Baxter. Velocity : Vitesse, Diameter : Diamètre.

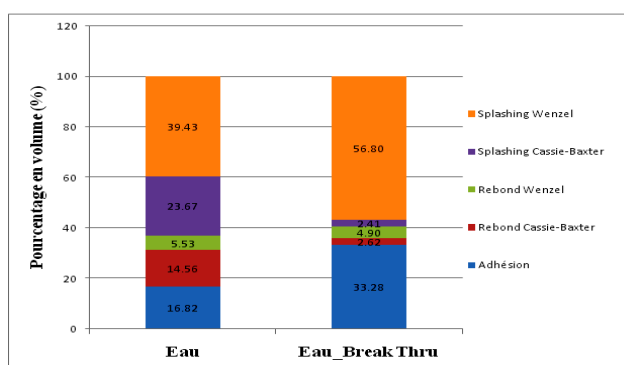


Figure 3 : Proportions volumiques des impacts des gouttes sur la feuille du vulpin de deux bouillies : Eau et Eau_Break Thru

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La méthode d'imagerie rapide est un outil efficace pour identifier les types d'impacts des gouttes responsables des différences de rétention des produits de contact. La modification des types d'impact affecte la rétention en améliorant les dépôts sur la cible et par conséquent contribue à l'augmentation de l'efficacité du traitement. En termes de tailles de gouttes, l'efficacité reste limitée par les petites gouttes qui sont sensibles à la dérive et la fragmentation des grosses gouttes malgré l'ajout de l'adjuvant. Ces études qualitatives doivent être complétées par des études quantitatives afin de fournir aux agriculteurs des estimations des doses de bouilles assurant l'efficacité du traitement. D'autre part, des recommandations pratiques sur les moyens techniques préconisés doivent être communiquées aux agriculteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Massinon M. et Lebeau F.**, 2103. Review of physicochemical processes involved in agrochemical spray retention. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. 17(3), 494-504.
- Zu Y. Q., Yan Y. Y., Li J. Q. et Han Z. W.**, 2010. Wetting Behaviours of a Single Droplet on Biomimetic Micro Structured Surfaces. Journal of Bionic Engineering. 7 (2), 191-198.

Evaluation des variétés tunisiennes de pois chiche pour la conduite en pluvial & en irrigué.

Manel EL FELAH¹ & Mohamed KHARRAT²

1-Laboratoire des Grandes Cultures de l'INRAT

2- Laboratoire des Grandes Cultures de l'INRAT / ICARDA

RESUME

Le changement climatique est désormais sans équivoque, notamment en termes de hausse des températures et de fréquence de sécheresse. L'INRAT a développé depuis 1981 un programme d'amélioration sur les principales légumineuses à graines. L'objectif est de développer de nouvelles variétés à haut rendement et résistantes aux maladies. Seize variétés et lignées de pois chiche d'hiver *kabuli*, ont été utilisées dans ce travail pour évaluer leur tolérance au stress hydrique. L'essai a été conduit à la station de Mornag, selon un dispositif de type blocs randomisés, à 3 répétitions. Onze paramètres ont été évalués. L'analyse de variance a montré des différences significatives entre génotypes pour tous les paramètres. La variété Béjal et la lignée LA3 sont bien adaptés à la culture pluviale et à l'irrigation. Bouchra et LA9 sont particulièrement adaptés aux conditions pluviales. Ce travail sera poursuivi par des études moléculaires pour identifier des marqueurs moléculaires et des QTLs liés à la tolérance à la sécheresse chez le pois chiche.

Mots-clés: Pois chiche, variétés, culture pluviale, culture irriguée.

ملخص:

تهتم هذه الدراسة بتقييم ستة عشرة صنف تونسي و مدخل من الحمص (*Cicer arietinum* L.) شهرا تحت الظروف المطرية و المروية بوحدة التجارب الفلاحية بمرنانق باعتماد 11 مؤشر كمي. تم القيام بهذه التجربة خلال الموسم 2010-2011، وذلك باعتماد نظام الجهاز ذي المكررات العشوائية. وأخضعت البيانات للتحليل الإحصائي المرتكز أساسا على دراسة الفوارق بين الأصناف (ANOVA)، أفضت النتائج إلى تواجدها تنوع وراثي هام داخل مجموعة الأصناف المدروسة، مما سمح لنا بتحديد 3 مجموعات متباينة من حيث الفوارق الجينية و المؤشرات الكمية على غرار تطور نمو الجذور، طول النبات، عدد الحبات داخل السنفة أو القرن، العدد الجملي للقرون، العدد الجملي للقرون التي تبيّن إجهادها، أوزان المادة الجافة للكتلة الحيوية للأغصان و العروق. كما مكنتنا هذه الدراسة من تحديد الصفات الزراعية لأصناف الحمص التونسية على غرار الصنف باجة 1 (متأقلم مع الزراعة المطرية و المروية)، الصنف بشرة (متأقلم مع الزراعة المطرية)، و كذلك الصفات الزراعية للأصناف المدخلة حديثا وهي طي الدراسة على غرار الصنف (LA3) المتأقلم مع الزراعة المطرية و المروية و الصنف (LA9) المتأقلم مع الزراعة المطرية. إن مثل هذه النتائج المتأتية من الجرد و التوصيف الجيني و النوعي للمجموعات الوطنية و المدخلة من الحمص،

الكلمات المفتاحية: حمص - صنف - الزراعة المطرية و المروية

INTRODUCTION

Le pois chiche est parmi les premières légumineuses à graines domestiquées par l'homme depuis l'antiquité (Van der Maesen, 1987). Le pois chiche est la troisième légumineuse cultivée dans le monde avec une production mondiale estimée à 10,3 Million de tonnes. En Tunisie, la culture des légumineuses à graines reste marginale par rapport aux céréales. Les fèves et le pois chiche occupaient au début des années 80 environ 86 % des superficies des légumineuses avec une production annuelle de pois chiche estimée à 22 000 tonnes (Kramer, 1983) et un rendement moyen de 7 qx.ha-1. Actuellement, les superficies réservées aux pois chiches ont baissé et ne dépassent guère les 10 000 ha avec une production nationale estimée à 7 500 tonnes en 2009. D'après les statistiques du Ministère de l'Agriculture (Direction Générale de la Production Agricole), les superficies cultivées en 2006 ont atteint 9366 ha dont la majeure partie est concentrée au Nord du pays (Béja, Jendouba, Nabeul, Mateur et Bizerte). Ces régions sont caractérisées par un climat humide à semi-aride favorable à la culture du pois chiche.

MATERIEL & METHODES

Matériel végétal

Seize génotypes de pois chiche d'hiver type kabuli, ont été utilisés dans ce travail pour évaluer leur tolérance au stress hydrique. Parmi ces génotypes, 5 variétés inscrites dans le catalogue officiel tunisien des obtentions végétales (Kasseb, Chétoui, Bouchra, Neyer, Béja 1 et Nour) et 11 lignées améliorées. Le semis a été réalisé le 21 Décembre 2010 dans l'Unité d'Expérimentations Agricoles de l'INRAT à Morneg. Ce site est situé dans l'étage semi-aride à hiver doux, avec une pluviométrie annuelle généralement comprise entre 300 à 400 mm. Le dispositif expérimental est de type en blocs complets randomisés, à 3 répétitions. Chaque bloc randomisé comprend 16 parcelles élémentaires. Chaque parcelle élémentaire de 10 m² correspond à une variété semée sur 4 lignes de 4,5 m à raison de 70 plantes par ligne avec un écartement de 0,5m (photo 1). Deux copies identiques de cet essai ont été semées à Mornag. La première copie a été conduite en régime pluvial et la seconde copie sous irrigation de complément. Les données climatiques de la campagne 2010/2011 à Mornag sont présentées dans le tableau 1. Deux irrigations de 50 mm et de 30 mm, ont été effectuées aux mois d'Avril et de Mai respectivement, pour combler le déficit. Un prélèvement de 6 plantes à maturité complète a été effectué sur les lignes latérales pour chacun des deux traitements irrigué et non irrigué. Les paramètres mesurés par plante sont la hauteur de la tige principale, le nombre de tiges, le nombre de ramifications secondaires et tertiaires, le nombre total de gousses et le nombre de gousses vides et le poids des graines. Pour déterminer le rendement pour chaque variété, on a prélevé 60 plantes par parcelle élémentaire, principalement des lignes centrales (photo 1).



Photo1: Essais de pois chiche conduits à Mornag en 2010/2011, plante de pois chiche & graines prélevées au stade de maturation (Variété Neyer : essai non irrigué)

ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel SPSS version 13.0. Les données ont été soumises à une analyse de la variance et au test de comparaison des moyennes par le test de Duncan au seuil de 5%.

RESULTATS

Evaluation au stade maturité de l'essai conduit en irrigation complémentaire

L'analyse de variance a révélé des effets génotypes significatifs pour la hauteur des plantes, les ramifications secondaires et tertiaires, le nombre de gousses totales, le nombre de gousses vides, le pourcentage d'avortement, le nombre de graines et le poids des graines ($P < 0,001$, tableau1). Les lignées avancées LA1 et LA3 sont les plus hautes (89-90 cm) dépassant même les variétés Chétoui et Nour (81-82 cm), considérées comme les plus hautes des variétés inscrites. Les variétés Nour, Neyer et Béja 1 et les lignées avancées LA10, LA8, LA2 et LA7 ont donné les plus faibles ramifications secondaires, alors que LA3, LA1, LA6, LA9 et les variétés Bouchra et Chétoui ont présenté les ramifications secondaires les plus importantes en nombre. Les variétés Nour, Neyer, Béja 1 et les lignées LA4 et LA3 ont produit le plus de ramifications tertiaires. Chetoui, LA6, Kasseb, LA3 et Béja 1 ont produit le plus de gousses. LA1, LA9, Béja 1, Bouchra, LA4, LA7 et LA2 ont le plus important nombre de gousses vides. Chetoui, LA3, LA6, LA5, Kasseb, LA2, LA10 et Nour ont présenté le pourcentage d'avortement le plus faible. Les variétés Béja 1, Kasseb, Chetoui et Nour et les lignées LA3 et LA2 ont produits le plus de graines. Les lignées LA7, Neyer, LA8 et LA9 ont été les moins productifs en rendement moyen par plante.

Tableau 1 : Valeurs moyennes et les écarts types des paramètres [hauteur des plantes (Haut TP), nombres de tiges (Nb Tiges), nombre de ramifications secondaires (Ram II) et tertiaires (Ram III), nombre de gousses total (NGoT), nombre de gousses vides (NGoV), pourcentage d'avortement (Avort.), nombre de graines (Nbr Gr) et poids des graines (Pds Gr) mesurés à la maturité des 16 génotypes de pois chiche dans l'essai conduit en irrigation complémentaire (maturité) à Morneg durant 2010/2011.

Lignées	Haut TP	Nb Tiges	Ram II	Ram III	NGoT	NGoV	Avort.	Nbr Gr	Pds Gr
LA1	89,22 e	1,06 a	6,17 cdef	1,00 abcd	29,78 bc	9,67 d	36,5 f	24,44 bcde	7,89 cd
LA2	80,71 cd	1,11 a	4,71 abcd	1,71 bcde	28,29 abc	7,06 bcd	21,9 abcd	26,18 cdef	7,29 cd
LA3	89,89 e	1,12 a	7,50 f	0,44 a	33,00 cd	5,61 abc	15,8 ab	29,44 def	8,56 d
LA4	80,11 bcd	1,12 a	4,28 abc	1,89 cde	26,89 abc	7,44 cd	28,4 cdef	22,39 abcde	6,90 cd
LA5	81,24 cd	1,12 a	5,06 bcde	0,47 a	20,82 ab	3,53 a	16,8 abc	20,41 abc	6,49 bcd
Nour	81,12 cd	1,12 a	2,94 a	2,53 e	25,12 abc	5,12 abc	23,8 abcde	27,06 cdef	6,72 bcd
LA6	75,61 abc	1,13 a	5,56 bcdef	0,83 abc	32,33 cd	5,33 abc	15,9 ab	23,67 abcde	9,09 d
LA7	74,82 abc	1,18 a	4,82 abcd	0,94 abcd	21,41 ab	7,35 bcd	34,5 ef	15,41 a	3,82 a
LA8	76,50 bcd	1,29 a	4,31 abc	0,69 ab	19,94 a	5,31 abc	30,2 def	16,31 ab	5,69 abc
LA9	74,17 ab	1,33 a	6,22 cdef	0,83 abc	27,39 abc	9,44 d	33,7 ef	20,33 abc	5,65 abc
LA10	77,88 bcd	1,33 a	4,29 abc	0,12 a	24,24 abc	5,35 abc	23,3 abcde	20,82 abcd	7,51 cd
Kasseb	76,00 abcd	1,33 a	5,47 bcde	1,00 abcd	32,59 cd	6,18 abc	18,5 abc	30,53 ef	8,00 cd
Chetoui	82,13 d	1,33 a	6,88 ef	0,56 a	32,25 cd	4,38 ab	12,9 a	29,00 cdef	8,01 cd
Bouchra	78,50 bcd	1,38 a	6,67 def	0,50 a	28,83 abc	7,50 cd	27,4 bcdef	24,39 bcde	7,52 cd
Neyer	70,94 a	1,39 a	3,56 ab	2,50 e	21,44 ab	6,00 abc	34,8 ef	16,67 ab	4,25 ab
Béja 1	75,76 abcd	1,41 a	4,47 abc	1,94 de	39,94 d	9,41 d	27,5 bcdef	34,59 f	9,10 d

* : Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes à $p=0,05$ (test duncan)

Les variétés de pois chiche inscrites (Béja 1, Kasseb, Neyer, Chétoui, Bouchra) qui se sont regroupées dans le même groupe, 30 jours avant la maturité, ont présenté des itinéraires génétiques et physiologiques différents de ceux déployés au cours de la phase du remplissage des graines. Les variétés Béja 1, Kasseb et Chétoui, et les lignées prometteuses LA3 et LA7 ont montré de bonnes performances de production concernant les paramètres de rendement (nombre et poids des graines). La lignée LA3 et la lignée LA7 se sont distinguées par leur production en biomasse élevée en comparaison à Béja 1. Ces lignées ont confirmé leur adaptation à l'irrigation complémentaire et peuvent de ce fait, être candidates à ce type de conduite en culture irriguée. Le nombre total de gousses est significativement et positivement corrélé au nombre de graines ($r=0,89$) et au poids des graines ($r=0,83$).

Evaluation de l'essai agronomique de pois chiche en semis d'hiver conduit en culture pluviale au stade maturité

Des effets génotypes significatifs ont été révélés pour la hauteur des plantes (Haut TP), le nombre de tiges (Nb de Tiges), les ramifications secondaires (Ram II), les ramifications tertiaires (Ram III), le nombre de gousses total (NGoT), le nombre de gousses vides (NGoV), le pourcentage d'avortement (Avort.), le nombre de graines (Nb de Gr) et le poids des graines (Pds Gr). En pluvial, la lignée LA8 est la plus haute des génotypes testées (87 cm) alors que Neyer, LA6 et Béja 1 étaient les plus courtes (56 à 61 cm). Les lignées LA5, LA8, LA9, Kasseb et LA4 ont donné le plus de gousses totales. Les lignées LA5 et LA8 ont donné le nombre de graines par plante le plus élevé (48 et 45 graines respectivement) et le poids des graines par plante le plus élevé (17,5 et 17 respectivement). Les lignées LA1, LA3 et LA8 ont montré en culture pluviale, un mois avant la récolte, des aptitudes à s'adapter aux

conditions pluviales plus que les variétés de pois chiche de grandes cultures. La lignée LA9 a montré d'énormes potentialités à s'adapter aux conditions pluviales tunisiennes. En effet, cette lignée a dépassé Béja 1 de 83% en nombre de gousses, de 93% pour le nombre de graines et de 250% pour le poids des graines (tableau 2). Pour le matériel tunisien, la variété Chétoui s'est distinguée par son adaptation aux conditions de stress, du fait qu'elle a produit plus de gousses et de graines, avec un poids de graines plus conséquent que Béja1. A coté de ce matériel prometteur, la variété Bouchra a confirmé son adaptation à la culture pluviale par une productivité assez bonne comparativement à Béja 1, Kasseb, Neyer et Nour.

Tableau 2: Valeurs moyennes et les écarts types des paramètres [hauteur des plantes (Haut TP), nombres de tiges (Nb Tiges), nombre de ramifications secondaires (Ram II) et tertiaires (Ram III), nombre de gousses total (NGoT), nombre de gousses vides (NGoV), pourcentage d'avortement (Avort.), nombre de graines (Nbr Gr) et poids des graines (Pds Gr) mesurés à la maturité des 16 génotypes de pois chiche dans l'essai conduit en pluvial (maturité) à Mornag durant 2010/2011.

Lignées	Haut TP	Nb Tiges	Ram II	Ram III	NGoT	NGoV	Avort.	Nbr Gr	Pds Gr
LA1	74,33 cd	1,33 abc	5,78 a	1,17 abcd	36,72 cdef	9,00 abc	25,69 abc	34,39 bc	10,96 c
LA2	76,56 d	1,17 ab	8,00 bc	1,33 bcde	31,83 abcde	5,61 a	20,89 abc	29,28 abc	8,43 bc
LA3	75,11 cd	1,44 bc	8,06 bc	1,06 abc	34,39 abcdef	6,61 ab	18,91 a	30,00 abc	9,67 bc
LA4	67,75 bc	1,38 abc	5,88 a	1,00 abc	40,19 defg	12,38 c	32,91 cd	30,81 abc	11,11 c
LA5	82,89 ef	2,33 e	7,56 abc	2,78 f	49,06 g	11,06 bc	23,89 abc	48,22 e	17,03 d
Nour	81,06 e	1,61 cd	6,44 ab	1,44 bcde	34,89 bcdef	8,00 abc	22,74 abc	33,00 abc	10,09 c
LA6	59,75 a	1,31 abc	5,88 ab	1,38 bcde	30,69 abcd	8,25 abc	31,16 bcd	24,69 ab	6,88 ab
LA7	65,94 b	1,06 ab	6,28 ab	0,78 ab	33,72 abcde	8,00 abc	24,28 abc	29,50 abc	10,42 c
LA8	87,06 g	1,83 d	9,22 c	2,28 ef	44,61 fg	8,50 abc	20,09 ab	44,72 de	17,52 d
LA9	66,72 b	1,33 abc	6,94 ab	2,22 def	41,94 efg	12,11 c	28,32 abcd	33,39 abc	9,65 bc
LA10	67,28 b	1,06 ab	7,06 ab	1,11 abcd	25,44 ab	4,72 a	21,46 abc	22,83 a	8,39 abc
Kasseb	73,00 cd	1,33 abc	6,33 ab	2,00 cdef	40,56 defg	11,28 bc	25,98 abc	36,44 cd	10,93 c
Chetoui	70,88 cd	1,35 abc	7,18 ab	0,94 abc	37,53 cdef	7,94 abc	22,60 abc	30,47 abc	6,08 A
Bouchra	73,06 cd	1,33 abc	7,17 ab	1,39 bcde	38,56 cdef	6,83 ab	17,36 a	35,22 bc	10,95 C
Neyer	55,94 a	1,11 ab	5,67 a	0,94 abc	28,67 abc	8,83 abc	38,31 d	24,83 ab	7,68 Abc
Béja 1	60,56 a	1,00 a	5,61 a	0,28 a	24,39 a	4,83 a	25,13 abc	23,22 a	5,03 A

* : Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes à $p=0,05$ (test duncan)

DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSIONS

Des effets génotypes significatifs ont été mis en évidence au stade maturité, pour la hauteur des plantes, les ramifications secondaires et tertiaires, le nombre de graines et le poids des graines, pour le pois chiche conduits en irrigation complémentaire. Ceci montre que le pois chiche, en tant que légumineuse à graines autogame cultivée en irrigué, pourrait mobiliser durant les 30 jours pré-récolte, tout son potentiel vers le remplissage des graines et non vers la production de biomasse. La variété Béja1 a confirmé son potentiel unique en terme de productivité en irrigué. La lignée LA3 et la lignée LA7 se sont distinguées par leur productivité élevée en comparaison à Béja1. Ces lignées ont confirmé leur adaptation à l'irrigation complémentaire et peuvent de ce fait, être candidates à ce type de conduite

en culture irriguée. Les poids des grains élevés des génotypes pourraient être attribués à une efficacité de translocation des métabolites relativement supérieurs chez les cultivars traditionnels (Dalli et al, 2003). L'évaluation des génotypes de pois chiche en culture irriguée a été accompagnée par une évaluation en culture pluviale. La lignée LA3 a confirmé son adaptation aux deux régimes de conduite en culture pluviale et en culture irriguée. La variété Chétoui s'est distinguée par son adaptation aux conditions de stress, du fait qu'elle a produit plus de gousses et de graines, avec un poids de graines plus conséquent que Béja1. La variété Bouchra a confirmé son adaptation à la culture pluviale par une productivité assez bonne comparativement à Béja 1, à Kasseb, à Neyer et à Nour. Cattivelli et al. (2010) qualifient l'adaptation aux stress comme étant l'habilité des génotypes à réaliser un rendement élevé dans des environnements difficiles. De même, l'adaptation aux stress ne peut pas être attribuée à seul facteur, mais plutôt, à différents mécanismes et à plusieurs stratégies déployées à différents stades de développement végétatif. Ainsi, on peut dire que la variété Béja 1 est adaptée aux conditions pluviales favorables (bioclimat humide et sub-humide) et à l'irrigation. La variété Bouchra a confirmé son adaptation à la culture pluviale. La lignée LA3 s'est montrée beaucoup plus adaptée aux deux régimes de conduite en culture pluviale et en culture irriguée. La lignée LA9 a été la meilleure en régime pluvial et a montré de bonnes qualités productives dans les zones semi-arides caractérisés par l'irrégularité de la pluviométrie et l'imprévisibilité du climat. L'adaptation de ce type de germoplasme à l'environnement sub-humide Nord Africain, à variante hiver doux, est due probablement à des effets additifs confortés par un apport maternel qui lui permettra de soutenir une activité équilibrée d'exportation et de compartimentation en conditions hydroponiques (Chaabane et al, 2009). En effet, Weih et al. (2011) ont montré l'ajout significatif du parent femelle 'L78183' en termes d'assimilation de l'élément azote (area-based leaf-nitrogen NA) comparativement au parent male 'Bjorn'. Une étude génétique approfondie basée sur l'étude du caryotype, ajouté au criblage de routine agro-physiologique, sont de nature à approfondir les connaissances à travers la caractérisation du genre Cicer, et aide à redéfinir les méthodes et les stratégies à adopter pour une meilleure efficacité de sélection d'idéotypes de pois chiche adaptés aux défis de l'agriculture tunisienne dans l'avenir.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chaabane R., El Felah M., Ben Salah H. Ben Naceur M., Abdelly C., Ramla D., Nada A., Saker M., 2009.** Molecular characterization of Tunisian barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using microsatellites (SSRS) markers. *European Journal of Scientific Research*, 36(1): 6-15.
- Cattivelli L., Mastrangelo A.M., Rizza F., Badeck F., Mazzucotelli E., Marè C., Crosatti C., Guerra D., Aprile A., Stanca A.M., 2010.** Integrated aspects from breeding to genomics of the abiotic stress response: the case of drought. In: *Proceedings of the 10th International Barley Genetics Symposium*1, Salvatore Ceccarelli and Stefania Grando eds., 169-179.
- Dalli N., Aloui H., Benhaj Salem H., Henchi B., 2010.** Etude écophysologique du comportement des anciennes variétés de blé dur soumises à la sécheresse. *Revue de l'INAT*, 18(1); 169-189.

Kramer J.P., 1983. Kramer relations of plants. Academic press, New York. 360-364.
Krishnamurthy, L., Ito, O.,
Van der Maesen L.J.G., 1987. Origin, history, and taxonomy of chickpea. P 11-34, du “the chickpea”, (Saxena M.C. et Singh K.B., eds), UK.
Weigh M., Bonosi L., Ghelardini L., Rönnberg-Wästljung A.C., 2011. Optimizing nitrogen economy under drought: increased leaf nitrogen is an acclimation to water stress in willow (*Salix* spp.); *Annals of Botany* 108: 1347–1353.

Optimisation de la fertilisation azotée chez la betterave à sucre

Dalel Toumi Azouz⁽¹⁾ & Mohamed Lassoued⁽²⁾

(1) : IRESA

(2) : CRDA Sfax

RESUME

Une étude expérimentale au champ a été conduite pour déterminer la dose optimale des engrais azotés et son mode de fractionnement pour la betterave à sucre dans deux régions différentes (Souk Essebt et Mateur). Quatre doses d'azote correspondant respectivement à 0,75 ; 150 et 225 unités N/ha, ont été apportées sous forme de nitrate d'ammonium à 33% selon deux modes de fractionnements. La richesse du sol en azote minéral aux deux horizons (0-30 cm) et (30-60cm), a fait l'objet d'un suivi tout au long de la campagne.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a un effet significatif de la fertilisation azotée sur le rendement racine de la betterave et sur le rendement en sucre extractible. Par contre, les différentes doses d'azote et le mode de fractionnement adoptés n'ont eu aucun effet significatif sur les taux en sucre brut en potassium et en sodium dans la râpée.

La détermination et le suivi de la richesse du sol en azote minéral (comparé à l'azote total) sont importants dans la rationalisation de la fertilisation azotée de la betterave à sucre

La dose optimale d'azote qu'on doit apporter à la culture de la betterave à sucre ne doit pas dépasser les 150UN/ha pour avoir un équilibre optimal entre le rendement racine et la qualité technologique qui permet de maximiser la rentabilité économique.

Mots clés : betterave à sucre, fertilisation azotée, qualité technologique, rendement racine, rendement sucre, taux de sucre brut, taux d'extraction

ملخص

أجريت تجارب حقلية لتحديد كمية السماد الأزوتي الواجب تقديمها وكيفية تقديمها للآفت السكري في منطقتين مختلفتين (سوق السبت وماطر). تم تقديم أربعة جرعات أزوت (0.75، 150، 225 وحدة من الأزوت في الهكتار) في شكل مادة الأمونيتر 33% ومقسمة حسب كيفيتين مختلفتان (الكيفية 1: 50% بعد التخفيف من مرحلة 2-4 أوراق و50% في مرحلة 8-10 أوراق والكيفية 2: 1/3 بعد الإنبات في مرحلة ورقتان، 1/3 بعد التخفيف في مرحلة 2-4 أوراق، و 1/3 في مرحلة 8-10 أوراق).

أثبتت النتائج تأثيرا ايجابيا للتسميد الأزوتي على الإنتاج من جنور الآفت السكري ومن كمية السكر المستخرجة. في المقابل لم نسجل أي تأثير لمختلف الجرعات وكيفية تقسيطها على نسبة السكر الخام ونسبة البوتاسيوم والصوديوم في جنور الآفت.

إن أفضل كمية أزوت واجب تقديمها لا يجب أن تفوت 150 كغ في الهكتار وذلك للحصول على توازن أفضل بين الإنتاج من الجنور والتوعية التكنولوجية التي تمكنا من الحصول على أحسن مردودية.

INTRODUCTION

Les essais effectués depuis le 19^{ème} siècle, ont montré que la détérioration de la qualité technologique de la betterave est en grande partie liée à l'utilisation souvent trop abusive ou mal répartie des engrais azotés, en effet, GESCHWINF et sellier en 1902 ont montré que la teneur en sucre des racines varie inversement par rapport à leur teneur en azote. La majorité des auteurs sont d'accord sur le fait qu'une fertilisation azotée excessive ne semble généralement pas se justifier; bien au contraire elle se traduit par une diminution de la teneur en sucre des racines (Roussel et jardin, 1975 ; carter et traveller, 1981), des rendements (Le Fevre et Hiroux, 1958) et de la pureté des jus de pression (Carter et al., 1976 ; loué, 1983) Tnani en 1982 a montré que la dose optimale d'azote qui conduit au rendement en sucre le plus élevé variait de 130 à 150 unités d'azote/ha.

Les nouvelles variétés de betterave à sucre sélectionnées sont très productives et par conséquent plus exigeantes en azote. Pour déterminer la dose optimale d'azote et le mode d'apport aboutissant à un meilleur rendement racine et une bonne qualité technologique, des expériences ont été conduites dans deux régions différentes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les expériences ont été conduites pendant 2 campagnes et sur deux sites à textures du sol différentes (Souk essebt: limono-sableuse, et Mateur : limono-argileuse). Les essais ont été conduits en bloc complètement aléatoire à 4 répétitions, dispositif expérimental, comprenant quatre doses d'azote : D0 ; D1; D2 ; D3 (respectivement : 0.75, 150 et 225 unités N/ha apportées sous forme de nitrate d'ammonium (NH_4NO_3) à 33%), ces quantités ont été fractionnées selon deux modes différents : le mode 1 correspondant à : 50% après distançage (2-4 feuilles) et 50% au stade 8-10 feuilles; le mode 2 correspondant à : 1/3 après levée, 1/3 après distançage (2-4 feuilles) et 1/3 à la fermeture des lignes. La densité de semis est de 90.000 plants/m². Chaque parcelle élémentaire est de 108m², soient 18 lignes de 12 mètres de long.

La richesse du sol en azote minéral et aux deux horizons (0-30) et (30-60 cm), a fait l'objet d'un suivi tout au long de la campagne.

A la récolte, l'étude a concerné l'effet des différents traitements sur les paramètres de production, à savoir : Le rendement racines et la qualité technologique (taux de sucre, taux d'extraction, éléments mélassigènes).

RÉSULTAT ET DISCUSSION

Effet des différents traitements sur le rendement racines

Les rendements racines réalisés figurent dans le tableau 1. La dose d'azote affecte significativement le rendement racines, sauf à Mateur au cours de l'année 1 ou l'abondance de l'azote minéral (nitrique) préexistant dans le sol a masqué l'effet azote.

Le mode de fractionnement été sans effet significatif pour les deux sites et au cours des 2 années.

Tableau 1 : Rendements racines obtenus en tonne/ha (moyenne des deux mode de fractionnement)

Sites	Année 1				Année 2			
	témoin	75UN	150UN	225UN	témoin	75UN	150UN	225UN
Mateur	86,3 ^a	81,4 ^a	80,8 ^a	85,5 ^a	59 ^a	82,8 ^b	90,355 ^b	108,1 ^c
Souk Essebt	23,3 ^a	45,3 ^b	63,3 ^c	63,8 ^c	35,6 ^a	56,3 ^b	76,4 ^c	74,15 ^c

Les rendements obtenus à Mateur sont plus élevés que ceux réalisés à souk essebt (effet sol et pluviométries conjugués).

EFFET DES DIFFERENTS TRAITEMENTS SUR LA QUALITE TECHNOLOGIQUE

La richesse en sucre brut:

Les richesses en sucre brut enregistrées figurent dans le tableau 2. L'analyse statistique montre que les différentes doses et les modes de fractionnement adoptés n'ont eu aucun effet significatif sur la richesse en sucre brut.

Tableau 2: richesse en sucre brut enregistrées

Sites	Année 1				Année 2			
	témoin	75UN	150UN	225UN	témoin	75UN	150UN	225UN
Mateur	15,3 ^a	15,1 ^a	14,86 ^a	14,1 ^a	14,6 ^b	14,45 ^b	13,9 ^b	14,1 ^b
Souk Essebt	16,6 ^a	16,1 ^a	16 ^a	15,6 ^a	13 ^b	12,95 ^b	13,10 ^b	13,15 ^b

Les éléments mélassigènes : Na, K et Naminé

Le potassium(K), le sodium(Na) et l'azote alpha aminé (Naminé) affectent la pureté du jus et le taux d'extraction du sucre.

Les différentes doses d'azote ainsi que les deux modes de fractionnement adoptés n'ont pas eu d'effet sur les taux du potassium et du sodium et d'azote alpha aminé dans la râpüre.

Toutefois, les taux de K et de Na semble être liés au rapport k/Na du sol (Na+K plus élevée à souk essebt). Aussi, l'apport tardif d'azote (mode 1/3, 1/3, 1/3 à la fermeture des lignes) semble engendrer une augmentation du taux de Naminé dans la râpüre.

LES RENDEMENTS EN SUCRE ET LE TAUX D'EXTRACTION

Le rendement en sucre extractible

Les rendements en sucre extractible enregistres à souk essebt et à mateur sont présentés dans le tableau 3. Les rendements en sucre extractible réalisés à Mateur sont supérieurs à ceux

obtenus à souk essebt. Aussi, la différence en sucre extractible obtenue entre les doses 150 et 225UN/ha n'est pas toujours significative. L'effet mode de fractionnement est non significatif.

Tableau 3: rendements en sucre extractible obtenus (t/ha)

Sites	Année 1				Année 2			
	témoin	75UN	150UN	225UN	témoin	75UN	150UN	225UN
Mateur	10,49 ^a	9,68 ^a	9,49 ^a	10,1 ^a	7,2 ^a	9,9 ^b	10,4 ^b	12,6 ^c
Souk Essebt	3,09 ^a	5,99 ^b	8,57 ^c	8,28 ^c	4,54 ^a	7,32 ^b	9,93 ^c	9,63 ^c

Le taux d'extraction

Le taux de sucre extractible (Se) est la différence entre le sucre brut (Sb) et le sucre dans la mélasse (Sm). Le sucre mélasse dans la râpüre est calculé à partir de la formule de Reindfield: $sm(\%) = 0.343(K+Na) + 0.094N + 0.29$.

Ce taux est l'ordre de 76% (moyenne générale de l'essai). La différence entre les deux modes de fractionnement est non significative.

CONCLUSION

Les résultats obtenus des deux campagnes 1995/1996 et 1996/1997 montrent qu'il y a un effet significatif des doses croissantes d'engrais azoté sur le rendement racines de la betterave à sucre. Toutefois sur un sol léger (type Souk Essebt), la réponse de la culture à la fertilisation azotée n'est plus significative au-delà de la dose 150UN/ha. Aussi, il n'y a aucune différence significative entre les deux modes de fractionnement adoptés.

D'autres parts, les résultats obtenus montrent que les différentes doses et modes de fractionnement adoptés n'ont eu aucun effet significatif sur la richesse en sucre brut.

Dans les conditions de l'étude, la fumure azotée ainsi que le mode de fractionnement adopté n'ont pas eu d'effet significatif sur les taux de potassium et de sodium dans la râpüre.

Par ailleurs, les résultats obtenus montrent que l'effet de la fertilisation azotée sur le rendement en sucre extractible est hautement significatif. Par contre, il n'ya pas d'effet significatif sur le taux d'extraction.

On peut conclure que la dose optimale d'azote qu'on doit apporter à la culture de la betterave à sucre ne doit pas dépasser les 150U/ha pour avoir un équilibre optimal entre le rendement racine et la qualité technologique qui permet de maximiser le rentabilité économique.

Il est outre indispensable de procéder à une analyse du sol avant le semis pour déterminer le reliquat minéral dans le sol et en tenir compte au moment des apports d'engrais.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CARTER J.N. and **TRAVELLER D.J.**, « effect of time and amount nitrogen uptake on grown and yield » in Agron. J, 1981, 73, 665-670.

CARTER J.N., **WESTERMAN DT** and **GENSEN M.E.**, « sugar beet yield and quality as affected by nitrogen level » in Agron. J, 1976, 68, 49-55.

GESCHWIND L. et **SELLIER E.**, « la betterave agricole et industrielle », Paris, Gauthiers-Villars, 1902.

KOPP E., « Efficacité de la fumure azotée. Régime de l'azote et fertilité latente des sols conduits n sec ou à l'aspersion dans la haute vallée de la Medjerda en Tunisie », in Ann INRAT, 1981, 54, 114-135.

LE FEVREG et **HIROUX G.**, « Influence des fumures azotées et potassiques sur l'exportation d'une culture de betterave sucrière », in Ann Agro, 1958, 4, 477-492.

LOUE A., « sugar beet nutrition », London, Appl. Sci. Publ. L.T.D., 1983.

TNANI T., « effet de la fertilisation minérale et organique sur la production et la qualité technologique de la betterave sucrière en Tunisie. », Commission méditerranéenne. Journée d'études en Tunisie, 1982, 9p.

Extraction des fibres β -glucanes, Incorporation dans les pâtes alimentaires

HAJJI Teber¹ ; SFAYHI-TERRAS Dorra² ; ELFELEH Mouldi²

(1) Institut National Agronomique de Tunisie

(2) Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie

RESUME

Les β -glucanes sont extraits à partir de la farine d'orge obtenue de grains broyés pour deux variétés tunisiennes à six rangs (Manel et Rihane). Le contenu en β -glucanes de ces deux variétés d'orge varie entre 2,24-3,37 et 2,47-3,12%, respectivement (à base de matière sèche). Quatre échantillons de spaghetti contenant différents pourcentages de β -glucanes (1, 3, 5 et 7 g/100 g) ont été élaborés et comparés à un échantillon témoin (0 g/100 g de β -glucanes). Les différents échantillons ont été évalués pour leurs caractéristiques physico-chimiques, technologiques et texturales. Les résultats indiquent que les spaghettis incorporés avec du β -glucane de l'orge (tous les traitements) n'ont pas de couleur différente, ni des propriétés de dureté par rapport au spaghetti sans β -glucanes. D'un autre côté, tous les échantillons ont montré des spaghettis assez riches en minéraux par rapport à ceux fabriqués à base de 100% semoule de blé dur. Tous les traitements ont montré des valeurs d'indice de gonflement, la perte à la cuisson et d'adhérence significativement inférieures par rapport au témoin.

Mots clés : β -glucanes, orge, spaghetti de semoule, qualité de cuisson.

INTRODUCTION

L'orge est une céréale ancienne et importante qui occupe environ 9,4% de l'aire totale de la production des céréales (FAO, 2007), elle était probablement d'abord utilisée pour l'alimentation humaine, mais est évoluée principalement dans l'alimentation pour bétail, le maltage et le brassage due en partie à la montée de l'importance du blé et du riz. (Sharma et al., 2010).

Toutefois, sa teneur élevée en fibres diététiques a motivé l'intérêt de développer la consommation des aliments à base d'orge. Ainsi, l'utilisation de l'orge comme aliment de l'homme devrait être encouragée, puisqu'elle a un niveau très élevé (2 à 10%) en β -glucanes (Sharma et al., 2010 ; Anker-Nilssen et al., 2011).

Par ailleurs, actuellement seulement 2% de l'orge est utilisée dans l'alimentation humaine, en raison (i) de la présence d'une pellicule difficile à enlever, (ii) la plupart de l'orge est utilisée par l'industrie de la brasserie et de malterie, (iii) l'orge n'a pas de gluten donc elle ne peut pas être utilisée dans les produits de boulangerie au levain et (iv) le goût fort et sensation gommeuse en bouche des grains d'orge entiers (Sharma et Gujral, 2010). L'enrichissement des aliments avec les fibres solubles, y compris les beta-glucanes (particulièrement de l'orge et de l'avoine) peut être une alternative à ce défi. En effet, les beta-glucanes sont des molécules bioactives qui ont un effet positif sur la santé en atténuant le taux du glucose et de l'insuline dans le sang

et en possédant des effets hypo-cholestérolémiques. Le but de ce travail est d'étudier l'effet de l'addition de différents pourcentages de bêta-glucanes sur la qualité des pâtes alimentaires.

MATERIEL ET METHODES

Extraction enzymatique

Les protocoles d'extraction et de purification des fibres alimentaires (β - glucanes) de l'orge sont décrits en détail dans la figure 1.

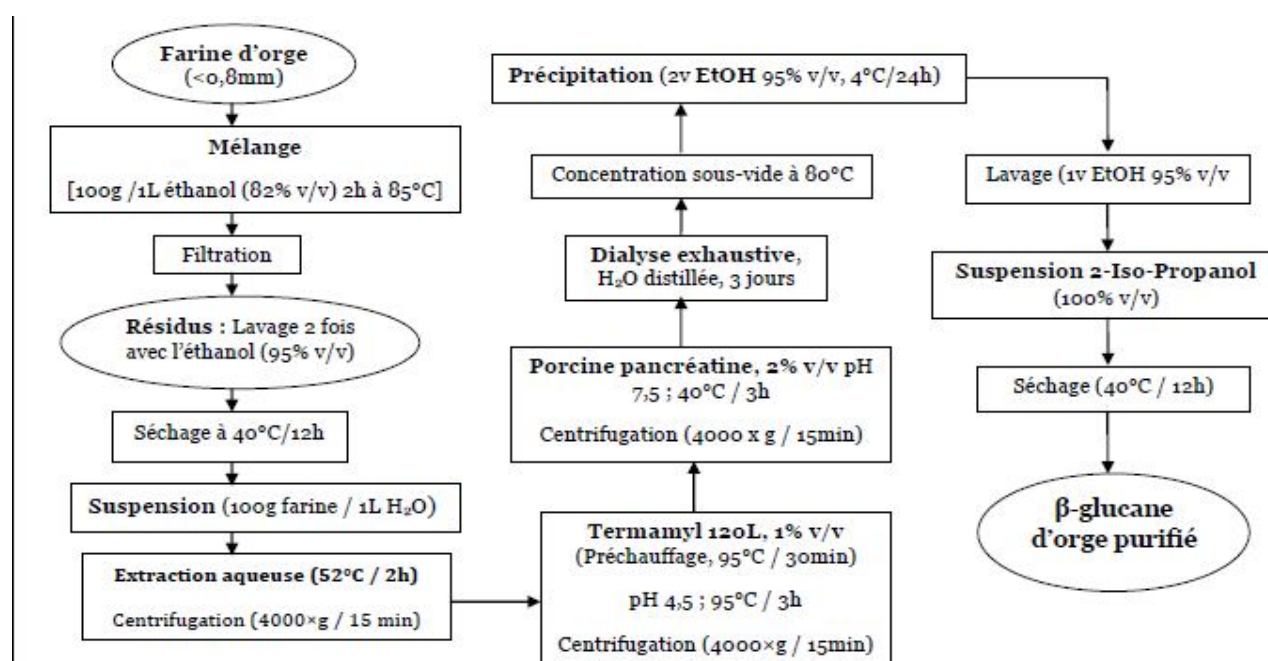


Figure 1. Protocole d'extraction et de purification détaillées des β -glucanes à partir de la farine d'orge (Lazaridou et *al.*, 2003 ; 2011 ; Skendi et *al.*, 2009 ; 2010 ; Vaikousi et *al.*, 2004)

Fabrication des spaghettis

De l'eau chauffée à 41°C (28%) est additionné un mélange de 100g de semoule et de farine. Des brins de 30cm de longueur sont coupés et séchés moyennement un séchoir à 72.55°C pendant 6h25min, puis à l'air libre pendant 18heures.

Caractérisation de la qualité culinaire des spaghettis

Temps de cuisson (min) : Le temps de cuisson est atteint quand la ligne blanche continue visible au centre d'un brin de spaghetti disparaît.

Résistance à l'écrasement : Il s'agit de déterminer la valeur de résistance des brins de spaghettis à l'écrasement ou à la compression suite à une force par une plaque spéciale

. Perte en amidon : Il s'agit de déterminer la quantité d'amidon dans l'eau de cuisson des pâtes après séchage par évaporation.

Détermination de la couleur des spaghettis

Il s'agit de déterminer les coordonnées trichromatiques (L^* , a^* , b^*) d'un échantillon de pâte alimentaire broyé à l'aide d'un colorimètre Minolta. Les coordonnées chromatiques a^* , b^* , L^* indiquent respectivement: a^* ($+a^*$: direction de la couleur rouge, $-a^*$: direction de la couleur verte); b^* ($+b^*$: direction de la couleur jaune, $-b^*$: direction de la couleur bleue); L^* représente la clarté métrique ou la luminosité.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Effets de l'ajout des concentrés de bêta-glucane sur la qualité culinaire des pâtes

L'effet de l'ajout des concentrés de bêta-glucane sur la qualité culinaire des spaghettis est résumé par le tableau 1.

N° Expérience	Quantité de β -glucane (g)	Quantité de semoule (g)	Temps de cuisson (min)	Absorption d'eau (%)	Résistance à l'écrasement	Perte en amidon (%)
1	0	100	5,19	37,87	14	4,99
2	1	99	5,47	37,93	13	8,33
3	3	97	5,65	41,93	12	11,32
4	5	95	6,04	45,93	12	14,66
5	7	93	6,53	47,13	11	17,32

Tableau 1 : Effet de l'ajout des concentrés de bêta-glucane sur la qualité culinaire des spaghettis

D'après le tableau 1 on remarque une augmentation du volume d'eau absorbée due à une bonne capacité de rétention d'eau des fibres, une augmentation du temps de cuisson provoquée par une lente gélatinisation de l'amidon, une augmentation de la perte en amidon causée par un faible réseau protéique, et enfin une diminution de la résistance à l'écrasement expliquée par une faible teneur en gluten suite à l'ajout des fibres β -glucanes, (Chillo et al., 2010 & 2011).

Effet de l'ajout des concentrés de β -glucane sur la couleur des pâtes

Le tableau 2 montre les effets de l'incorporation des β -glucanes à des taux différents sur la qualité de la couleur des pâtes.

Tableau 2 : Effet de l'ajout des concentrés de β -glucane sur la couleur des spaghettis

N° Expérience	L* (clarté)	a*	b*	Pigments jaunes
1	76,77	-0,34	22,99	5,495
2	76,91	-0,3	21,46	5,438
3	76,80	-0,043	21,65	5,423
4	79,90	-0,016	21,17	5,442
5	75,81	-0,056	21,20	5,459

L'analyse du tableau (2) montre bien qu'il n'y a pas d'effets significatifs sur la couleur, et par conséquent, l'incorporation des β -glucanes n'affecte pas la clarté de la pâte.

CONCLUSION

Les résultats ont montré une qualité satisfaisante des pâtes produites. L'introduction des concentrés de β -glucanes entraîne une augmentation considérable du temps de cuisson, de l'absorption d'eau et de la perte en amidon à la cuisson, par contre, une diminution de la résistance à l'écrasement; mais pas d'effets significatifs sur la couleur des pâtes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anker-Nilssen K., Sahlstrøm S., Knutsen S.H., Holtekjølén A.K., & Uhlen A.K., 2011. Influence of growth temperature on content, viscosity and relative molecular weight of water-soluble β -glucans in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Cereal Science*, 48, p. 670-677.

Chillo S., Viren Ranawana., Pratt M., & Henry C.J.K., 2010. Glycemic response and glycaemic index of semolina spaghetti enriched with barley β -glucan. *Nutrition*, p. 1-6.

Chillo S., Ranawana D.V., & Henry C.J.K., 2011. Effect of two barley β -glucan concentrates on in vitro glycaemic impact and cooking quality of spaghetti. *LWT – Food Science and technology*, 44, p. 940-948.

FAO, 2007. <http://www.fao.org>.

Lazaridou A., Biliaderis C.G., & Izydorczyk M.S., 2003. Molecular size effects on rheological properties of oat β -glucans in solution and gels. *Food Hydrocolloids*, 17, p. 693-712.

Lazaridou A., Papoutsis Z., Biliaderis C.G., & Moutsatsou P., 2011. Effect of oat and barley β -glucans on inhibition of cytokine-induced adhesion molecule expression in human aortic endothelial cells: Molecular structure–function relations. *Carbohydrate Polymers*, 84, p. 153-161.

Skendi A., Papageorgiou M., & Biliaderis C.G., 2009. Effect of barley β -glucan molecular size and level on wheat dough. *Journal of Food Engineering*, 91, p. 594-601.

- Skendi A., Papageorgiou M., & Biliaderis C.G., 2010.** Influence of water and barley β -glucan addition on wheat dough viscoelasticity. *Food Research International*, 43, p. 57-65.
- Sharma P., & Gujral H.S., 2010.** Milling behavior of hulled barley and its thermal and pasting properties. *Journal of Food Engineering*, 97, p. 329-334.
- Sharma P., Gujral H.S., & Rosell C.M., 2010.** Effects of roasting on barley β -glucan, thermal, textural and pasting properties. *Journal of Cereal Science*. p. 1-6.
- Vaikousi H., & Biliaderis C.G., 2005.** Processing and formulation effects on rheological behavior of barley β -glucan aqueous dispersions. *Food Chemistry*, 91, p. 505-516.

CONCLUSION

~~En guise de conclusion~~, cette journée a été organisée suite à un appel Communication lancé sur le site de l'IRESA selon le planning suivant:

- ✓ **15 janvier 2014** : Appel à candidature
- ✓ **31 Janvier 2014** : Date limite pour la soumission des résumés
- ✓ **07 Février 2014** : Date limite de sélection des résumés.
- ✓ **10 Février 2014** : Date limite d'information des auteurs dont les résumés ont été acceptés.
- ✓ **03 Mars 2014** : Date limite de soumission des articles complets
- ✓ **17 Mars 2014**: Date limite de soumission des Posters
- ✓ **25 Mars 2014**: Date limite de soumission des présentations power point.

Il convient de signaler que la sélection des communications orales et des posters a été faite, le 7 février 2014 à l'IRESA, par un comité de sélection composée de:

- Faouzia Ben Mammou (**UTAP**)
- Ezzidine Ben Mustapha (**SYNAGRI**)
- Béchir mestiri (**ConnectAgri**)
- Oussama Elkhriji (**INGC**)
- Tarek El Jarrahi (**INGC**)
- Moufida Touayi (**AVFA**)
- Sana Hinch (b>DGPA)
- Saloua Amraoui (**DGCPQA**)
- Moez Jebara (**MESRS**)
- Faycal Ben Jeddi (**INAT**)
- Hammadi Ben Salah (**INRAT**)
- Gouider Tibaoui (**ESA Mateur**)
- Amar Mlaouhi (**CRRGC Béja**)
- Mongi Ben Younes (**PRRDA Kef**)
- Aniss Ben Rayana (**IRESA**)
- Jamel Ben Rebah (**IRESA**)
- Mabrouka Mabrouka (**IRESA**)

La priorité étant donnée aux articles ayant des résultats applicables.



**Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles,
30 Rue Alain Savary 1002 Tunis**
**Direction de la Diffusion des Innovations et de la Liaison entre la Recherche et la Vulgarisation
(DDILRV)**



: 71718055



: 71796170



: www.iresa.agrinet.tn



: ddilrv@iresa.agrinet.tn