



La luzerne assure la fertilisation D'un maïs non irrigué

Sur les bords de Loire, les captages en eau potable d'Unias ont été classés par le Grenelle de l'Environnement pour mettre en place des actions afin de diminuer la concentration en nitrate, et de limiter la présence des produits phytosanitaires dans l'eau prélevée. Les parcelles à proximité des captages ont été implantées en luzerne, culture à faibles besoins en intrants, il y a plus de 5 ans. Une partie de ces parcelles était engagée en mesures agro-environnementales jusqu'en mai 2017. Du fait de l'épuisement de cette culture, plusieurs agriculteurs ont décidé de retourner leur luzerne.

Or, les luzernes sont des cultures capables de stocker des quantités importantes d'azote. Les études agronomiques (INRA, 2001) montrent que leur destruction risque d'entraîner une quantité d'azote importante dans le sol, de 100 à 160 kgN/ha. Aussi, le risque de lixiviation de l'azote vers la nappe est accru.

Le Syndicat du Bonson, gestionnaire des captages d'Unias, a missionné la Chambre d'Agriculture de la Loire pour suivre la dynamique de l'azote dans le sol suite au retournement d'une parcelle de luzerne dans l'aire de captage.

Objectifs et méthodes de l'essai

Objectifs de l'essai

- Observer l'azote dans le sol après un retournement de luzerne et la quantité présente dans le sol à l'entrée de l'hiver (début drainage) ;
- Évaluer si l'azote minéralisé suite au retournement d'une culture de luzerne est suffisante pour un maïs.

Deux modalités testées

La comparaison du rendement d'un maïs non fertilisé et d'un maïs fertilisé permet de mettre en évidence l'intérêt ou non d'apporter de l'engrais minéral sur la culture du maïs.

Aussi, la parcelle a été séparée en deux :

- une modalité « 0 Ferti »,
- une modalité « Ferti min » : 200 kg/ha d'ammonitrates soit 66 kgN/ha, cette préconisation a été faite à partir de la méthode de calcul du GREN¹.
-

1 Groupe régional d'expertise nitrates

Cet essai a été financé par :

Les reliquats azotés pour connaître l'azote présent dans le sol à un instant t

Plusieurs prélèvements de terre ont été réalisés. L'azote de ces échantillons a été analysé en laboratoire d'où le nom de reliquat azoté. Ces prélèvements ont été faits à 3 périodes clés (cf. tableau ci-dessous).

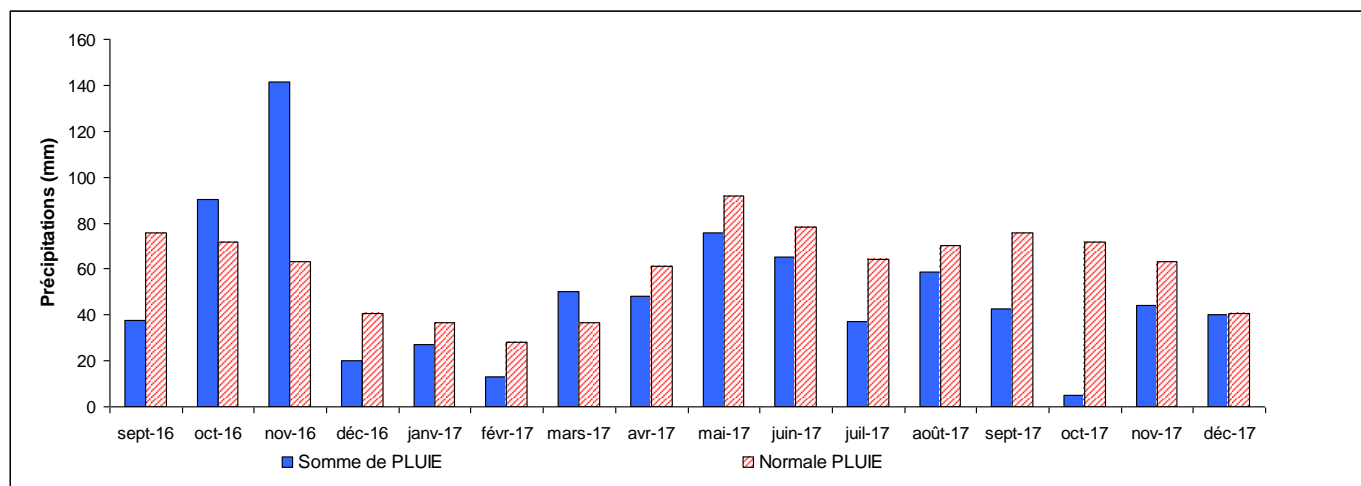
Période de prélèvement	Objectif	Date de prélèvement
Avant le retournement de la luzerne.	Connaître l'azote présent naturellement dans le sol avant le retournement de la luzerne.	16 mai 2017.
A la fin de l'absorption de l'azote par le maïs (fin floraison femelle).	Une fois que le maïs a absorbé l'azote dont il a besoin, connaître la part restant dans le sol et repérer s'il y a eu sur-fertilisation de la modalité « Ferti min ».	8 août 2017.
Au début du drainage de l'eau vers la nappe ou « entrée hiver ».	Connaître l'azote présent dans le sol, potentiellement lixiviable.	12 décembre 2017.

Tableau 1 : périodes et objectifs des reliquats azotés

Contexte et mise en place de l'essai

Bilan climatique de l'année culturale

Sur la période de l'essai de mai 2017 à décembre 2017, le déficit hydrique est important (187 mm), en particulier pour les mois de juillet, septembre et octobre (station d'Andrézieux-Bouthéon).



Graph 1 : précipitations mensuelles de septembre 2016 à décembre 2017, station d'Andrézieux Bouthéon (données Météo France)

Lié à ce manque de pluviométrie, les températures enregistrées à Andrézieux-Bouthéon étaient aussi supérieures aux normales de janvier à août 2017 et à nouveau en octobre 2017.

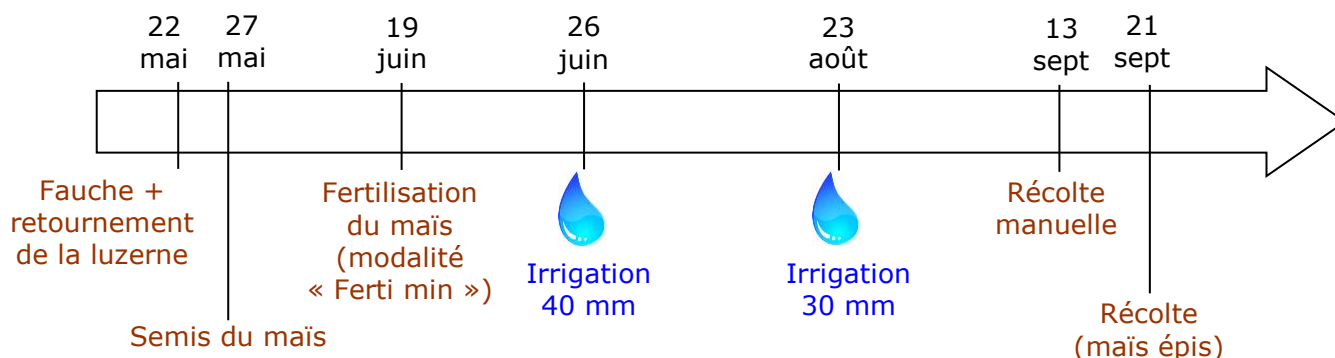
Cette sécheresse a donc eu un impact sur les cultures, en particulier les cultures estivales comme le maïs.

Mise en place et suivi de l'essai

Présentation de la parcelle :

- ✓ Surface : 0,6 ha,
- ✓ Type de sol : Chambon de Loire,
- ✓ Culture observée : maïs, objectif de rendement fourrage 15 tMS/ha,
- ✓ Précédent : luzerne de 5 ans,
- ✓ Culture suivante : céréales.

Itinéraire technique :



Suivi de la réserve utile du sol

La perte d'azote par lixiviation vers la nappe a lieu dès que la réserve en eau du sol est saturée. Afin de pouvoir définir précisément le début de la période de drainage, des sondes tensiométriques ont été positionnées dans la parcelle. Le sol a été saturé en eau le 19 décembre 2017.

Observations et conclusions techniques

Une hétérogénéité du maïs plus importante dans la modalité fertilisée

Une mesure de la hauteur des maïs a été réalisée fin août (tableau 2 ci-dessous).

Modalité	Hauteur (m)				
	Moyenne	Maximum	Minimum	Médiane	Ecart-type
Ferti	2,62	2,94	2,36	2,64	0,19
0 Ferti	2,33	2,77	2,46	2,62	0,11

Tableau 2 : suivi des hauteurs des pieds de maïs au 30 août 2017 (10 comptages).

La hauteur moyenne des maïs fertilisés est supérieure à celle de la modalité non fertilisée. Pourtant, la valeur médiane est équivalente. En effet, dans la modalité fertilisée, il y a plus d'hétérogénéité des tailles (de 2,36 mètres à 2,94 mètres) comparée à la modalité sans fertilisation. Cette différence est traduite par un écart-type de 0,19 mètre pour la modalité fertilisée contre 0,11 mètre pour celle non fertilisée.

Un rendement inférieur à l'objectif visé

Le suivi du peuplement de maïs montre une perte à la levée du nombre de pieds (7 % pour la modalité « ferti » et 11 % pour la modalité « 0 ferti ») ainsi qu'un nombre d'épis par pied faible (inférieur à 1 épi par pied).

Modalité	Nombre de pieds *	Perte à la levée	Nombre d'épis	Nombre d'épis/pied
0 Ferti	79	11%	72	0,91
Ferti	82	7%	75	0,92

Tableau 3 : comptage nombre de pieds et nombre d'épis au 30 août 2017 (*x 1 000/ha).

Le rendement et les échantillons pour analyser la matière sèche ont été faits sur 3 rangs, pris de manière aléatoire, au sein de chaque modalité.

	0 Ferti		Ferti	
	MS (%)	Rdt (tMS/ha)	MS (%)	Rdt (tMS/ha)
Rang 1	37,7	14,05	31	16,29
Rang 2	31,6	12,17	30,7	11,98
Rang 3	33,3	15,85	32	14,09
Moyenne	34,20	14,02	31,23	14,12

Tableau 4 : % MS et rendements par modalité (récolte manuelle le 13 septembre 2017)

Le **rendement (tMS/ha) entre les deux modalités est équivalent**, de l'ordre de 14 tMS/ha. L'objectif de rendement de 15 tMS/ha n'a pas été atteint. Mais une hétérogénéité importante est observée au sein de chacune des modalités (3,68 tMS/ha d'écart pour la modalité « 0 ferti » et 4,31 tMS/ha pour « ferti min »).

La différence de **matière sèche** entre les deux modalités est importante. Le maïs de la modalité «0 Ferti » semble être à un stade plus avancé que la modalité « Ferti ». A priori, ce ne sont pas les pratiques de fertilisation qui ont un impact sur le stade des maïs.

Le manque d'épis et le rendement inférieur à l'objectif visé peuvent s'expliquer par le manque d'eau et les températures élevées des mois de juillet-août, limitant la production du maïs. En effet, les 2 passages d'irrigation n'ont pas été suffisants pour satisfaire la demande climatique du maïs.

De la fin du cycle du maïs à l'entrée hiver, une période de minéralisation importante, en particulier dans la modalité fertilisée

L'azote est présent sous plusieurs formes dans le sol :

- ✓ organique, l'azote issue de la décomposition de la luzerne est d'abord organique ;
- ✓ ammoniacale, c'est une première forme minérale de l'azote mais pas assimilable par les plantes ;
- ✓ nitrate, c'est la molécule qui est absorbée par les plantes, c'est aussi cette forme qui est lixiviable.

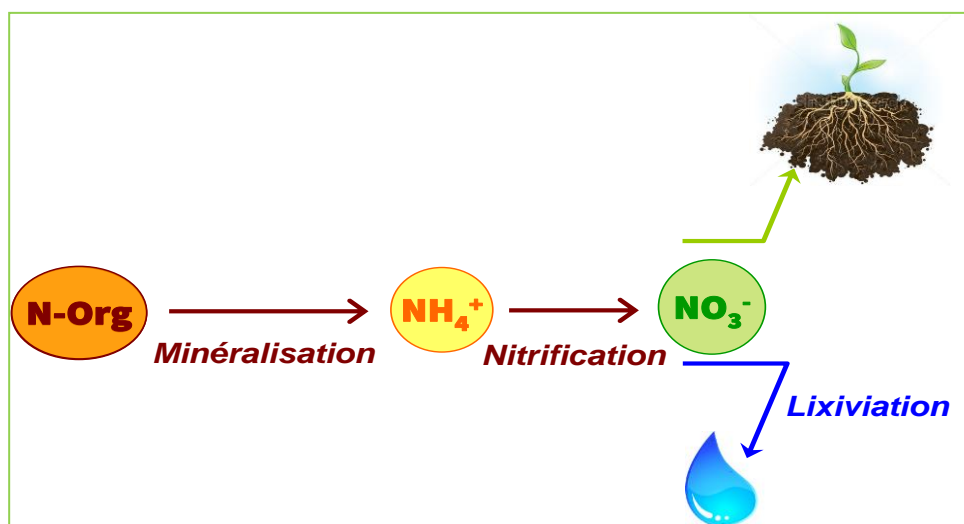


Schéma 1 : Evolution de l'azote dans le sol (N-org : azote sous forme organique, NH_4^+ : ammonium, NO_3^- : nitrates)

Le reliquat azoté analyse deux formes d'azote : nitrates et ammonium. Les résultats des reliquats sont présentés dans le tableau 5.

Quelle que soit la modalité, la valeur du reliquat avant retournement de la luzerne est la même. En effet, un seul prélèvement a été fait car on suppose qu'il y a eu la même conduite homogène sur toute la parcelle.

A la **fin du cycle d'absorption de l'azote**, la quantité d'**azote dans le sol est identique** quelle que soit la modalité. Néanmoins, entre les deux modalités, dans le premier horizon (0-30 cm), l'azote n'est pas réparti de la même façon entre nitrates et ammonium dans le 1^{er} horizon :

- ✓ l'azote présent dans le sol de la modalité fertilisée est autant sous forme ammonium (10 kgN/ha) que nitrates (11 kgN/ha) ;
- ✓ dans la modalité non fertilisée, l'azote est principalement sous forme ammonium (15 kgN/ha pour 3 kgN/ha sous forme nitrates).

Cette différence entre les 2 modalités peut s'expliquer par l'absence d'apport d'azote sous forme d'ammonitrates dans la modalité non fertilisée d'où une quantité moindre sous forme nitrates dans cette modalité. En effet, l'azote présent dans le sol est issu de la minéralisation de l'humus et de la luzerne retournée donc sous une forme organique minéralisée progressivement en passant par la forme ammonium.

	Avant retournement		Fin absorption		Entrée hiver	
	Ferti min	0 Ferti	Ferti min	0 Ferti	Ferti min	0 Ferti
0-30 cm	6	6	21	18	35	25
30-60 cm	5	5	9	6	46	24
60-90 cm	5	5	4	9	6	4
Total	16	16	34	33	87	53

Tableau 5 : valeurs des reliquats azotés, prélevés à 3 périodes différentes

Le reliquat « Entrée hiver » a été prélevé le mardi 12 décembre 2017, environ une semaine avant la saturation en eau du sol. Il permet d'avoir une photographie de l'azote dans le sol avant le début du drainage de l'eau et la lixiviation.

A cette période, la part ammoniacale est très faible (moins de 4 kgN/ha dans chacune des modalités). En effet, en conditions froides, il y a peu de minéralisation. **Le reliquat dans la modalité fertilisée est très supérieur à la modalité non fertilisée.**

En l'absence d'apport d'engrais de ferme ou de synthèse à l'automne comme dans la modalité non fertilisée, l'augmentation de la quantité de nitrates dans le sol est uniquement liée à la minéralisation de l'azote organique du sol, dont une partie est issue de la luzerne détruite.

L'azote supplémentaire présent dans le reliquat de la modalité fertilisée est en partie issu de l'apport d'azote sous forme d'ammonitrates.

A retenir

- Il n'y a **pas de différence de rendement avec ou sans apport de fertilisation minérale** (en condition limitante pour l'eau).
- Il n'y **pas de différence d'azote dans le sol à la fin de l'absorption par le maïs** traduisant une sur-fertilisation de la culture du maïs lors d'un apport d'engrais de synthèse respectant l'équilibre de la fertilisation.
- Le reliquat post-absorption est **inférieur aux références** (Référence directive nitrates : Sols type limon argileux profonds et sains : 50 kgN/ha).
- A la fin de l'absorption de l'azote par le maïs, pour la modalité « 0 Ferti » il y a moins d'azote sous forme minérale et une majorité sous forme ammoniacale peu sensible à la lixiviation.
- Entre la fin d'absorption de l'azote par le maïs et le début du drainage de l'eau vers la nappe, **une part de l'azote organique a été minéralisée**. Le reliquat observé dans la modalité fertilisée (87 kgN/ha) est plus élevé qu'en l'absence de fertilisation (53 kgN/ha).
- D'un point de vue économique et environnemental, le suivi réalisé durant la campagne 2017 montre qu'il ne semble **pas pertinent de fertiliser un maïs avec un engrais après le retournement d'une luzerne, pour un objectif de rendement inférieur à 14 tMS/ha**.

Pour aller plus loin ...

Préconisations à l'échelle de la rotation

A la suite d'une luzerne, il est important de valoriser au mieux l'azote libéré par cette culture pendant les **deux campagnes suivantes**.

Le **maïs** est une culture intéressante car elle capte l'azote minéralisé pendant le printemps et l'été.

Après le maïs, le suivi de l'azote réalisé pendant l'hiver 2017, dans une culture de céréale, montre une quantité de nitrates dans le sol importante. L'azote libéré est donc peu absorbé par une céréale. Un semis de **moutarde** même tardif aura un rôle de piège à nitrates certainement plus efficace qu'une céréale. Cela implique une nouvelle culture de printemps ou d'été ensuite. Il n'est pas recommandé de cultiver deux maïs à la suite pour la gestion des adventices. Néanmoins, derrière une luzerne, la pression des adventices devrait être faible. Après le second maïs, le retour d'une céréale est possible.

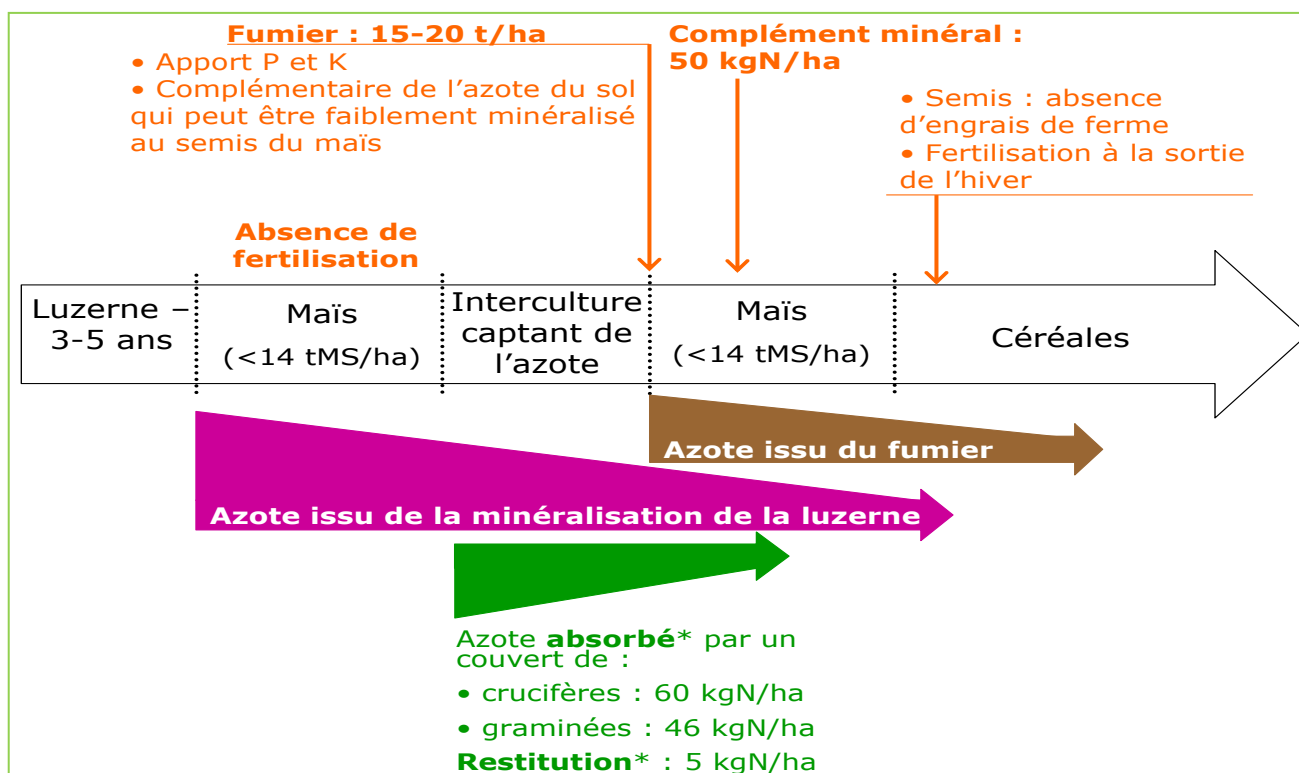


Schéma 2 : Rotation préconisée pour un maïs suivant une luzerne, selon les apports d'azote par la minéralisation du sol et des précédents (* source : Chambre d'Agriculture de l'Isère)

Remarque : il faut attendre au moins 5 ans avant d'implanter une nouvelle luzerne.

Ce suivi continue avec

- le prélèvement d'un reliquat sortie hiver (courant janvier). Cette analyse permettra d'évaluer la part d'azote qui aura été potentiellement lixiviée.
- un nouveau suivi sur une nouvelle parcelle de l'aire de captage d'Unias, en partenariat avec le Syndicat du Bonson. La modalité testée sera la **période de retournement**. L'objectif sera donc de savoir s'il y a une période de destruction de la luzerne qui limite le phénomène de lixiviation.