

LES NOUVEAUX OUTILS DU PILOTAGE DE LA FERTILISATION AZOTÉE DU BLE DUR EN MILIEU SEMI-ARIDE.

Communication au 1er séminaire international
Problématiques agronomiques en régions arides et semi-arides (SIAZA1)
Batna du 28-29 au 30 octobre 2013.

Djamel BELAID. L.E.G JEAN ROSTAND. Laboratoires de Sciences de la Vie et de la Terre.
60500 Chantilly. Djamel.BELAID@ac-amiens.fr

Résumé: Les conditions pédo-climatiques des zones semi-arides sont contraignantes pour la culture du blé dur. La fertilisation azotée doit permettre un rendement optimum et une qualité du grain. Actuellement, les préconisations de fumure ne prennent pas en considération la fourniture en azote du sol. Ces fournitures peuvent cependant être quantifiées grâce à la mesure des reliquats azotés en sortie d'hiver. Combinées à la méthode des bilans azotés, il est alors possible d'établir des préconisations fiables. En cas d'intensification, de nouveaux outils permettent d'affiner le niveau et le positionnement du dernier apport d'azote. Les engrais minéraux ne sauraient cependant constituer la seule ressource d'azote des plantes. La minéralisation de l'azote organique et la fixation symbiotiques constituent des sources non négligeables dans le cas des conduites extensives. Des apports exogènes (boues résiduaires) ainsi que des techniques de travail du sol tel le semis direct peuvent permettre d'augmenter le taux de matières organiques du sol.

Mots clés: blé dur, azote, reliquats azotés, amendements organiques.

Les conditions pédo-climatiques des zones semi-arides sont contraignantes pour la culture du blé dur. La fertilisation azotée doit permettre un rendement optimum et une qualité du grain. Cependant, la non maîtrise des doses d'azote (N) peut constituer un manque à gagner important. Des apports faibles d'azote réduisent le potentiel de la culture tandis que de trop forts apports ont un effet dépressif sur le rendement. Le calcul des apports de N du blé dur doit donc reposer sur la méthode des bilans azotés. La fourniture de l'N par le sol est tributaire de la richesse de la MOS, des antécédents culturels (historique de la parcelle) et surtout des périodes de minéralisation automnale et printanière. Dans ces conditions, il s'agit (i) de déterminer les doses d'azote les plus adaptées et pour cela d'appréhender le niveau d'azote minéral du sol en sortie d'hiver avant la reprise de végétation, (ii) de proposer les pratiques de fertilisation azotée adaptée aux différents niveaux d'intensification, (iii) de proposer les outils de modélisation les plus appropriés aux pratiques de fractionnement de l'azote.

Les sols sont caractérisés par un faible taux en matières organiques souvent bien inférieur au taux de 2% souhaité (MAZOYER 1970, BEN HASSINE 2008, CHERRAK 1999). La fertilisation N consiste essentiellement en des apports N sous forme d'urée. Il est très peu fait appel à l'azote que pourraient apporter des légumineuses dans la rotation ou des restitutions organiques. Le travail du sol est essentiellement réalisé à l'aide d'outils à disques (charrues et cultivateurs disques multi-disques). Ces pratiques de travail du sol ont pour effet de favoriser la minéralisation des matières organiques (BELAID, 2013).

BLE DUR ET DYNAMIQUE DE L'AZOTE DU SOL.

Le cycle de l'N dans le sol est largement contrôlé par des processus microbiens. Il s'agit donc de cerner sa disponibilité saisonnière dans le sol.

A-Effet de l'N sur le rendement et la qualité du blé dur.

L'élaboration du rendement du blé dépend de deux composantes (exprimé en poids de grains récoltés par unité de surface) : le nombre de grain par unité de surface et le poids moyen d'un grain. La principale composante du rendement améliorée par l'N est le nombre de gains par unité de surface ATI (2010), LATIRI-SOUKI et *al.*, (1992). L'azote en favorisant le nombre

de grains par unité de surface peut avoir, en cas de déficit hydrique un effet dépressif sur le rendement par le biais du poids d'un grain plus faible (BELAID, 1987). Le fractionnement des doses d'N améliore la qualité des grains (ITGC 2007).

B-Préconisations et reliquats azotés.

Les préconisations de fumure N sont souvent exprimées en doses moyennes. Afin d'atteindre les objectifs de rendement et de qualité, un pilotage plus précis de la fertilisation est nécessaire. La méthode des bilans azotés est un moyen de répondre aux besoins de la plante tout en considérant les flux d'N dans le sol. Cette approche implique de prendre en compte l'N issu de la minéralisation de l'azote organique du sol. Elle peut être réalisée par la mesure du reliquat azoté en sortie hiver, après la phase de lixivation provoquées par les pluies hivernales. Son principe est de soustraire aux besoins azotés de la culture les fournitures du sol en N. ELALAOU (2009) estime l'N minéralisé entre 10 et 50 unités/ha.

C-Une variabilité extrême de l'azote minéral du sol.

Les reliquats azotés sont d'autant plus importants que la pluviométrie automnale est faible. La minéralisation de l'N organique dépend des conditions d'humidité et de température. La grande variabilité des niveaux de pluies automnales dans les conditions algériennes indique que l'azote minéral du sol (en entrée hiver) peut être sujet à de fortes variations. En 1995, les pluies automnales à Sétif ont été de 103 mm contre seulement 38 en 1996. Cette variabilité inter-annuelle se double d'une variabilité selon le précédent cultural. Le niveau moyen d'N du sol mesuré à la sortie de l'hiver varie selon différents précédents (Chambre d'Agriculture de l'Hérault 2011): 65 kg d'N par hectare contre 118 kg derrière melon voire 104 kg derrière blé dur. Mais pour un même précédent ces valeurs varient. Ainsi, une moyenne de 104 kg peut recouvrir des parcelles avec un reliquat azoté de 40 kg/ha et d'autres à 198 kg/ha.

Précédents	Moyenne (kg N/ha)
Blé dur	104 (40* à 198**)
Melon	118 (70 à 135)
Colza	77
Maïs semence	65
Pois protéagineux, pois-chiche.	121

Tableau: Niveau moyen d'azote du sol mesuré à la sortie de l'hiver selon différents précédents. (Chambre d'Agriculture de l'Hérault 2011).

(*) Mesure sur une parcelle avec une fumure ajustée (prise en compte des reliquats) et dans le cas d'un blé dur ayant atteint le rendement objectif.

(**) mesure correspondant à un blé dur en sol riche en matières organiques avec une fertilisation non ajustée (cumul) et un rendement réalisé à 70% du rendement objectif.

D-Azote minéral du sol et historique de la parcelle.

Cette variabilité dépend également de l'historique de la parcelle: précédent cultural, réalisation du rendement réel par rapport au rendement espéré concernant la culture précédente, fertilisation N avec ou non mesure de l'azote minéral du sol, amendements organiques sur les dix dernières années. Différents critères expliquent le choix de l'agriculteur quant au type de jachère pratiqué (ABBAS, et ABDELGUERFI 2005). Enfin, une jachère pâturée peut présenter une proportion plus ou moins grande d'espèces de légumineuses naturelles et donc une mobilisation variable de l'azote atmosphérique. Une telle jachère assolée ou non avec un blé historiquement désherbé au 2-4D ne comportera pas la même population de medicago. Les cas de résorption de la jachère montrent une diversité de précédents pour le blé dur: lentilles, féveroles ou pois fourragers (BEHAMMADI 2011).

L'AZOTE, UN CYCLE ASSOCIE A CELUI DU CARBONE.

Dans une réflexion sur l'évolution des pratiques de fertilisation azotée en Europe CLEYET-MAREL et HINSINGER (2000) notent qu'une « des particularités de l'entrée naturelle de l'azote dans l'écosystème sol-plante par voie biologique est d'associer de façon étroite le cycle de l'azote et celui du carbone. Ceci explique également que, pendant très longtemps, la fertilité du sol, en particulier sa composante azotée, ait été associée de façon intuitive puis raisonnée à la teneur en matières organiques du sol ». Or, selon ces mêmes auteurs, le « lien étroit et incontournable entre la teneur totale en MOS et le pouvoir nutritif azoté du sol a été cassé avec la mise au point de la synthèse de l'ammoniac par le procédé Haber ».

Trop souvent le raisonnement de la fertilisation azotée est fait de façon simpliste. L'azote organique est à prendre en considération (CLEYET-MAREL, HINSINGER 2000). Selon l'année climatique et selon le niveau d'intensification en zone semi-aride, l'utilisation de l'azote minéral pourrait constituer toute ou partie de la fertilisation azotée. L'utilisation de ce type d'azote peut se faire selon plusieurs approches: préserver d'une trop forte minéralisation la MOS produite annuellement, enrichir le sol par des apports exogènes ou favoriser la fixation de l'azote atmosphérique par voie symbiotique grâce à des légumineuses. ANGAR et al., (2010) notent en Tunisie l'effet positif du semis direct; l'amélioration du taux de MOS concerne tous les horizons du sol. Amélioration confirmée dans les mêmes conditions au Maroc par BESSAM et MRABET (2001). ATI (2010) montre que l'apport de boues résiduaires sur blé dur permet un net gain de rendement (34 qx contre 14 qx/ha pour le témoin), CHERAK (1999) note une amélioration de la capacité de tallage chez l'avoine. Le taux de MOS est amélioré, 1,2% à 2,4% suite à des apports durant 4 années (BARBATIK et al., 1985). Il est possible d'installer des légumineuses sur des sols dégradés (GRANIER, 2010). En 6 années le taux de MOS passe de moins de 1% à 5%. Dans le système australien, les prairies temporaires ou les jachères améliorées remplacent la jachère pâturée. Selon PUCKRIDGE et FRENCH (1983) elles permettent une meilleure qualité de grain pour les céréales et une économie d'engrais azotés. Il est possible d'améliorer les jachères pâturées par les légumineuses sauvages (ABBAS, ABDELGUERFI, 2005).

MODELISATION DES BESOINS AZOTES DU BLE DUR.

La difficulté des préconisations de la fumure azotée sur céréales à pailles provient de la part variable de l'azote minéral issue de la minéralisation de l'azote organique du sol. Dans le Sud de la France, en fonction du climat de l'année, celle-ci peut varier de 80 à 150 unités N/ha contre 10 à 50 unités au Maroc (ELALAOUI 2009). Afin d'arriver à des préconisations fiables de fertilisation azotée, le conseil technique se doit de connaître cet azote minéral du sol pour utiliser la méthode des bilans azotés. L'estimation des quantités d'azote minéral disponibles repose sur deux types de méthodes: (i) déterminer le reliquat azoté sur ses parcelles (ou l'estimer à partir d'un réseau de parcelles de références), (ii) procéder au calcul de ce même reliquat d'azote à partir de modèles développés par des Instituts Techniques. Enfin, une fois ce reliquat connu, le fractionnement de la dose d'azote prévisionnelle peut être ajusté en cours de végétation grâce plusieurs outils d'aide à la décision.

A-Des outils pour calculer ou estimer le niveau de fertilisation azoté.

Ces mesures peuvent être effectuées chez des agriculteurs qui en font la demande ou bien sur un réseau de parcelles de référence faisant partie d'un observatoire. L'opération comprend différentes étapes: prélèvements représentatifs des parcelles, fiches de renseignements (précédent cultural et rendement de la culture précédente, fertilisation, objectif de rendement pour la culture en cours) stockage puis expédition des échantillons vers un laboratoire d'analyses (ce qui nécessite avec respect de la chaîne de froid afin de bloquer la minéralisation des échantillons) enfin centralisation des résultats afin d'élaborer des synthèses par type de sols et de précédent cultural. La méthode des bilans nécessite de cerner un objectif de

rendement; il correspond au rendement moyen calculé sur les 5 dernières années après avoir écarté les 2 extrêmes. La mesure du reliquat permet une bonne estimation du stock initial d'azote, mais ne représente qu'une partie du conseil final. La qualité des renseignements concernant l'historique de la parcelle est primordiale. Il est préférable de réaliser un reliquat à la parcelle plutôt que de se baser sur un reliquat moyen. Celui-ci ne peut refléter la réalité de la parcelle. Il est possible d'utiliser un réseau de parcelles. Elles doivent être choisies avec précision et permettre de « disposer de situations représentatives de la variabilité pédo-climatique régionale, de la disponibilité des agriculteurs pour recevoir le préleveur et fournir les informations techniques concernant les parcelles » (BOSCHER , LAFON 2012).

B-Des outils pour piloter la fertilisation azotée.

Les outils de pilotage tels Jubil, N-Tester, GPN Pilot ou Farmstar indiquent le niveau de la dose complémentaire à apporter et à quelle période. Le pilotage de la fertilisation N passe cependant par un passage obligé: la mesure du reliquat azoté. Les outils de pilotage de la fertilisation N s'utilisent en complément de la méthode des bilans (reliquats). Il s'agit là d'outils « d'aide à la décision » et non pas d'outils « de décision » COSPEREC (2013). Aussi, le ressenti de l'exploitant est primordial. Dans des conditions semi-arides, les préconisations concernant le dernier apport d'azote peuvent parfois être élevés alors que tout l'azote déjà apporté n'a pas été entièrement utilisé par la plante. Il est indispensable d'avoir un cumul de 15 mm d'eau entre le dernier apport d'azote et la mesure.

C-Orge brassicole: exemple de pilotage de l'azote par la méthode des reliquats.

La production d'orge brassicole exige un taux de protéines des grains ne dépassant pas 11%. Tout dépassement entraîne de fortes réfections de la part des organismes de collecte. Dans le cas d'une enquête sur les itinéraires techniques pratiqués par des agriculteurs du Nord du Bassin Parisien, il est apparu que, pour de mêmes rendements, les taux de protéines les plus faibles correspondaient aux parcelles où avait été réalisée la mesure du reliquat azoté.

	Dose d'azote (unités/ha)	Rendement Qx/ha	Calibrage	Taux de protéines du grain
Sans reliquat.	90 à 112	64,4	88	11,00%
Avec reliquat.	90 à 112	64,1	92	9,10%

Tableau: Pilotage de la fertilisation azotée sur culture d'orge de printemps (BELAID, 1993).

Connaissant, les quantités d'azote encore présentes dans le sol, le complément d'engrais azoté apporté lors de la reprise de végétation, a pu être déterminé avec précision.

CONCLUSION.

En Algérie, en zone semi-aride, le calcul de la fertilisation repose actuellement sur la seule fourniture d'azote minéral par les engrais. Les forts besoins en azote du blé dur nécessitent de trouver des solutions originales afin de viser le rendement optimum en grain et la qualité semoulière exigée par les industriels de l'agro-alimentaire. La forte variabilité pluviométrique est à l'origine d'une minéralisation ainsi que de fournitures hétérogènes d'azote minéral par le sol. Raisonner la fertilisation en milieu semi-aride nécessite donc de cerner avant tout la dynamique de l'azote du sol. La technique des reliquats azotés est un outil indispensable. Son développement, sous forme d'un réseau de parcelles de référence chez des agriculteurs permettrait de (i) cerner plusieurs situations (type de sol, précédent cultural, restitutions organiques) et (ii) d'assurer des préconisations de fertilisation azotée plus fiables. Afin de piloter l'apport d'azote à la montaison, de nouveaux moyens d'analyse *in situ* du niveau de besoin d'azote par la plante existent. Ils doivent être réservés aux cas de haut niveau d'intensification céréalière, de blés durs de qualités et notamment aux parcelles irriguées. Un outil comme GPN s'avère facile à mettre en oeuvre. Le coût de cet équipement nécessite

cependant une utilisation groupée. Cela peut être envisageable avec un organisme de collecte engagé dans une politique d'amélioration de la qualité technologique des blés durs, un semoulier ou un fournisseur d'engrais azotés. Par ailleurs, la fertilisation azotée ne saurait être considérée sous le seul angle minéral. Afin de réduire les coûts de la fertilisation azotée et de tenir compte des sols à faibles potentialités, la préservation et l'enrichissement de MOS s'avèrent déterminants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- AISSA A.D., MHIRI A., 2002 Fertilisation phospho-potassique du blé dur en culture intensive en Tunisie. In *Cahiers Agricultures*. Volume 11 (6), 391-7, Notes de recherche.
- ATI S 2010 *Étude de l'effet des boues résiduaires sur sol cultivé: dynamique du phosphore et son utilisation en zone semi-aride*. Thèse Mag. Université Batna. 62 p.
- ABBAS K., ABDELGUERFI A., 2005. Perspectives d'avenir de la jachère pâturée dans les zones céréalières semi-arides. In *Fourrages* 184, 533-546
- ANGAR H., BEN HAJ SALAH H., BEN-HAMMOUDA M., 2010 Semis direct et semis conventionnel en Tunisie: les résultats agronomiques de 10 ans de comparaison. *Options Méditerranéennes Série A* 96, 53-59.
- BARBATIK A., LAWARANCE JR., SIKPRA J., COLACICCO D., 1985 *Factors affecting the mineralization of nitrogen in sewage applied to soil*. In *Am.J.Soil Sci.* 49, 1403-1406.
- BELAID D., 1987 : Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur (Hedba3) en conditions de déficit hydrique. Thèse Mag. I.N.A. 108p.
- BELAID D., 1993 Enquête orge de Printemps. Chambre d'Agriculture de l'Oise. ODASE. 4 p.
- BELAID D., 2013 Amélioration de la fertilité des sols de grandes cultures en Algérie. Colloque international « 50 ans de formation et de recherche ». ENSA El-Harrach.
- BENHAMADI A., 2011 Témoignage Algérie. Agriculteur, Benbadis, Constantine. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n°96*. 4. 89-90
- BEN HASSINE H., ALOUI T., GALLALI T., BOUZID T., EL AMRI S., BEN HASSEN R., 2008 Evaluation quantitative et rôles de la matière organique dans les sols cultivés en zones sub-humides et semi-arides méditerranéennes de la Tunisie. *Agrosolutions. Vol. 19 (2), 1-17*.
- BESSAM F., MRABET R., 2001. *Time influence of no tillage on organic matter and its quality of a vertic Calcixerol in a semiarid area of Morocco*. In: *Proceedings of international congress on conservation agriculture*. Madrid. Vol. 2, 281-286.
- BOSCHER A. LAFON C., 2012 Blé dur : niveau des reliquats azotés à l'automne 2011. Chambre d'Agriculture de l'Hérault 4p.
- CHAMBRE D'AGRICULTURE 2011 Niveau moyen d'azote du sol mesuré à la sortie de l'hiver selon différents précédents (site internet).
- CHERAK L., 1999 Incidences des eaux usées résiduaires sur la microflore et le comportement de l'avoine. Thèse Mag. Université Batna. 110 p.
- CLEYET-MAREL J-C, HINSINGER Ph. 2000 Le sol milieu vivant, un territoire qui reste à découvrir et à valoriser. In *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*. Volume (7) 6, 490-493.
- COSPEREC Y., 2013 Blé: Pilotage de l'azote en végétation. *Clé des champs N°12 -Bulletin des Groupes d'Etudes et de Développement agricole du Nord-Pas de Calais*.
- ELALAOUI A.C., 2009 In *Bulletin Mensuel de Liaison et d'Information du PNTTA n°155*
- GRANIER M., 2010 La rénovation par la culture de terrains dégradés par une exploitation continue: *Opt. Médit. Série A (96) 117-121*.
- HINSINGER P., 1998. How do plant roots acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. *Advances in Agronomy*, 64 : 225-65.
- ITGC 2007 Préconisation en matière de fertilisation azotée sur blé dur (site ITGC).
- LATIRI-SOUKI K., AUBRY C., DORE T., SEBILLOTTE M., 1992 Elaboration du rendement en blé dur en conditions semi-arides en Tunisie. In *Agronomie*. 12, 31-43.

MAZOYER M 1970 *Agriculture et développement en Algérie*. Document photocopie. Centre Culturel Français d'Alger. 14p. PUCKRIDGE S.W., FRENCH R.J. (1983): «The annual legume pastures in cereal-ley farming systems of southern Australia : A review», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 9, 229-267.

SHACKLEY B.J., 2000. Crop management. In W.K. Anderson & J. Garlinge, eds. The wheat book - principles and practice. Bulletin 4443, p. 131-163. Perth, Australia, Agriculture Western Australia.