

Présentation de l'essai

Le raisonnement actuel de la fertilisation azotée du blé est basé sur la méthode du bilan. A cela s'ajoute des règles de décision pour ajuster les apports et viser une nutrition azotée non limitante tout au long du cycle. Cette méthode présente tout de même des limites avec l'estimation de l'objectif de rendement (risque de ne pas atteindre les potentialités les années favorables, stagnation des rendements), la teneur en protéine, l'analyse de sol et l'utilisation de l'azote par la culture, variable selon les conditions météorologiques et la vitesse de croissance.

Une nouvelle méthode de raisonnement de la fertilisation azotée a été conçue par l'INRA intitulée « APPI-N ». Il s'agit d'un raisonnement dynamique de la fertilisation azotée du blé en cours de culture sans objectif de rendement ni reliquat sortie hiver. Cette méthode est basée sur un suivi régulier de l'état de nutrition azotée de la culture par l'intermédiaire du capteur N-tester. Elle s'appuie sur des règles de décision concernant le choix des dates d'apport et les conditions météorologiques optimales d'absorption de l'azote. Elle a pour but final de permettre une meilleure adaptation des apports d'engrais pour répondre au plus près aux besoins de la culture selon les situations et d'aider les agriculteurs dans leur prise de décision. La Chambre d'agriculture de la Charente, en collaboration avec le réseau d'essais APPI-N, a testé cette méthode en micro-parcelles.

L'objectif de ces expérimentations était de tester l'application de la méthode APPI-N dans notre contexte pédoclimatique local, de comparer ses performances à celles des méthodes actuelles et d'acquérir des références sur les pratiques de fertilisation azotée du blé. L'essai en micro-parcelle a été mis en place à Barbezieux avec trois répétitions.

Agriculteur	M. BLANCHARD
Date de semis	Décembre 2019
Date de récolte	09/07/2020
Précédent	Tournesol
Lieu	Barbezieux

Sol	Champagne
Dispositif	Blocs
Nb répétitions	3
Variété	TENOR
Engrais	Ammonitrate 33.5%

Sept modalités ont été définies : un témoin non fertilisé T1, une fertilisation agriculteur T2 identique au reste de la parcelle, quatre méthodes de pilotage (T3, T4, T5 et T6) et une modalité surfertilisée T7. La réflexion d'apport de l'agriculteur est basée sur la méthode bilan, expliquée ci-après. Les modalités T3, T4, T5 et T6 sont basées sur la méthode APPI-N, expliquée par la suite.

Explication de la méthode bilan :

La méthode du bilan prévisionnel de l'azote permet d'évaluer la dose à apporter afin d'atteindre un rendement estimé (ici 75 q/ha). Elle calcule les besoins de la culture (exportations par la récolte + reliquat post-récolte) et les fournitures (du sol, des cultures précédentes, des amendements organiques et de l'eau irrigation). La fertilisation minérale permet d'équilibrer cette balance et d'atteindre le rendement estimé (Figure 1).



Figure 1 : Le bilan azoté

Dans la pratique, cette dose d'azote à apporter est ensuite fractionnée en fonction de la quantité totale. Ces apports sont ajustés au fur et à mesure du développement du blé selon des règles de décisions basées sur différents critères : tallage, enracinement et reliquat en sortie hiver, valorisation de l'azote de l'apport précédent, dose de report à dernière feuille, conditions climatiques... Cette conduite correspond à la modalité Agriculteur.

Explication de la méthode APPI-N :

La méthode APPI-N est basée sur un suivi régulier de l'état de nutrition azotée de la culture par l'intermédiaire du N-Tester et des jours favorables à l'absorption de l'azote. Un jour est favorable lorsqu'une pluie suffisante pour valoriser l'apport, si possible supérieure à 10 mm, est annoncée dans les 3 jours suivants et s'il n'y a pas eu d'apport depuis 15 jours. A l'apparition d'un jour favorable, la teneur en chlorophylle des feuilles de 30 plantes des parcelles est mesurée avec le N-Tester. L'appareil donne une mesure qui est convertie en indice de nutrition azotée ou INN.

Selon la valeur des INN, deux cas sont possibles :

- le blé est en déficit de nutrition azotée avec risque de perte de rendement ou de teneur en protéines : il faut faire un apport ;
- le blé est correctement alimenté en azote donc un apport d'engrais ne serait pas valorisé : il faut faire une impasse.

Si un apport doit être réalisé, la quantité d'unité d'azote à apporter est définie en fonction de l'INN et de la date de l'apport via des abaques. Les modalités T3, T4 et T6 sont basées sur les abaques communs avec le réseau d'essais APPI-N. Cet abaque a été adapté au contexte local par la Chambre d'Agriculture de Charente pour la modalité T5 (20 unités d'azote sont ajoutées par rapport aux abaques communs). Les deux tableaux qui suivent présentent les abaques utilisés pour cet essai.

Tableau 1 : *Abaques communs avec le réseau d'essais APPI-N*

INN	15 - 28 février	1 - 15 mars	15 - 30 mars	1 - 15 avril	15 - 30 avril	1 - 15 mai	15 - 31 mai
< 0.6	40	60	80	80	80	80	
0.6 - 0.7	0	40	80	60	80	60	60
0.7 - 0.8	0	0	60	60	60	40	40
0.8 - 0.9	0	0	60	40	40	40	40*
0.9 - 1.0	0	0	40	0	0	0	0
1.0 - 1.1	0	0	0	0	0	0	0
1.1 - 1.2	0	0	0	0	0	0	0

* = apport d'N à réaliser uniquement si la date de floraison est prévue dans plus d'une semaine
normalement, vous ne devriez pas être dans cette zone (sous la trajectoire seuil)

Tableau 2 : *Nouveaux abaques définis par la Chambre d'agriculture de Charente*

INN	15 - 28 février	1 - 15 mars	15 - 30 mars	1 - 15 avril	15 - 30 avril	1 - 15 mai	15 - 31 mai
< 0.6	60	80	100	100	100	80	
0.6 - 0.7	40	60	90	90	100	60	60
0.7 - 0.8	0	40	80	80	80	40	40
0.8 - 0.9	0	0	80	60	60	40	40*
0.9 - 1.0	0	0	60	60	40	0	0
1.0 - 1.1	0	0	40	40	0	0	0
1.1 - 1.2	0	0	0	0	0	0	0

* = apport d'N à réaliser uniquement si la date de floraison est prévue dans plus d'une semaine
normalement, vous ne devriez pas être dans cette zone (sous la trajectoire seuil)

En rouge les nouvelles unités définies par la Chambre d'agriculture de Charente

Essai réalisé par les conseillers grandes cultures de la Chambre d'agriculture de la Charente
Avec le concours financier :



Par la suite, s'il n'y a pas eu d'apport d'engrais, il faut réaliser de nouveau les mesures lorsqu'un jour favorable se présente environ 1 semaine après. Et s'il y a eu un apport, il faut attendre 15 jours pour refaire les mesures et ceci jusqu'au stade épiaison.

Présentation des modalités

Les sept modalités mises en place dans cet essai en micro-parcelles sont les suivantes :

- Modalité T1 : témoin sans azote. Aucun apport d'azote n'a été réalisé.
- Modalité T2 : apports appliqués par l'agriculteur. Les mêmes apports que l'agriculteur a apportés sur sa parcelle ont été réalisés sur cette modalité.
- Modalité T3 : apports appliqués par l'agriculteur ajustement du 3^{ème} apport. Les mêmes apports que l'agriculteur a apportés sur sa parcelle ont été réalisés sur cette modalité sauf pour le 3^{ème} apport pour lequel la décision d'apport est faite en fonction des indications du N-tester.
- Modalité T4 : méthode APPI-N. Sur cette modalité les apports sont réalisés selon la méthode APPI-N du premier au dernier apport, avec les abaques communs au réseau d'essai.
- Modalité T5 : méthode APPI-N nouveaux abaques. Sur cette modalité les apports sont réalisés selon la méthode APPI-N du premier au dernier apport, avec les nouveaux abaques définis par la Chambre d'agriculture de Charente comme présenté dans le Tableau 2.
- Modalité T6 : méthode APPI-N décisions. Sur cette modalité les apports sont réalisés selon la méthode APPI-N avec les abaques communs au réseau d'essai. Cependant un nouveau critère s'ajoute à la décision d'apport : s'il y a des pluies de plus 10mm d'annoncées, que l'INN n'indique aucun besoin de la culture et que le dernier apport est antérieur à 15 jours, un apport est tout de même réalisé (de 40 ou 60 unités d'azote en fonction du dernier apport réalisé).
- Modalité T7 : méthode APPI-N surfertilisée. Sur cette modalité surfertilisée, 150 unités d'azote (réparties en plusieurs apports) ont été apportées en plus par rapport à la modalité APPI-N T4. Cette modalité permet d'observer le comportement de la culture sans que l'azote ne soit un facteur limitant et ainsi de la comparer aux autres modalités. Elles servent également pour calculer l'INN.

Le Tableau 3 qui suit présente les dates et doses apportées pour chaque modalité.

Éléments marquants de la campagne

L'essai a été semé début décembre 2019. Toutes les interventions, excepté la fertilisation azotée, ont été réalisées par l'agriculteur. L'engrais azoté utilisé pour mener l'expérimentation était de l'ammonitrate 33.5 %. Chaque apport a été réalisé à l'aide d'un épandeur à engrais manuel. L'essai a été récolté le 9 juillet 2020.

Le *Tableau 3* qui suit présente les dates et les quantités d'azote apportées pour chaque modalité de l'essai.

Tableau 3 : Caractéristiques des 7 modalités de l'essai, dates et doses d'azote apportées

Modalité	Caractéristiques	Dose totale et fractionnement	Date et doses (en UN/ha) des apports				
			24/02 Tallage	30/03 2 nœuds	06/04 2 nœuds	30/04 DFE	07/05 DFE
T1	Témoin non fertilisé	Pas d'azote	0				
T2	Fertilisation de l'agriculteur	205 UN/ha en 3 apports	50	104		51	
T3	Fertilisation de l'agriculteur et ajustement à partir du N-testeur pour le 3 ^{ème} apport	154 UN/ha en 2 apports	50	104			
T4	Fertilisation basée sur la méthode APPI-N avec les abaques du réseau d'essai	140 UN/ha en 3 apports	40		60		40
T5	Fertilisation basée sur la méthode APPI-N avec les nouveaux abaques de la CA16	180 UN/ha en 3 apports	60		80		40
T6	Fertilisation basée sur la méthode APPI-N avec un critère de décision d'apport	160 UN/ha en 3 apports	40		90		30
T7	Parcelle surfertilisée nécessaire à l'utilisation de la méthode APPI-N	290 UN/ha en 4 apports	90	30	120		50

Le premier apport a été réalisé le 24 février au stade tallage. Les apports des modalités T2 et T3 ont suivis les mêmes doses que celles de l'agriculteur. Les doses apportées pour les modalités T4, T5 et T6 ont faites en fonction de la méthode APPI-N. La méthode T7 a été surfertilisée de 50 unités d'azote par rapport à la modalité T4.

Par la suite, un apport a été réalisé par l'agriculteur le 30 mars de 104 unités d'azote.

Un apport azoté a été réalisé le 6 avril sur les modalités T4 (60 unités/ha), T5 (80 unités/ha), T6 (90 unités/ha) et T7 (120 unités/ha) et le 07 mai sur les mêmes modalités avec respectivement 40, 40, 30 et 50 unités d'azote. Une mesure de contrôle N-Testeur a été réalisée le 17 avril car des précipitations étaient annoncées le 18, 19 et 20 avril. Aucun apport d'azote n'a été réalisé à cette date-là car les mesures indiquaient qu'il n'était pas nécessaire.

Une dernière mesure de contrôle a été faite le 19 juin pour vérifier si le blé était correctement alimenté en azote au moment de la floraison. Cette mesure a confirmé que le blé avait une nutrition azotée optimale pour maximiser la programmation du nombre de grains par épi, le remplissage des grains et la teneur en protéines à ce stade.

Le Tableau 4 qui suit présente les pluies enregistrées après chaque apport azoté et le Graphique 1 présente les données climatiques de la campagne 2019-2020 ainsi que les dates des apports.

Essai réalisé par les conseillers grandes cultures de la Chambre d'agriculture de la Charente
Avec le concours financier :



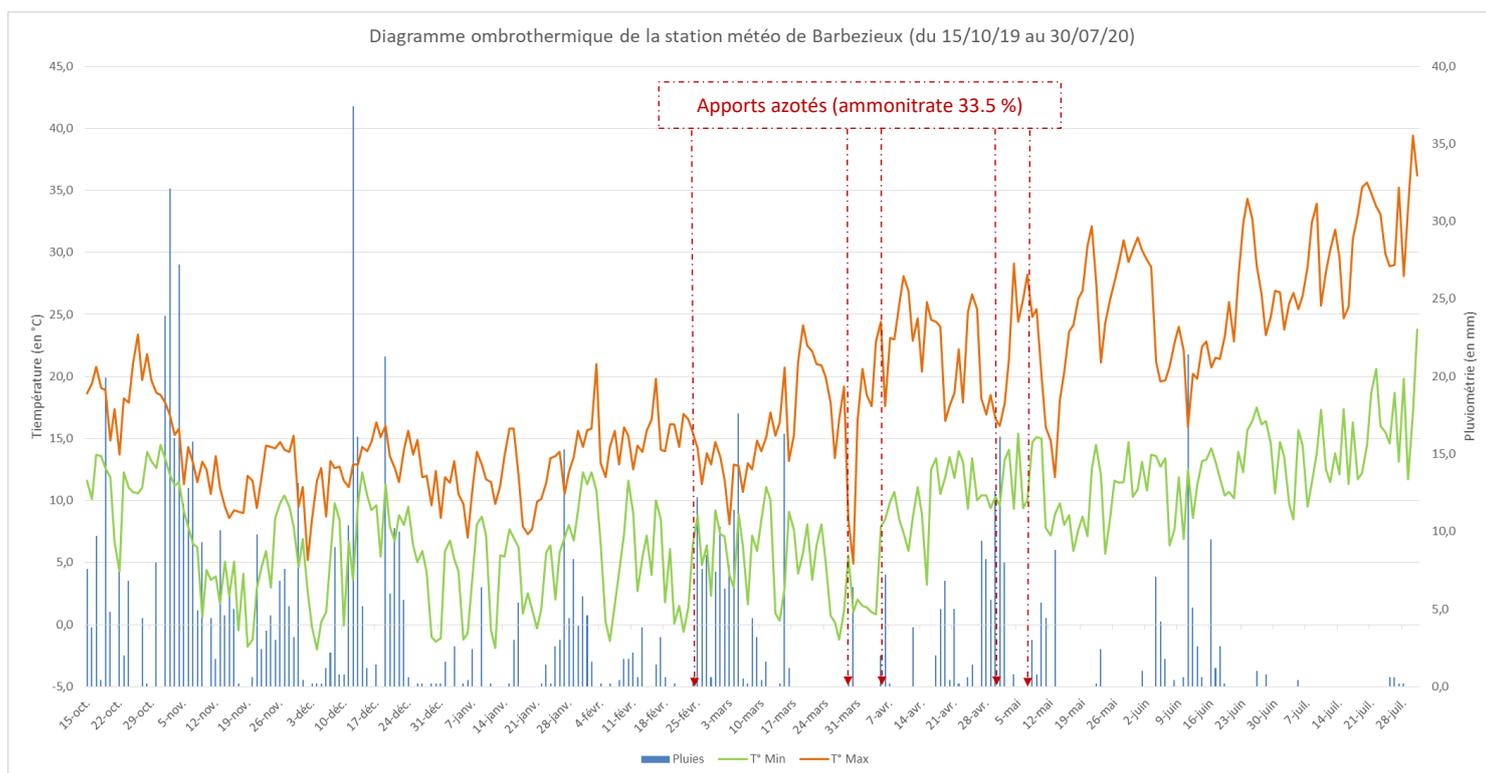
Tableau 4 : Pluviométrie enregistrée à la station de Barbezieux (source Météo France)

Date	Pluviométrie de la station de Barbezieux dans les 3 jours suivants l'apport
24/02/2020	28,3 mm
30/03/2020	0 mm
06/04/2020	0,2 mm
30/04/2020	24,1 mm
07/05/2020	9,2 mm

Récolte en Charente

Les rendements sont médiocres et hétérogènes allant de moins de 30 q/ha pour les parcelles en difficultés à, à peine, 70 q/ha dans les terres irriguées à très bons potentiels. Les teneurs en protéines atteignent les 11 % et les poids spécifiques les 76 kg/hl, seuils limites de la classe de qualité supérieure. Toutefois cette plus-value ne compensera sûrement pas économiquement le manque de quintaux.

Les rendements de cette campagne sont difficiles à expliquer car de multiples facteurs sont en cause du semis à la récolte (excès d'eau, déficit hydrique, enracinement, échaudage, maladies, bio agresseurs...).



Graphique 1 : Diagramme ombrothermique de la station de Barbezieux du 15/10/2019 au 31/07/2020 (source : Météo France)

Essai réalisé par les conseillers grandes cultures de la Chambre d'agriculture de la Charente
Avec le concours financier :



Résultats de l'essai

Tableau 5 : Résultats de l'essai

MODALITE	Dose total d'azote (UN/ha)	Date et doses (en UN/ha) des apports					Rendement ajusté à 15 % (q/ha)	Test de Tukey	Coût passage + ammonitrate (€/ha)	Rendement économique (q/ha)	Test de Tukey	Protéine (%)	Humidité (%)	PS (kg/ha)	
		24-févr	30-mars	06-avr	30-avr	07-mai									
		Tallage	2 nœuds	2 nœuds	DFE	DFE									
T7 Surfertilisée	290	90	30	120		50	73,50	a..	262	58,50	a	12,2	12,2	79,94	
T3 Agriculteur + N-Tester	154	50	104				71,26	ab.	138	63,36	a	11,5	12,4	79,96	
T6 APPI-N Décisions	160	40		90		30	68,23	ab.	153	59,50	a	11,6	12,5	79,72	
T2 Agriculteur	205	50	104			51	68,03	ab.	187	57,33	a	12,3	12,1	79,80	
T5 APPI-N Nouveaux abaques	180	60		80		40	64,32	ab.	168	54,71	a	10,8	12,6	80,53	
T4 APPI-N	140	40		60		40	60,58	.b.	137	52,73	a	11,2	12,7	80,09	
T1 Témoin non fertilisé	0	0						34,29	..c	0	34,29	b	9,1	12,9	79,91
MOYENNE							62,89			54,35		11,26	12,49	79,99	

Coût passage : 10 €/ha

Prix de l'ammonitrate : 257 €/T

Prix de vente du blé : 175€/T

Objectif de rendement : 75 q/ha

Le tableau 5 présente le rendement aux normes, le rendement économique, le taux de protéine, l'humidité et le poids spécifique des sept modalités testées. L'analyse statistique du rendement aux normes met en évidence différents groupes significativement différents. Dans le premier, on retrouve la modalité T7 surfertilisée avec un rendement de 73.5 q/ha. Cette modalité (groupe a) est significativement différente des modalités T4 (groupe b, 60.58 q/ha) et T1 (groupe c, 34.29 q/ha).

Après la modalité surfertilisée, la modalité T3 Agriculteur + N-Tester est la plus intéressante avec un rendement inférieur de seulement 2.24 q/ha par rapport au meilleur rendement de l'essai. Elle est d'autant plus intéressante car la quantité d'apport azoté est inférieure à la modalité agriculteur. En effet, la modalité Agriculteur + N-Tester a reçue 154 UN/ha alors que la modalité Agriculteur a eu 205 UN/ha mais son rendement est de 68.03 q/ha. Il en est de même pour la modalité T6 APPI-N Décisions qui a reçu moins d'azote que la modalité Agriculteur (160 UN/ha contre 205 UN/ha) mais qui ressort avec un rendement identique à la modalité agriculteur.

Ces deux modalités, T3 Agriculteur + N-Tester et T6 APPI-N Décisions, ont un rendement supérieur à la modalité T5 APPI-N nouveaux abaques alors que cette dernière a eu plus d'azote que les deux autres.

Concernant le rendement économique, les coûts de fertilisation ont un léger impact sur le classement des modalités en fonction de leur rendement. En effet, économiquement, la modalité T7 surfertilisée n'est pas la meilleure car ses coûts de fertilisation (coûts de passage et coût de l'ammonitrate apporté) sont élevés (15 q/ha). C'est la modalité Agriculteur + N-Tester qui ressort avec le meilleur rendement économique (63.36 q/ha). Pour les autres modalités, le coût de fertilisation (compris entre 6.54 et 8.91 q/ha) n'a pas d'impact sur leur classement.

La modalité agriculteur possède le taux de protéine le plus élevé 12.3 %. Cette différence peut s'expliquer par les dates des derniers apports d'azote. Le dernier apport a été effectué le 30 avril pour la modalité agriculteur tandis qu'il a été effectué le 7 mai pour les modalités avec la méthode APPI-N. Les précipitations ont été plus importantes le 30 avril que le 7 mai ce qui peut expliquer cet écart de taux de protéine. Les humidités des grains et le poids spécifiques sont homogènes entre les modalités.

Essai réalisé par les conseillers grandes cultures de la Chambre d'agriculture de la Charente
Avec le concours financier :



Pour conclure, la modalité T3 (Agriculteur + N-tester) est la modalité qui a obtenu le meilleur rendement économique grâce à un rendement élevé et une réduction d'apport d'azote. Néanmoins, cette augmentation n'est pas significative statistiquement. Au vu de ces résultats, nous ne pouvons pas affirmer qu'une méthode est plus performante économiquement qu'une autre. D'un point de vue environnemental, les modalités basées sur la méthode APPI-N ont utilisé moins d'azote que la méthode agriculteur. Le risque de transferts d'azote dans les eaux et dans l'atmosphère et les émissions de gaz à effet de serres sont alors potentiellement plus faibles avec la méthode APPI-N dans cet essai.

Essai réalisé par les conseillers grandes cultures de la Chambre d'agriculture de la Charente
Avec le concours financier :

