

Annexe 1 : GREN LR – Fiche Céréales d’hiver

Préambule : La région Languedoc Roussillon est partagée en deux zones climatiques : méditerranéen à l’Est, à tendance océanique à l’Ouest. Aussi, deux méthodes de raisonnement de la fertilisation azotée des céréales d’hiver sont utilisées : méthode Arvalis Sud-Ouest (Aude Ouest) et méthode Arvalis Sud-Est (Aude Est, Pyrénées-Orientales, Hérault et Gard).

1. Caractéristiques générales

Les céréales d’hiver (blé dur essentiellement) représentent dans les ZVN du Languedoc-Roussillon 22.180 ha, dont 54 % sont situés dans l’Aude (29.4 % dans le Gard, 14,6 % dans l’Hérault et 2 % dans les P.O.).

Les céréales à paille sont cultivées en rotation après des précédents variés (tournesol, légumineuses, céréales d’été, maraîchage de plein champ, cultures de semences...) et aussi en partie après céréales, notamment pour l’orge et le blé dur surtout dans la zone de climat méditerranéen.

Ces cultures peuvent être installées dans des sols de types variés (sols de coteaux, sols profonds d’alluvions), avec des potentiels de rendement pouvant varier de 30 à 80 q/ha.

Dans la majeure partie des cas la céréale d’hiver suit une culture annuelle, sans apport de Produits Organiques.

La fertilisation azotée présente des enjeux quantitatifs et qualitatifs. Ces derniers (critères de qualité liées à la teneur en protéine) sont une condition d’accès au marché pour le blé dur, le blé tendre améliorant et le blé tendre panifiable.

2. Méthodes de calcul retenues et modalités de mise en œuvre

2.1. Méthode Arvalis Sud-Ouest (Aude)¹

L’ouverture du bilan se fait en janvier/février. L’équation du bilan prévisionnel d’azote utilisée (COMIFER base CAU) est la suivante :

$$\text{Dose totale d'Azote} = \frac{\text{Besoins de la céréale} - \text{Fournitures d'azote par le sol}}{\text{CAU}}$$

¹ Cette méthode de calcul du bilan azoté est informatisée et se retrouve dans les différents logiciels utilisés par les organismes de conseil (ARVALIS, Chambres d’Agriculture, Coopératives, négoce) : CALAZOTE, MES PARCELLES, FERT EXPRESS...

Avec :

- Besoins en azote de la céréale = Objectif de rendement² x besoin par quintal (Pf) + azote restant dans le sol à la récolte (Rf)
- Fournitures d'azote par le sol = Reliquat d'azote minéral à l'ouverture du bilan (Ri) - Lessivage du 1/10 au 28/02 (L) + Minéralisation de N organique du sol (Mh) + N libéré par un précédent légumineuse, prairie ou jachère + N libéré par un épandage de produit organique

Le Reliquat d'azote minéral à l'ouverture du bilan (Ri) est calculé par le bilan d'azote sur la culture précédente de la manière suivante :

Ri = Azote fourni au précédent par la Minéralisation de l'humus (valeur A)
+ Azote apporté au précédent par les Engrais minéraux
– Azote absorbé par le précédent.

La valeur A est fournie chaque année par Arvalis.

- CAU = Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais (CAU)

Une fiche de calcul ainsi que les différents tableaux nécessaires au calcul figurent à la fin de la présente fiche.

2.2. Méthode Arvalis Sud-Est³

Basée sur l'équation du même bilan prévisionnel d'azote (COMIFER base CAU), la méthode Arvalis Sud-Est a été paramétrée régionalement à partir d'un réseau d'expérimentation pour exprimer le besoin azoté unitaire en coefficient de production (azote à apporter par quintal espéré) au lieu d'un coefficient d'absorption (azote absorbé par quintal produit).

Cette méthode est décrite de façon détaillée en fin de fiche et le document technique de son paramétrage peut être fourni sur demande. Le calcul se fait par application de la formule ci dessous :

Dose prévisionnelle d'Azote = (Coeff. de Production x Objectif de Rendement) + 80
– Azote minéral à l'ouverture du bilan

Coefficient de Production (C) = azote à apporter par unité de Rendement agricole.
Objectif de Rendement moyenne des rendements obtenus pour la culture sur l'exploitation (3 années parmi les 5 dernières, en enlevant les 2 valeurs extrêmes).

² Le rendement à utiliser pour le calcul prévisionnel est la moyenne des rendements obtenus pour la culture sur l'exploitation (3 années parmi les 5 dernières, en enlevant les 2 valeurs extrêmes).

³ Cette méthode de calcul du bilan azoté est diffusée sur l'ensemble de la région méditerranéenne (Languedoc et Provence) par les bulletins techniques ABDD et Cultivances. Elle est mise en œuvre par l'ensemble des organismes adhérents à ces associations de conseils : Chambres d'Agricultures, Collecteurs, Organismes d'approvisionnement...

Azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri) = Azote nitrique présent dans le sol sur 60 cm (mesuré ou estimé à partir de tableaux annuels fournis par l'ABDD – réseau régional de mesures)

L'ouverture du bilan se fait au plus tard au stade 3 feuilles (début d'Hiver). Aussi, la valeur de l'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri) n'est pas connue. En effet celle-ci est fonction des précédents et de la pluviométrie de l'automne (cf. exemples en fin de fiche). Le niveau moyen de Ri étant de 40, c'est cette valeur qui sera retenue au moment du calcul de la dose prévisionnelle totale d'azote.

Ainsi la formule suivante est retenue :

$$\text{Dose prévisionnelle d'Azote} = (\text{Coeff. de Production} \times \text{Objectif de Rendement}) + 40$$

Chaque année, par Arvalis, aux agriculteurs et à leurs préconisateurs des valeurs moyennes d'azote minéral dans le sol en début de bilan (Ri) en fonction des précédents et de la pluviométrie de l'automne. La valeur fournie permet de revoir le calcul et d'ajuster ainsi les apports.

3. Pratiques de fertilisation

Fractionnement en 3 ou 4 apports d'azote (cf. exemple en annexe 2).

4. Outils de pilotage (au stade sortie de la dernière feuille)

Deux outils sont utilisés dans la région :

N-Tester qui opère en mesurant optiquement la teneur en chlorophylle des feuilles qui est fortement corrélée à l'état de nutrition azotée de la plante.

GPN Pilot (réflectomètre portable). La mesure de la réflectance d'un couvert végétal permet de déterminer le niveau de nutrition azotée d'une culture et ainsi le besoin éventuel d'un réajustement de la fertilisation azotée.

Méthode Arvalis Sud-Ouest : Paramétrage et exemple de calcul de la dose totale d'azote à apporter

	Où trouver l'info ?	Exemple	
Je calcule la quantité d'azote minéral dans le sol avant lessivage			
Azote libéré par un épandage d'engrais de ferme apporté avant la céréale Quantité (t ou m3/ha) x N contribuant au reliquat	<input type="text"/>	Tableau 1b	<input type="text" value="0"/>
Azote libéré par un précédent céréale, oléagineux, maïs, sorgho			
azote fourni au précédent par la minéralisation de l'humus (A)	+ <input type="text"/>	Tableau 2	<input type="text" value="120"/>
azote apporté au précédent par les engrais minéraux	+ <input type="text"/>		<input type="text" value="30"/>
azote absorbé par le précédent Rendement (q/ha) x N absorbé (par q ou t MS/ha)	- <input type="text"/>	Tableau 3	<input type="text" value="25 x 4 = 100"/>
Azote libéré par un précédent légumineuse, prairie ou jachère	+ <input type="text"/>	Tableau 4a	<input type="text" value="0"/>
TOTAL : RELIQUAT AVANT LESSIVAGE R = 0 si valeur négative	R = <input type="text"/>		<input type="text" value="50"/>
Je calcule la dose nécessaire au stade 3 à 4 feuilles			
Je calcule le reliquat d'azote minéral à 3 feuilles R3f = R x coefficient lié au lessivage	<input type="text"/>	Tableau 5	<input type="text" value="50 x 0,91 = 45,5"/>
J'en déduis la dose d'azote nécessaire au stade 3-4 feuilles . si R3F > 60 il n'y aura pas d'azote pour le tallage . si R3F < 60 on apportera la dose 60 - R3f (unités/ha)	<input type="text"/>		<input type="text" value="60 - 45,5 = 14,5"/>
Je calcule les fournitures d'azote par le sol à la culture de céréale			
Reliquat d'azote minéral au stade épi à 1 cm R x coefficient lié au lessivage	<input type="text"/>	Tableau 5	<input type="text" value="50 x 0,66 = 33"/>
Minéralisation de l'humus pendant la culture de céréales	+ <input type="text"/>	Tableau 6	<input type="text" value="30"/>
Effet d'un précédent légumineuse, prairie ou jachère	+ <input type="text"/>	Tableau 4b	<input type="text" value="0"/>
Fourniture par l'engrais de ferme apporté avant la céréale Quantité (t ou m3/ha) x N minéralisé pendant la montaison des céréales	+ <input type="text"/>	Tableau 1c	<input type="text" value="0"/>
TOTAL DES FOURNITURES D'AZOTE PAR LE SOL (F en kg N/ha) (y. c. apports organiques)	= <input type="text"/>		<input type="text" value="63"/>
Je calcule le besoin de la culture			
Rendement prévisionnel (q/ha)	<input type="text"/>		<input type="text" value="50"/>
Besoins de la céréale (kg N/q)	x <input type="text"/>	Tableau 7	<input type="text" value="3,7"/>
	= <input type="text"/>		<input type="text" value="185"/>
Azote minéral restant dans le sol à la récolte	+ <input type="text"/>	Tableau 8	<input type="text" value="20"/>
TOTAL DES BESOINS DE LA CULTURE (B en kg N/ha)	<input type="text"/>		<input type="text" value="205"/>
Je calcule la dose totale d'azote à apporter à la parcelle			
Besoin de la culture – Fourniture du sol, divisé par coefficient d'utilisation			
Besoin de la culture (B)	<input type="text"/>		<input type="text" value="205"/>
Fourniture du sol (F)	- <input type="text"/>		<input type="text" value="63"/>
	= <input type="text"/>		<input type="text" value="142"/>
Coefficient d'utilisation	/ <input type="text"/>	Tableau 9	<input type="text" value="0,9"/>
TOTAL D'AZOTE MINERAL A APPORTER A LA PARCELLE	= <input type="text"/>		<input type="text" value="158"/>

Exemple figurant dans le tableau ci dessus

Blé dur (variété Fabulis) en sol argileux avec un précédent tournesol qui a fait 22 qtx/ha avec 30 unités d'azote sans apport de produit organique.
Valeur A=120, pluie jusqu'à 3 feuilles de 200 mm/pluie jusqu'au stade épi 1 cm : 250 mm

Tableau 1 (a, b et c) : Azote fourni par les engrais de ferme (en kg de N par tonne ou m³ de produit)

Type de produit	1a N total disponible	1b N contribuant au reliquat avant lessivage	1c N minéralisé pendant la montaison des céréales
Lisier de canards	5	4,5	0,5
Fientes et fumiers de volailles (dindes, poulets ...)	17	15	2
Lisier de lapins	3,5	2,5	1
Lisier de porcs	3,5	3	0,5
Fumier de porcs	2,3	1,5	0,8
Compost de fumier de porcs	0,8	0,4	0,4
Fumier d'ovins et caprins	2,1	1,3	0,8
Fumier de chevaux	4	3	1
Lisier de bovins	4	3,2	0,8
Fumier de bovins	1,5	1	0,5
Purin	2	2	0
Compost de fumier de bovins	0,8	0,4	0,4
Compost de déchets verts	0	0	0

Tableau 2

La valeur de A est variable selon les années et dépend en particulier de la pluviométrie comme le montre, à titre d'exemple, le tableau ci dessous.

Conditions climatiques l'année précédente	A
Printemps et été chauds (1997 à 2001)	120 u
Année normale	90 u
Année froide avec été pluvieux (1993)	60 u

Valeurs du tableau mentionnées à titre d'exemple.

Pour le calcul prévisionnel il convient d'utiliser la valeur de A fournie annuellement par ARVALIS.

Tableau 3 : azote absorbé par les céréales, oléagineux, maïs et sorgho

Précédent	Pailles enfouies	Pailles exportées ou brûlées
Blé dur	0.3 + Valeurs tableau 7	Valeurs tableau 7
Blé tendre	0.3 + Valeurs tableau 7	Valeurs tableau 7
Orge, avoine	2,8	2,5
Triticale, seigle	3,3	3
Colza	6,0	
Tournesol	4,0	
Maïs grain	2,5	
Maïs ensilage		12
Sorgho grain	2,8	
Sorgho ensilage		13

Tableau 4 (a et b) : Contribution des précédents légumineuses, jachères et prairies

Précédent **4a** : au reliquat d'azote minéral **4b** : à la fourniture d'azote

	avant lessivage (A = tableau 2)	aux céréales
Pois	$30 + (0,5 \times A)$	10
Féverole, lupin	$20 + (0,4 \times A)$	20
Soja	$20 + (0,3 \times A)$	10
Jachère annuelle de graminées	$10 + (0,4 \times A)$	10
Jachère annuelle de légumineuses	$20 + (0,4 \times A)$	20
Jachère pluriannuelle	$20 + (0,4 \times A)$	20
Prairie de 1 à 2 ans	$25 \times kp + (0,3 \times A)$	$25 \times kp$
Prairie de 3 à 6 ans	$75 \times kp + (0,3 \times A)$	$75 \times kp$
Prairie de plus de 6 ans	$100 \times kp + (0,3 \times A)$	$100 \times kp$

kp = 1 pour une prairie toujours pâturée

Tableau 5 : Coefficient lié au lessivage

	cumul des pluies depuis le 1 ^{er} Octobre (en mm)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
profondeur sol : 90 cm									
Argileux	1,00	1,00	0,98	0,94	0,88	0,74	0,54	0,35	0,22
Limoneux	1,00	0,95	0,92	0,85	0,66	0,42	0,23	0,13	0,09
Sableux	0,62	0,37	0,13	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
profondeur sol : 60 cm									
Argileux	1,00	1,00	0,91	0,66	0,39	0,21	0,12	0,09	0,07
Limoneux	1,00	0,95	0,79	0,44	0,20	0,10	0,07	0,06	0,06
Sableux	0,24	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
profondeur sol : 30 cm									
Argileux	0,61	0,26	0,11	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Limoneux	0,50	0,16	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
Sableux	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Tableau 6 : Minéralisation de l'humus

Sols avec moins de 20 % de calcaire total	50 unités	<i>Ex. : Boulbène, Ségalat, Vallées, Coteaux peu calcaires</i>
Sols avec plus de 20 % de calcaire total	30 unités	<i>Ex. : Causse, Coteaux calcaires</i>

Tableau 7 : besoins en azote des cultures

Espèce	Variétés	Besoins en azote (u/q)
Orge	toutes	2,4
Avoine	toutes	2,2
Triticale, seigle	toutes	2,6
Blé tendre	Accroc, Adhoc, Hystar, Pakito	2,8
Blé tendre	Apache, Aprilio, Arrezo, Arkeos, Galopain, Garcia, Goncourt, Illico, Paledor, PR22R58, Premio, Solehio, Sollario	3,0
Blé tendre	Adagio, Aerobic, Ambello, Aubusson, Caphorn,CCB Ingenio, Miroir , Nogal, Saint Ex, Soissons, Valodor	3,2
Blé tendre	Améliorants et de force	3,5
Blé dur	Acalou, Atoudur, Biensur, Dakter, Levante, Neodur, Pescadou, Sy Banco	3,5
Blé dur	Cultur, Fabulis, Isildur, Joyau, Karur, Liberdur, Miradoux, Nemesis, Nefer, Sy Cysco	3,7
Blé dur	Alexis, Babylone, Saragolla, Sculptur, Tablur	3,9

NB : ce tableau est régulièrement actualisé.

Tableau 8 : Azote minéral restant dans le sol à la récolte pour les céréales d'hiver (kg N/ha), source ARVALIS

		Profondeur de sol				
Type de sol		90cm ou plus	75cm	60cm	45cm	30cm
1	argileux	30	25	20	17,5	15
2	limoneux	20	17,5	15	12,5	10
3	sableux	10	10	10	7,5	5

Tableau 9 : Coefficient d'utilisation de l'azote par la culture

Sol bien structuré, bien drainé et culture bien implantée	0,9
Excès d'eau	
Mauvaise structure du sol	
Blé/blé	0,8
Maladies du pied ou précoces sur feuillage	
Cumul de plusieurs causes précédentes	
Excès d'eau importants et fréquents	0,6 *

* Ne pas omettre d'adapter l'objectif de rendement à ces conditions

Méthode Arvalis Sud-Est : Paramétrage et exemple de calcul
de la dose totale d'azote à apporter

BILAN PREVISIONNEL : DOSE TOTALE ET FRACTIONNEMENT

Règle ① Dose totale = C. x Rdt. + 80 u – Ri.

<p>Coefficient de production de l'azote (C)</p> <p>Blé dur, blé tendre améliorant : 3 Blé tendre : 2.6 Triticale, Seigle : 2.3 Orge : 2.2</p>
--

Pour le calcul prévisionnel au moment de l'ouverture du bilan, on prendra **Ri** = 40 u., niveau moyen minimal les années à reliquats bas, soit : $3 \times \text{Rendement moyen de l'exploitation} + 40 \text{ U}$

Règle ② Fractionner la Dose totale :

Fractionnement prévisionnel				
	1	2	3	4
	Début tallage	Fin tallage	1-2 nœuds	Fin montaison
Blé dur, blé tendre améliorant	<p>80 u - Ri (NB : à ce stade la valeur de Ri aura été fournie par Arvalis, ce qui permettra d'ajuster la quantité d'azote apportée)</p>	1 u/q	1 u/q	1 u/q
Blé tendre panifiable		1 u/q	1 u/q	0.6 u/q
Orge, avoine		1.1 u/q	1.1 u/q	

Ces 2 apports peuvent être cumulés
si la dose à apporter ne dépasse pas 100 u. et
que son efficacité attendue est élevée.

Le fractionnement a pour objectif :

- D'accompagner la céréale dans sa croissance en évitant des apports trop élevés ;
- De pouvoir ajuster à la hausse ou à la baisse les quantités d'azote, notamment lors de l'apport de fin montaison afin de s'adapter au potentiel permis par le climat de l'année ;
- D'assurer la teneur en protéines demandée par le marché pour le blé dur et les blés tendres à destination de la meunerie.

Stades d'apport :

1- Pour le tallage : à apporter (sous réserve respect des périodes d'interdiction) dès 2-3 feuilles, stade auquel la carence est la plus pénalisante.

Si N_{DH} (Ri) est supérieur à 80, cet apport doit être nul et l'excédent d'azote disponible (unités au-dessus de 80) vient en réduction de l'apport suivant.

2 & 3- Pour la montaison. Le début de la montaison correspond souvent avec une période de climat sec en région méditerranéenne (février – mars). L'important est de positionner ces apports avant une pluie pour assurer l'efficacité de l'engrais.

- Lorsque le potentiel de rendement est élevé (60 q/ha et plus), il est préférable d'apporter l'azote en 2 fois à 3 – 4 semaines d'écart pour mieux accompagner la croissance et éviter d'apporter une dose élevée (> 100 u.) d'un coup.
- Lorsque le potentiel de rendement est faible, ces 2 apports 2 & 3 seront cumulés.

4- Pour ajuster l'azote au potentiel de l'année. Le climat de fin avril – début mai est généralement marqué par un retour de pluies qui assure à ce dernier apport une efficacité élevée.

Reliquats azotés. Exemple de Publication des valeurs annuelles moyennes

(campagne 2011 – 2012 publication ABDD – février 2012).

Précédent	Azote / Rendt (u/q)	Rendt (q/ha)	Pluie du 1er septembre au 10 janvier (mm)				
			200 Piège Lauragais Littoral de Béziers à Sète Pézenas	250 Carcassonne Vallée du Rhône d'Avignon à Bollène	300 nord de Béziers Nîmes & Costière	350 Montpellier Barjac - Alès - Uzès Beaucaire - Tarascon Camargue	400 Vézénobres - Lédignan (orages de septembre)
Blé dur	2.5 - 3		120	95	70	45	20
	3 - 3.5		130	105	80	55	30
	3.5 - 4		135	110	85	60	35
	4 - 4.5		145	120	95	70	40
Tournesol	0		30				
	1		40				
	1.5		45				
	2		50				
Riz					30		
Maïs	1.5		45				
	2		80				
Pois		30	105	85	70	50	35
Pois chiche	10		20				
	20		30				
	30		40				
Luzerne		170	140	110	75		
Colza	20		35				
	25		50				
	30		65				
	35		80				

Azote / Rendement : Quantité d'azote apportée sur le précédent, divisée par son rendement

Pluies du 1er septembre au 10 janvier : source Météo – France ; Les bassins sont donnés à titre indicatif ; en cas de particularité locale (orages), utilisez vos propres mesures.