

Annexe 5

Synthèse des travaux du groupe de travail 1 et de ses
sous-groupes

Annexe 5.1

Présentation du 15 juin 2012

PREAMBULE :

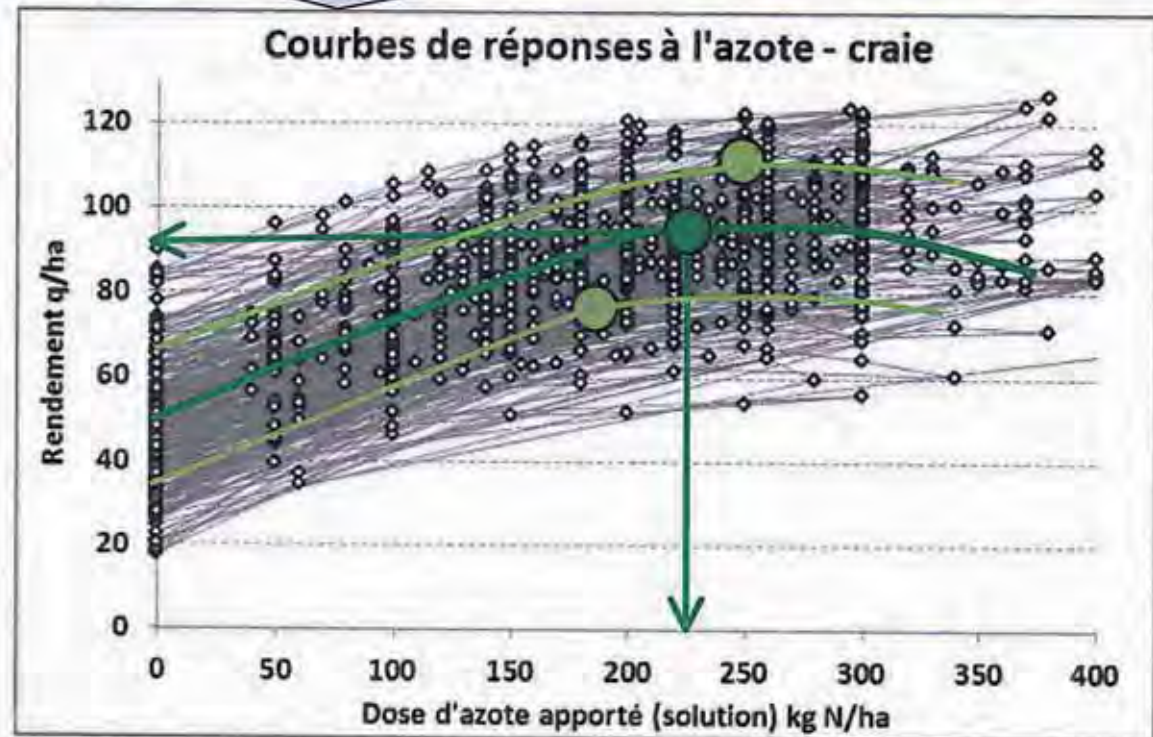
Besoins en azote et courbes de réponse

1- Pour assurer une croissance optimale, la plante absorbe l'azote en continu et de façon proportionnelle à la quantité de matière fabriquée.

2- Des doses optimales bien connues en craie grâce à un référentiel solide de courbes de réponses. Doses à ajuster en fonction de quelques effets par la méthode du bilan (précédents, apports organiques...)



Source : visuels colloque azote ITCF (ARVALIS – Institut du végétal) REIMS 1996



Synthèse ARVALIS-Institut du végétal : 174 essais blé en craie (comités techniques 10/08-51 de 1995 à 2010)

Le reliquat après récolte

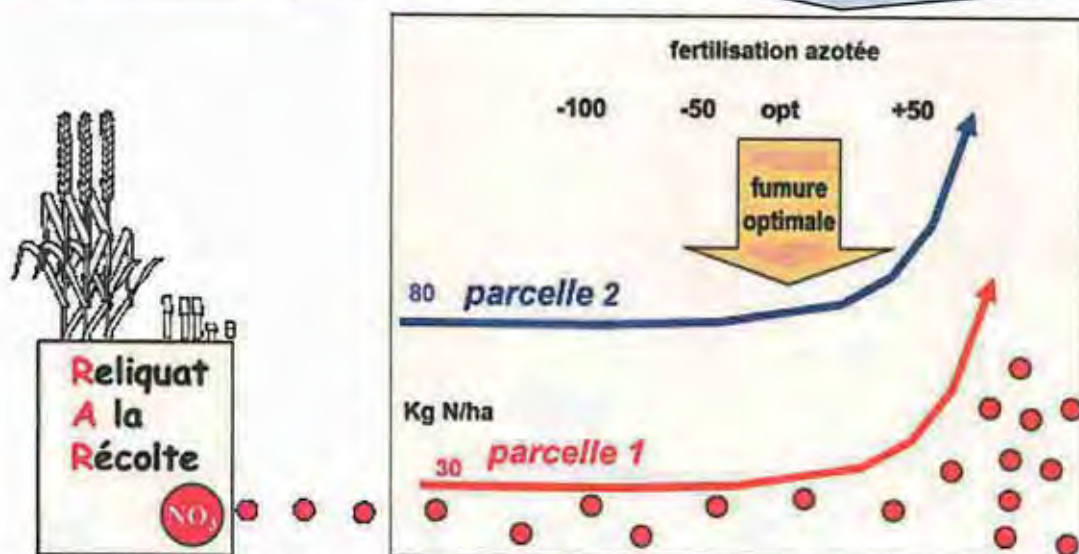
Physiologiquement, la plante ne peut pas absorber l'intégralité de l'azote disponible : enracinement, utilisation de l'engrais (60-90%)...

La valeur du reliquat après récolte n'est pas strictement liée à la dose d'azote minéral épandu car il y a une part d'azote libéré par la minéralisation des matières organiques du sol en fin de cycle. Ce phénomène est dépendant des conditions climatiques, et de fait non maîtrisable.

Le reliquat après récolte est différent entre parcelles :
type de sol, apports organiques, etc...

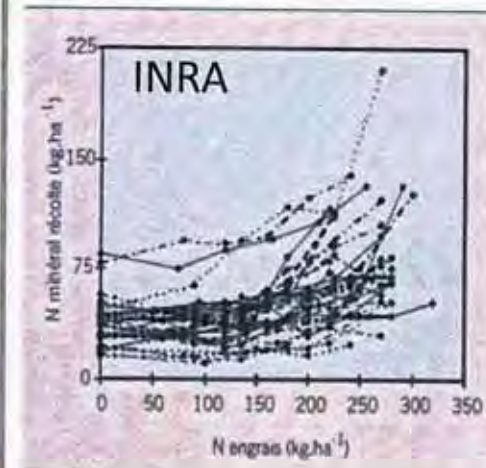
La réduction de la dose d'azote en dessous de l'optimum (sous fertilisation) ne permet pas de réduire le reliquat après récolte. Le reliquat après récolte n'augmente que si la dose optimale est dépassé significativement.

En conséquence il n'est pas nécessaire de pratiquer une fertilisation azotée inférieure à la dose optimale pour réduire le risque de pollution du nitrate.



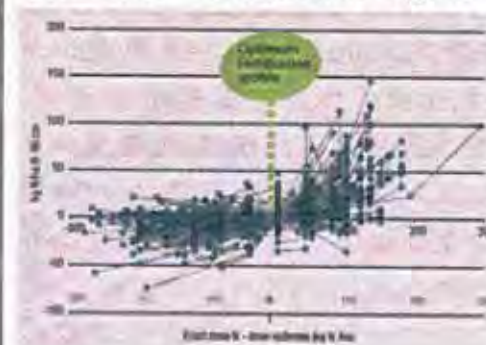
Source graphique ARVALIS – institut du végétal

Sources :

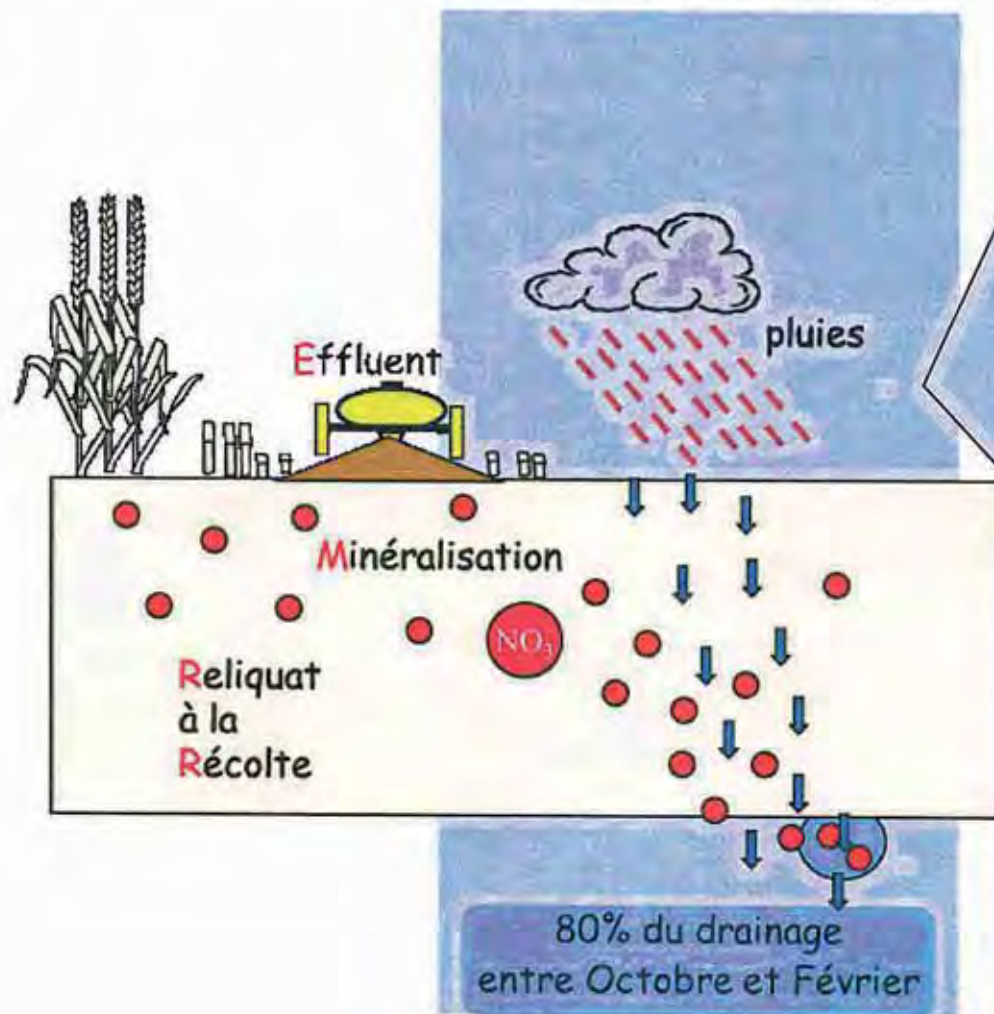


¹ - Malvarsky D., Wallach D., Meynard J.-M., 1999. Models of yield, grain protein, and residual mineral nitrogen response to applied nitrogen for winter wheat. *Agron. Journal*, 91 : 377-383.

ARVALIS – Institut du végétal



Le risque de pertes du nitrate



Le drainage dans les sols en Champagne-Ardenne est concentré en hiver (octobre-février). Cette période correspond à la migration de l'eau et de certains éléments minéraux, comme le nitrate, en profondeur.

Le lessivage des nitrates n'est pas lié aux apports de « l'année n » mais à l'azote dans le sol provenant de la « campagne n-1 ».

Pour réduire le risque de lessivage de nitrates, il est nécessaire de réduire la quantité d'azote dans le sol avant début drainage :

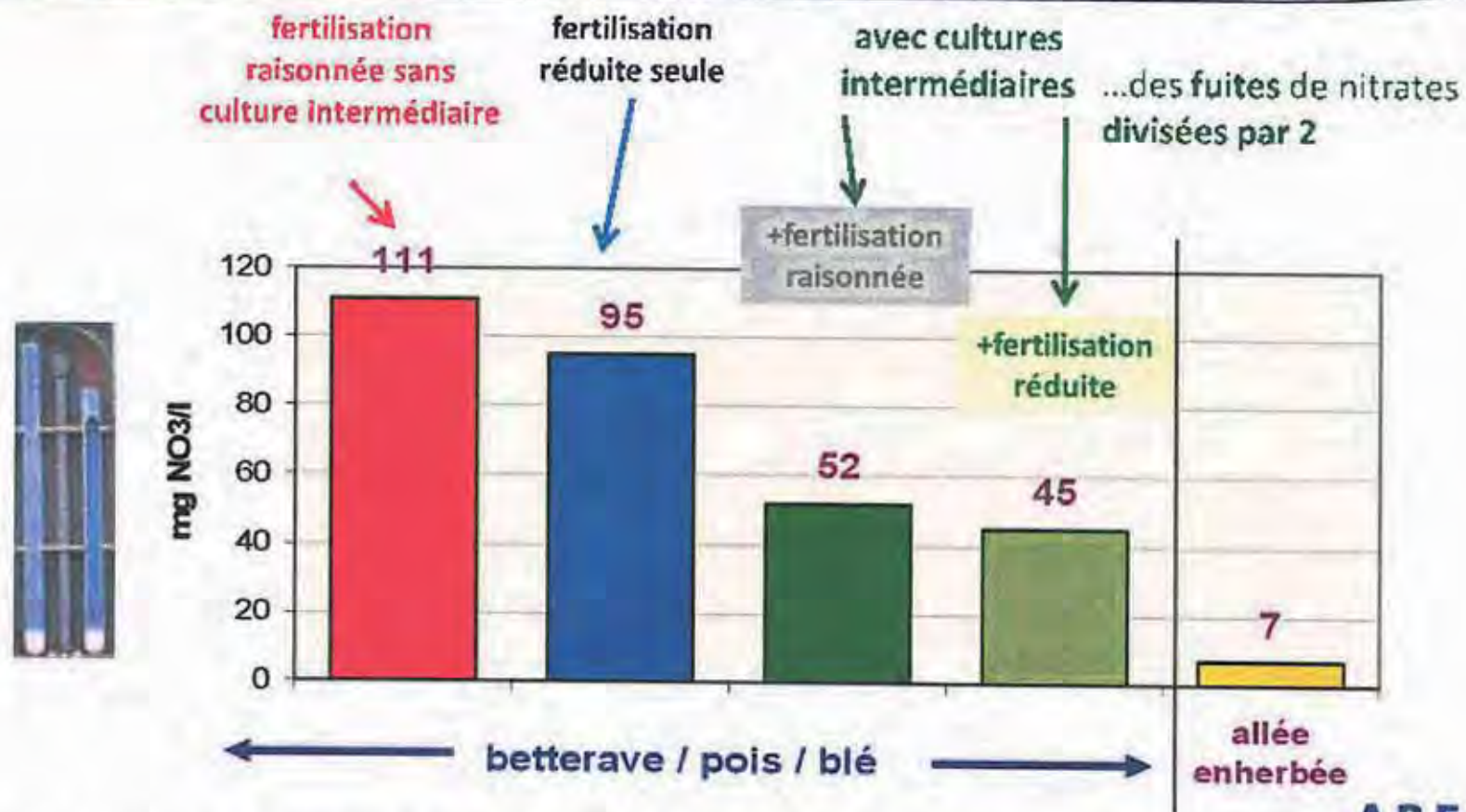
- soit en semant une culture piège à nitrates (CIPAN) qui va absorber l'azote en se développant
- soit en semant une culture implantée à l'automne (céréales d'hiver, colza, etc...), qui va elle aussi absorber l'azote en se développant.

Limiter les pertes de nitrates : essai de Thibie 1992-2003

La sous-fertilisation ne réduit pas les concentrations en nitrates dans l'eau de drainage sous culture.

Seules les cultures capables d'absorber de l'azote en automne (CIPAN à l'interculture, cultures d'hiver) permettent de réduire les concentrations en nitrates dans l'eau de drainage sous culture.

Si l'objectif de rendement est accidentellement non atteint (contrainte climatique), une culture intermédiaire peut « pomper » l'azote en excès dans le sol après récolte et limiter les pertes de nitrates à l'automne



le couvert végétal d'automne est plus performant que la réduction de fertilisation

A.R.E.P.
Association Régionale pour
l'étude des grandes cultures
en Champagne Crayeuse

ARVALIS
Institut du végétal

METHODES DE CALCUL DE LA DOSE D'AZOTE SUR GRANDES CULTURES en Champagne-Ardenne

Méthode de calcul de la dose d'azote apportée sur les grandes cultures en Champagne-Ardenne

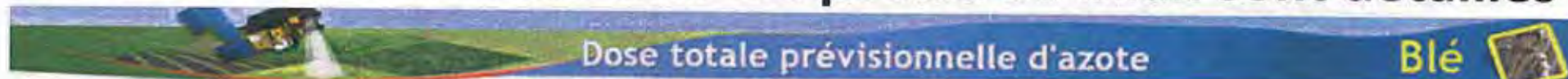
Ne sont pas concernés par ce calcul de dose - bilan simplifié :

Les agriculteurs utilisant sur leurs parcelles les outils figurant dans le tableau suivant ne sont pas obligés de refaire un calcul simplifié sur ces parcelles. Ils pourront fournir le document de calcul de l'outil en justificatif*.

En effet, ces outils de calcul de dose sont souvent plus approfondis qu'un bilan simple car plus de paramètres sont pris en compte et/ou les postes de calcul sont actualisés avec les données météorologiques de la campagne.

Outil	Propriétaire	Type de sol / (cultures)
AZOFERT	INRA	Tous (grandes cultures)
FARMSTAR	ARVALIS – Institut du végétal, CETIOM, ASTRIMUM	Tous types de sols (blé tendre d'hiver, orge d'hiver, colza d'hiver, triticales)
AZOLIS	ARVALIS – Institut du végétal	Tous (grandes cultures)
AGRI-MAP / AGRIFUMURE	ARVALIS – Institut du végétal, VITAREA	Tous (grandes cultures)
ISAMARGE	ARVALIS – Institut du végétal, ISAGRI	Tous (grandes cultures)
Réglette colza	CETIOM	Tous (colza)
HELIOTEST	CETIOM	Tous sauf craie (tournesol)
AZOBIL	INRA	Tous (grandes cultures)

EXEMPLE FARMSTAR : tous les postes du bilan sont détaillés



Parcelle : LES LIGNES 2

Sol : Rendzine grise

E-151558-6

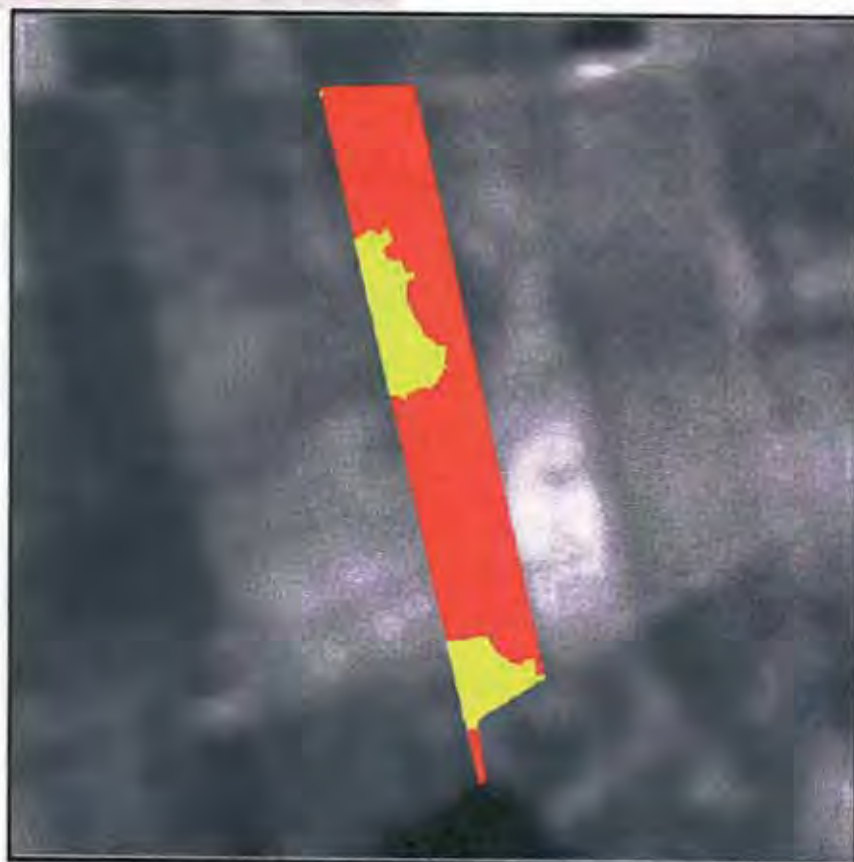
Ilot : 1 Surface : 13.5 ha

Précédent : POMME DE TERRE CONSOMMATION

Variété : SELEKT

Semis : 10/10/2011

Densité (grains/m²): 315



0 |-----| 200



Projection : France Zone II étendu

Dose totale prévisionnelle d'azote

Blé

Carte d'azote absorbé

Azote absorbé dans la parcelle en Unités (U)



Bilan simplifié pour un objectif de rendement de 100.0 q/ha

Besoin de la culture	280	U/ha
Reliquat après récolte	33	U/ha
Azote moyen absorbé pendant l'hiver	-18	U/ha Post. gel
Minéralisation (humus + précédent + prairie)	-50	U/ha Vos données
Reliquat sortie hiver	-52	U/ha <input type="text"/> U/ha
Effet de la culture intermédiaire	0	U/ha
Effet direct des amendements organiques	0	U/ha
Apport pluvio + irrigation et fixation symbiotique	-6	U/ha
Lessivage de l'azote du sol	9	U/ha
Organisation microbienne du N de l'engrais + volatilisation	26	U/ha
Dose totale conseillée (selon la forme d'azote renseignée)	221	<input type="text"/> U/ha

AZOTE : Mettez en réserve 40 U d'azote pour le pilotage de l'apport fin montaison. Cette dose sera réévaluée en cours de montaison par Farmstar

Déclarations prévisionnelles réglementaires :

Plan de fumure azotée prévisionnelle

Nature de l'apport	Teneur en azote (1)	Date d'apport	Surface éendue (2)	Dose (3)	N Total (4)

(1) en kg N / t ou m³, (2) en ha, (3) en t ou m³ / ha, (4) en U / ha



Prochains stades : - Epi 1 cm vers le 01/04/2012,
- 1 noeud vers le 15/04/2012

Origine des données climatologiques : METEO FRANCE

Produit soumis à licence d'utilisation : reproduction interdite sans autorisation - 13/03/2012.

FARMSTAR

acolance

ARVALIS
Institut végétal

ASTRIUM

Campagne 2011 - 2012

Vos parcelles vues du ciel

EXEMPLE FARMSTAR : tous les postes du bilan sont détaillés



Parcelle : LES LANIERS

Sol : Craie de Champagne

E-543252-9 / 2011y357870

Ilot : 14 Surface : 11.82 ha

Précédent : ORGE DE PRINTEMPS

Variété : DK EXQUISITE

Semis : 22/08/2011

Densité (grains/m²): 37

Méthode de la règle Azote

Carte de préconisation azote intra-parcellaire

Dose N (en unités) satisfaisant un objectif de 40 q/ha	% Surface	Si apport précoce (N1), dose à apporter = [N - N1]
Inf. 142	0.0	
172	27.7	
202	44.1	
220 max	28.2	
220 max	0.0	



Préconisation satisfaisant les besoins de la parcelle pour 40 q/ha

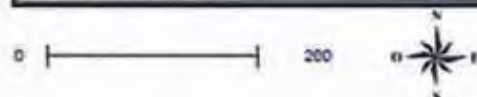
Besoin de la culture	260 U	
Reliquat après récolte	-30 U	
Azote moyen absorbé	-58 U	
Minéralisation (humus + précédent)	-20 U	
Reliquat sortie hiver	-10 U	Vos données
Effet de l'apport régulier de MO	0 U	<input type="text"/> U
Dose totale préconisée	202 U	<input type="text"/> U

L'objectif de rendement et l'azote absorbé conduisent à une préconisation d'apport supérieure à 220 u sur tout ou partie de la parcelle. Au-delà d'une fertilisation de 220 u, l'azote ne risque plus d'être limitant du rendement. La dose maximale conseillée est donc de 220 u pour les zones concernées.

Risque de verse: La variété "DK EXQUISITE" est classée Peu Sensible.

Ce conseil intègre la sensibilité variétale. Il est valable sous réserve du respect de la dose conseillée et du fractionnement. En cas de densité anormalement élevée ou de fortes repousses, voir votre technicien.

Densité au mètre linéaire	<10	10 à 15	>15	
Présence d'élongation automnale	oui	Risque Moyen	Risque Moyen	Risque Moyen
	non	Risque Faible	Risque Faible	Risque Faible



Projection : France Zone II étendu

Produit soumis à licence d'utilisation : reproduction interdite sans autorisation - 02/03/2012.

EXEMPLE AZOFERT : tous les postes du bilan sont détaillés

Plan de fumure azotée de la parcelle - Bilan azoté

Référence : N° AZ012_04107

Pour que ce plan de fumure soit conforme aux règles de la conditionnalité des aides PAC, il vous suffit de compléter ci-dessous le N° d'lot PAC et la surface de la parcelle, ainsi que les 2 tableaux "Prévisionnel des apports" et "Modalités de gestion de l'interculture".

N° d'lot PAC :		Surface (ha) :	
Parcelle : MOULIN A VENT		Précédent : colza d'hiver	
Type de sol : Craie		Culture intermédiaire : Pas de culture intermédiaire	
Culture : Blé tendre d'hiver		Apport organique : Pas d'apport	
Variété : AMBITION		Type d'engrais : Solution azotée	
Besoins unitaires de la culture : 2,8 Kg N/ha			
		Rendement prévisionnel	Autre choix
Objectif de rendement :		100	
I Besoins totaux	1 Besoins de la culture (Rendement x Besoins unitaires)	280	
	2 Azote restant dans le sol après récolte	33	33
	I Besoins totaux de la culture	313	
II Azote fourni par le sol	3 Azote déjà absorbé pendant l'automne-hiver	30	30
	4 Reliquat d'azote sortie hiver utilisable	59	59
	5 Minéralisation de Thumus	27	27
	6 Amère effet Prairie	0	0
	II Azote fourni par le sol	116	116
III Autres fournitures d'azote	7 Effet culture intermédiaire	0	0
	8 Minéralisation des résidus du précédent	4	4
	9 Effet direct des apports organiques	0	0
	10 Apports pluviométriques	8	8
	11 Apport par l'irrigation	0	0
	12 Fixation symbiotique	0	0
III Autres fournitures d'azote	12	12	
IV Azote non utilisable	13 Lessivage de l'azote du sol	14	14
	14 Organisation microbienne de l'azote de l'engrais	2	
	15 Volatilisation de l'azote de l'engrais	20	
	IV Azote non utilisable	36	
Apport prévisionnel en engrais minéral : I - II - III + IV		221	
Complément prévu (si justifié par outil de pilotage)			
Dose totale prévisionnelle			

PREVISIONNEL DES APPORTS					
Nature de l'effluent ou de l'engrais	Période d'apport prévue	Surface épanchée (ha)	Dose T ou m3/ha	Teneur en N Kg N / T ou m3	N Total Kg N / ha
TOTAL DES APPORTS D'AZOTE PREVUS SUR LA CAMPAGNE (en kg N /ha) :					
MODALITES DE GESTION DE L'INTERCULTURE PREVUE					
- Devenir des résidus de culture :					
- Devenir des repousses de culture en place :					
- Implantation prévue de cultures intermédiaires après la culture :					
si oui, nature :					
Date d'implantation prévue :			Date de destruction prévue :		

COLZA : les 2 méthodes de calcul sont utilisées sur la région

L'ouverture du bilan colza démarre à la reprise de végétation. C'est la raison pour laquelle il convient de prendre en considération l'azote déjà absorbé par la plante au cours de l'automne.

La réglette colza du Cetiom est basée sur la méthode des bilans : soit un bilan additif avec reliquats soit un bilan d'efficience avec CAU.

La réglette est un outil confirmé, diffusée à partir du milieu des années 90, elle se décline en 9 versions régionalisées. Les versions nous concernant : Champagne-Nord Picardie (5) et Nord Est (4).



Bilan réglette colza NORD EST (4) basé sur bilan CAU :

$$X = (P_f - P_0) / CAU - X_a$$

Bilan réglette colza CHAMPAGNE NORD PICARDIE (5) basé sur bilan additif simplifié avec reliquats (pas de Cl, retournement prairie ou apport MO pendant

ouverture bilan) :

$$X = P_f + R_f - P_i - R_i - M_n - M_r - Cl - M_{hp} - X_a - N_{irr} + L \quad \text{avec } M_n = M_h + M_r$$



Tournesol : Bases du raisonnement

Pour raisonner la fertilisation N minérale du tournesol on peut utiliser :

- **argilo calcaire superficiel à cailloux** (Barrois et Haute Marne) : bilan prévisionnel simplifié basé sur l'équation d'efficacité (CAU)
- **sols profonds non crayeux** l'équation du bilan additif ou équation d'efficacité (CAU)
- **sols crayeux** : bilan additif

Un outil est validé pour calculer la dose d'azote à apporter : Heliotest (non utilisable en sol de craie)

La période **d'ouverture du bilan** va du semis (fin mars à fin avril) à la récolte (mi septembre à mi octobre). En conditions favorables, la culture est capable d'absorber de l'azote jusqu'à maturité physiologique (début septembre).



HELIOTEST : un outil basé sur le CAU

Héliotest = indicateur précoce de la disponibilité en azote du sol P0

Principe : apparition d'une différence visuelle entre une bande de tournesol fertilisée au semis (60 à 80 kgN/ha) et le reste de la parcelle n'ayant pas reçu cet apport .

Plus cette différence visuelle apparaît tôt, plus la carence est intense. Si la différence visuelle apparaît après le stade 14 feuilles, elle n'a pas de conséquence sur le rendement.

N'est pas adapté aux sols de craies

Méthode de la bande azotée : Héliotest

La bande azotée : un moyen très simple pour déterminer les besoins en azote du tournesol

- Appliquer 60 à 80 unités d'azote sur une bande de la parcelle au semis
- Observer votre bande azotée du stade 8 feuilles au stade 14 feuilles
- Si une différence apparaît avec le reste de la parcelle (différence de couleur, de hauteur ou de volume), apporter aussitôt la dose d'azote nécessaire en végétation.
- Si aucune différence n'apparaît, le sol apporte suffisamment d'azote à votre tournesol.

Déterminer la dose

Nombre de feuilles à l'apparition de la différence visuelle	Objectif de rendement (q/ha)				
	20	25	30	35	40
7-8 feuilles	0 u	30 u	40 u	70 u	100 u
9-10 feuilles	0 u	0 u	30 u	50 u	80 u
11-12 feuilles	0 u	0 u	0 u	30 u	60 u
13-14 feuilles	0 u	0 u	0 u	30 u	40 u

Méthode de calcul de la dose d'azote apportée sur les cultures

Types de sols	Blé tendre d'hiver et autres céréales d'hiver	Orge d'hiver	Orge de printemps et céréales de printemps	Betteraves	Colza	Pomme de terre	Maïs fourrage	Maïs grain	Tournesol
Argile	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Argilo-calcaire superficiel avec cailloux - G1	CAU	CAU	CAU		CAU		CAU	CAU	CAU
Argilo-calcaire moyen avec cailloux - G2	CAU	CAU	CAU		CAU		CAU	CAU	CAU
Argilo-calcaire profond avec cailloux - G3	CAU/BA	CAU/BA	CAU/BA		CAU/BA		CAU/BA	CAU/BA	CAU/BA
Argilo-calcaire profond peu caillouteux - G4	CAU/BA	CAU/BA	CAU/BA	BA	CAU/BA		CAU/BA	CAU/BA	CAU/BA
Graveluche profondeur 0-60cm (potentiel blé 70-80q/ha)	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Craie moyennement profonde 0-90cm (potentiel blé ~90q/ha)	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Craie profonde 0-90cm - Rendzine grise (potentiel blé 100-110q/ha)	BA	BA	BA	BA	BA		BA	BA	BA
Limon profond - Rendzine colorée 0-90cm	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Limon moyen	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Sable - Grève	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Terre de vallée	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
Terre humifère	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA

BA : bilan additif

CAU : bilan CAU

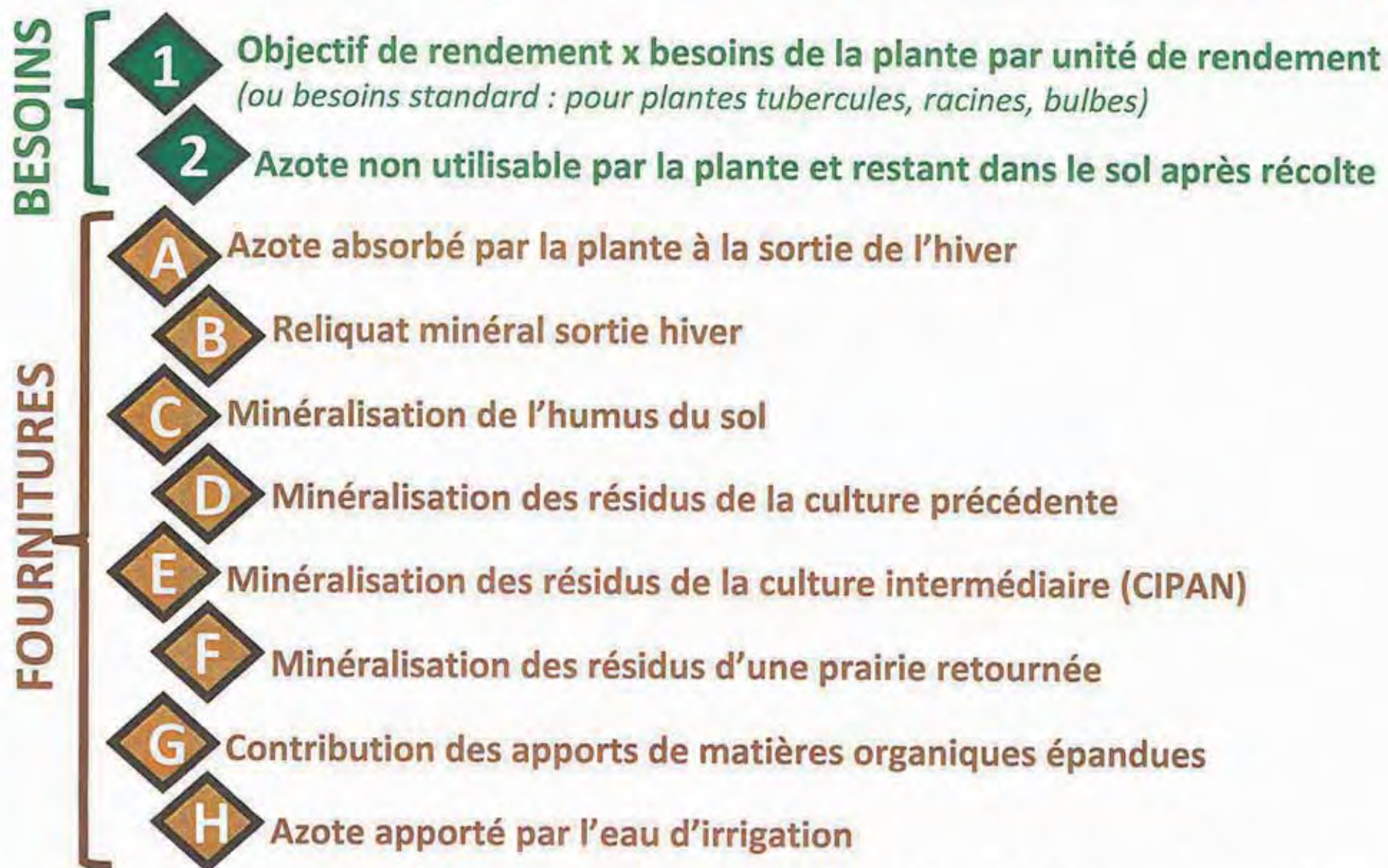
*Autres céréales : triticale, avoine, seigle

Méthode de calcul de la dose d'azote apportée sur les cultures

	Tous types de sol	Sols : argilocalcaire
Méthode	Méthode du bilan additif (équation 3 brochure azote COMIFER p22)	Méthode du bilan CAU (équation 4' brochure azote COMIFER p24)
Equation	$Pf = -Rf + Pi + Ri + Mh + Mr + MrCl + Mhp + X + Xa$	$Pf = P0 + (X + Xa) * CAU$
Postes	<p>Pf : besoins de la culture Rf : azote non utilisable par la plante et restant dans le sol après récolte Pi : azote déjà absorbé par la plante en sortie hiver Ri : reliquat minéral sortie hiver (mesuré ou estimé) Mh : minéralisation de l'humus du sol Mr : minéralisation des résidus de la culture précédente MrCl : minéralisation des résidus de culture intermédiaire (CIPAN) Mhp : minéralisation des résidus d'une prairie retournée X : dose azote apport minéral Xa : contribution des apports de matières organiques épandues</p> <p>(A, Ix, Gx, Fs, L non pris en compte pour simplification car marginal et/ou effets s'annulant dans l'équation comme vu GREN 15/3/2012 à</p>	<p>Pf : besoins de la culture P0 : fournitures du sol (référentiel témoin 0) X : dose azote apport minéral Xa : dose azote apport organique CAU : coefficient apparent d'utilisation de l'azote</p>
Dose	$X = Pf + Rf - Pi - Ri - Mh - Mr - MrCl - Mhp - Xa - Nirr$	Dose $X = (Pf - P0) / CAU - Xa$

**METHODE BILAN
ADDITIF
CEREALES, MAÏS,
BETTERAVES,
POMME DE TERRE,
COLZA, TOURNESOL**

$$= \text{BESOINS (1+2)} - \text{FOURNITURES (A+B+C+D+E+F+G+H)}$$



1

Détail du POSTE « BESOIN DE LA CULTURE » (Pf)

OBJECTIF DE RENDEMENT* x BESOINS de la plante PAR UNITE DE RENDEMENT
ou besoins FORFAITAIRES (voir liste cultures)

*Objectif de rendement = rendement moyen des 5 dernières années à l'échelle de l'exploitation si possible pour des conditions comparables de sol, en excluant le plus faible et le plus fort rendement observé sur ces 5 ans.

Espèces	Besoins de la plante (par UNITE de RENDEMENT)
Blé tendre	3 ou selon variété kg N/q
Blé dur	3.5 kg N/q
Escourgeon	2.5 kg N/q
Orge de printemps	2.5 kg N/q en craie, 2.2 kg N/q autres sols
Seigle	2.3 kg N/q
Triticale	3 kg N/q
Avoine	2.2 kg N/q
Maïs grain	2.3 si ObjRdt <100 q
	2.2 entre 100 et 120 q
	2.1 si ObjRdt > 120 q
Maïs fourrage	14 kg N/t MS
Lin graine	4.5 kg N/q
Lin fibre	10 kg N/t
Colza d'hiver	6.5 kg N/q
Colza printemps	5.2 kg N/q
Tournesol	4.5 kg N/q

Espèces	Besoins FORFAITAIRES de la plante
Betteraves	220 kg/ha

Si l'engrais minéral apporté est sous forme liquide, la quantité d'azote apportée doit être majorée de 10% en sol non calcaire et 15% en sol calcaire.

Source : Instituts techniques,
Comifer 2012

1

Détail du POSTE « b : BESOINS DE LA CULTURE »

Variétés blé

ARVALIS
Institut du végétal

REPARTITION DES VARIETES SELON LEUR BESOIN EN AZOTE (Coefficient b)

2012

GROUPES	VARIETES
b = 2,8	Accroc, (Adhoc), Ambition, Amundsen, Andalou, Aramis, Arlequin, Bermude, Expert, Glasgow, Hekto, (Hybery), Hymack, Hyscore, Hystar, Hysun, Istabraq, JB Diego, Lear, Oakley, (Pakito), Parador, Perfector, Pierrot, Prevert, Roysac, Sciplon, Scor, Selekt, Sobbel, (Sokal), Sponsor, (Sweet), Trapez, Trémie, Viscount
b = 3,0	Adequat, Aldric, Alligator, Allxan, Altigo, Altria, Amador, Andino, Apache, Aprilio, Arezzo, Aristote, (Arkeos), (As de cœur), Attitude, Aurele, Autan, Bagou, Barok, Bastide, Boisseau, Boregar, Boston, (Brentano), Campero, Catalan, Celestin, (Centenaire), Charger, Chevron, Compil, Cordiale, Dialog, Dinosor, Epidoc, Ephoros, Equilibre, Euclide, (Flaubert), Fluor, (Folklor), (Forblanc), Galopain, (Garantus), Garcia, Goncourt, Haussmann, Hybred, Hyxo, Illico, (Innov), Isengrain, (Kalystar), Karillon, Marcelin, Maxwell, (Minotor), Nirvana, Nucleo, Orcas, Orvantis, Oxébo, Paledor, Pepidor, Perceval, Phare, Plainedor, Pr22r20, Pr22r28, Pr22R58, Premio, Razzano, Richepain, Rochfort, Rodrigo, Rosario, Rustic, Sankara, Seyrac, Sirtaki, Sogood, Solehio, Sollario, Swinggy, Toisondor, Uski
b = 3,2	Accor, Adagio, (Aerobic), Allezy, (Altamira), Ambello, (Amerigo), Athlon, Atlass, Aubusson, Avantage, Azimut, Azzerti, Camp-Rémy, Caphorn, CCB Ingenio, Cézanne, Chevalier, Croisade, Exelcier, Exotic, Farandole, Freion, Galactic, Graindor, Instinct, Intéret, Iridlum, Isidor, Kalango, Korell, Limes, Lukullus, Manager, Mendel, Mercato, Miroir, Musik, Nogal, Nuage, Oratorio, Païndor, Racine, Recital, (Ressor), Saint Ex, Samural, Soissons, (Sophytra), Sorrial, Sy Alteo, Valodor, (Zinal)
b = 3,5	Antonius, Arfort, Courtot, Bagatelle 007, Bologna, Bussard, CH Nara, Esperia, (Florina), Florence Aurore, Furio, Gallbier, Hynorista, Levis, Logia, Lona, (Ludwig), Monopole, Pireneo, Qualital, Quality, Quebon, Renan, Runal, Saturnus, Sebasto, Segor, Somme, Stefanus, Tamaro, Togano, Trofeo, (Turelli), Valbona

• Les variétés de blés améliorants non référencées ici sont positionnées par défaut en classe b = 3,5

Attention, cette année dans certaines régions (ex Centre-IdF-Ouest), une adaptation plus précise du coeff b pour ces types de blés a été réalisée. Pour ces situations, utiliser le tableau régional.

• Le classement est provisoire pour les variétés entre parenthèses
• Les autres variétés non référencées ici et non améliorantes sont positionnées par défaut en b = 3,0

Cette répartition pourra être soumise à des modifications avec l'acquisition de nouvelles références

(05 décembre 2011)

1

Détail du POSTE « b : BESOINS DE LA CULTURE »

Pomme de Terre

Champagne

4^e quintile de la quantité d'azote absorbée nécessaire et suffisante à la réalisation du rendement potentiel en tubercules (sans contrainte hydrique)

chair ferme

		date défanage								
		10-juil	20-juil	31-juil	10-août	20-août	31-août	10-sept	20-sept	30-sept
date plantation	21-mars	130	150	165	175	180	185	185	190	195
	01-avr	130	145	155	165	175	180	185	190	195
	11-avr	125	140	160	165	175	180	185	190	190
	21-avr	125	140	155	165	175	180	185	185	190
	01-mai	110	130	145	155	165	175	180	185	190
	11-mai	95	120	135	150	160	170	175	180	185
	21-mai	60	105	125	140	155	165	170	175	180
	01-juin	15	60	100	120	140	150	160	165	170

consommation

		date défanage								
		10-juil	20-juil	31-juil	10-août	20-août	31-août	10-sept	20-sept	30-sept
date plantation	21-mars	160	180	200	210	215	220	225	230	230
	01-avr	155	170	190	200	210	220	225	230	235
	11-avr	150	170	190	200	210	215	220	225	230
	21-avr	150	165	185	195	210	215	220	225	230
	01-mai	130	160	170	190	200	210	215	220	225
	11-mai	110	145	160	180	195	205	210	215	220
	21-mai	70	125	150	165	185	195	205	210	215
	01-juin	15	75	125	145	170	185	190	195	205

grenaille

		date défanage								
		01-juil	10-juil	20-juil	30-juil	10-août	20-août	30-août	10-sept	20-sept
date plantation	21-mars	85	100	110	125	130	135	140	140	145
	01-avr	80	95	105	115	130	135	135	140	145
	11-avr	75	95	105	120	125	130	135	140	145
	21-avr	75	90	105	115	125	130	135	140	140
	01-mai	65	80	95	105	115	125	130	135	140
	11-mai	35	65	90	100	110	120	125	130	135
	21-mai	5	35	75	90	105	115	120	130	130
	01-juin	0	5	35	75	90	105	115	120	125

fécule

		date défanage								
		20-août	31-août	10-sept	20-sept	30-sept	10-oct	20-oct	31-oct	
date plantation	01-avr	230	240	245	250	255	260	260	260	
	11-avr	230	240	245	245	250	255	260	260	
	21-avr	225	235	240	245	250	255	255	260	
	01-mai	220	230	235	240	245	250	255	255	
	11-mai	210	220	230	235	240	245	245	250	
	21-mai	200	210	225	230	235	235	240	245	
	01-juin	180	200	210	215	225	230	230	235	
	10-juin	165	185	195	205	210	220	225	230	

Au-delà de la région de production, du débouché et de la longueur de végétation, des travaux sont en cours pour étudier l'intégration d'une composante variétale dans la détermination des besoins d'azote de la pomme de terre. Ces éléments sont susceptibles d'être intégrés dans une mise à jour du document.

2

Détail du POSTE « Azote non utilisable par la plante et restant dans le sol après récolte » (Rf)

Types de sols	céréales	pomme de terre	colza	betteraves	tournesol, maïs
Argile	30	40	30	30	20
Argilo-calcaire superficiel avec cailloux - G1	(30)	(30)	(30)	(30)	(20)
Argilo-calcaire moyen avec cailloux - G2	(30)	(30)	(30)	(30)	(20)
Argilo-calcaire profond avec cailloux - G3	30	30	40	30	20
Argilo-calcaire profond peu caillouteux – G4	40	40	40	30	20
Graveluche profondeur 0-60cm (potentiel blé 70-80q/ha)	30	40	30	30	20
Craie moyennement profonde 0-90cm (potentiel blé ~90q/ha)	40	40	40	30	30
Craie profonde 0-90cm - Rendzine grise (potentiel blé 100-110q/ha)	40	40	40	30	30
Limon profond - Rendzine colorée 0-90cm	30	20	40	30	20
Limon moyen	30	20	40	30	20
Sable - Grève	20	20	20	30	20
Terre de vallée	20	20	30	30	20
Terre humifère	20	20	30	30	20

Source : adaptation Azobil INRA en fonction de la profondeur des sols de la région et des cultures (expertise régionale)

1

2

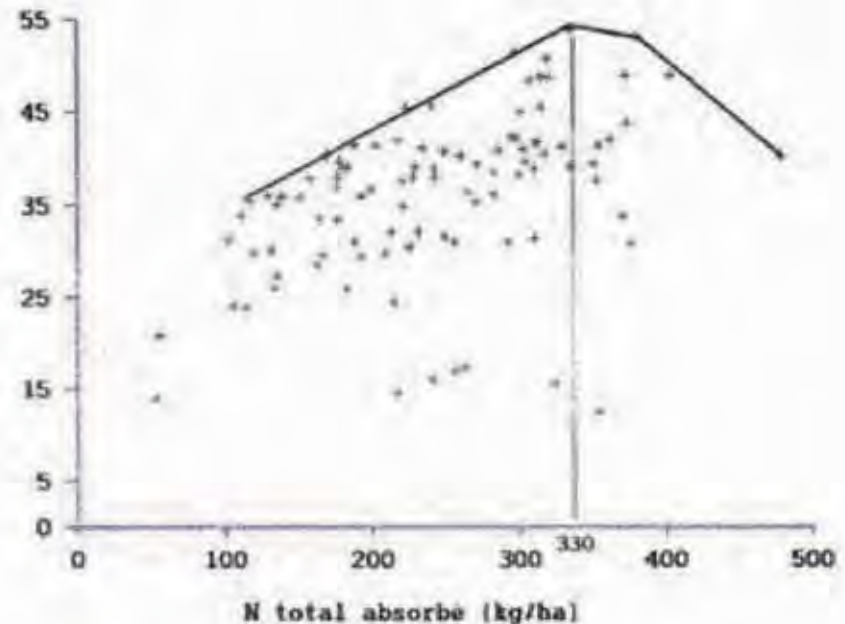
COLZA : Besoins du colza + Rf : Pf+Rf

Pf+Rf = plafonné à 320, 330 ou , 340 suivant sol (300 +Rf)

La valeur de Pf est limitée à 300 kg N/ha. Il a en effet été mis en évidence qu'au-delà de ce niveau, la quantité d'azote absorbé ne limitait plus le rendement (Reau et al., 1994).

Rendement en fonction
que la quantité totale
d'azote absorbé (Pf)
(source : Reau et al.,
1995)

Rdt aux normes
(q/ha)



code ESSAI :
DP 83(51,65) FN 84(67) CAR 92(17,54)
UN 87(65) 88(65) 89(30,50,65)
MFN 91(36,51,54) 92(54) 93(18,21,31,54)
ITX 92(36) 93(17,21,31,34,36,54)

CETION - code ALIS



Détail du POSTE «AZOTE absorbé par la culture en sortie hiver » (Pi)

CEREALES d'HIVER

Nombre de talles	Pas de talle	1	2	3	4	5
Pi (en kg d'N/ha)	10	15	20	25	30	35

5 kg d'N/ha par talle supplémentaire.
En cas de fort tallage, la valeur est plafonnée à 50 kg d'N/ha

Source : ARVALIS-Institut du végétal, 2012

CULTURES DE PRINTEMPS : non concernées = 0

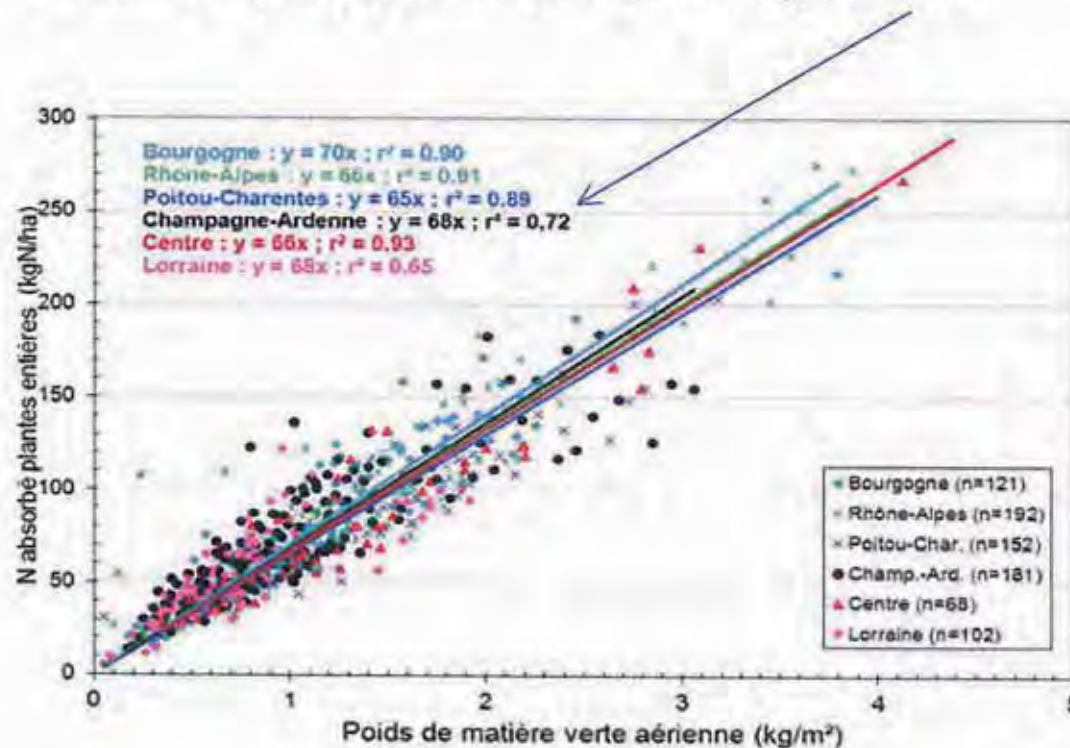


Détail du POSTE «AZOTE absorbé par la culture en sortie hiver» (Pi)

COLZA

- **Pi** = quantité d'azote absorbée par le colza à l'ouverture du bilan à la reprise de végétation **sortie hiver** (peut dépasser les 200 u mais la majorité entre 20 et 120 u)

Pesée : $Pi = \text{poids vert sortie hiver en kg/m}^2 * 70$



Méthode visuelle

moins précis que la méthode par pesée, notamment au delà d'1 kg/m².

TABLE DE CORRESPONDANCE	
Indicateur visuel	Quantité d'azote absorbée (kgN/ha)
	0,2
	0,4
	1
	1,4
	2



Détail du POSTE « Reliquat Sortie Hiver » (Ri)

Basé sur les publications du groupe azote régional (reliquats moyen) ou des mesures sur l'exploitation

Sur céréales d'hiver : prendre 2 ou 3 horizons au niveau du reliquat sortie hiver en fonction de la profondeur du sol et de l'enracinement de la culture.

Sur céréales de printemps : prendre 2 horizons au niveau du reliquat sortie hiver

Sur pomme de terre :

Reliquat azoté en début de cycle (kgN/ha)



$$\frac{(\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+)_{0-30\text{cm}} + [(\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+)_{30-60\text{cm}}]/2}{2}$$



Estimation de la perte d'azote minéral par lessivage (en pourcentage de la quantité initiale présente dans chaque horizon)

Modification du RSH en fonction de la pluviométrie entre la date du prélèvement et l'apport (% de perte).

		Pluies (mm)										
		0	10	20	30	40	50	100	150	200	250	300
Sol limoneux												
horizon	0-30 cm	0	0	0	0	0	0	15	25	35	45	55
	30-60 cm	0	0	0	5	5	10	30	45	55	65	70
Sol argileux												
horizon	0-30 cm	0	0	0	0	0	0	5	10	15	25	30
	30-60 cm	0	0	0	0	0	5	15	25	35	45	50
Sol sableux												
horizon	0-30 cm	0	0	5	15	25	30	55	70	75	80	85
	30-60 cm	0	25	45	55	65	70	85	90	95	95	100
Sol crayeux												
horizon	0-30 cm	0	0	0	0	0	0	20	45	65	80	90
	30-60 cm	0	10	30	40	50	75	90	95	100	100	100

Sur maïs : prendre 2 ou 3 horizons au niveau du reliquat sortie hiver en fonction de la profondeur du sol et de l'enracinement de la culture.

Sur betteraves et tournesol : prendre si possible 3 horizons au niveau du reliquat sortie hiver

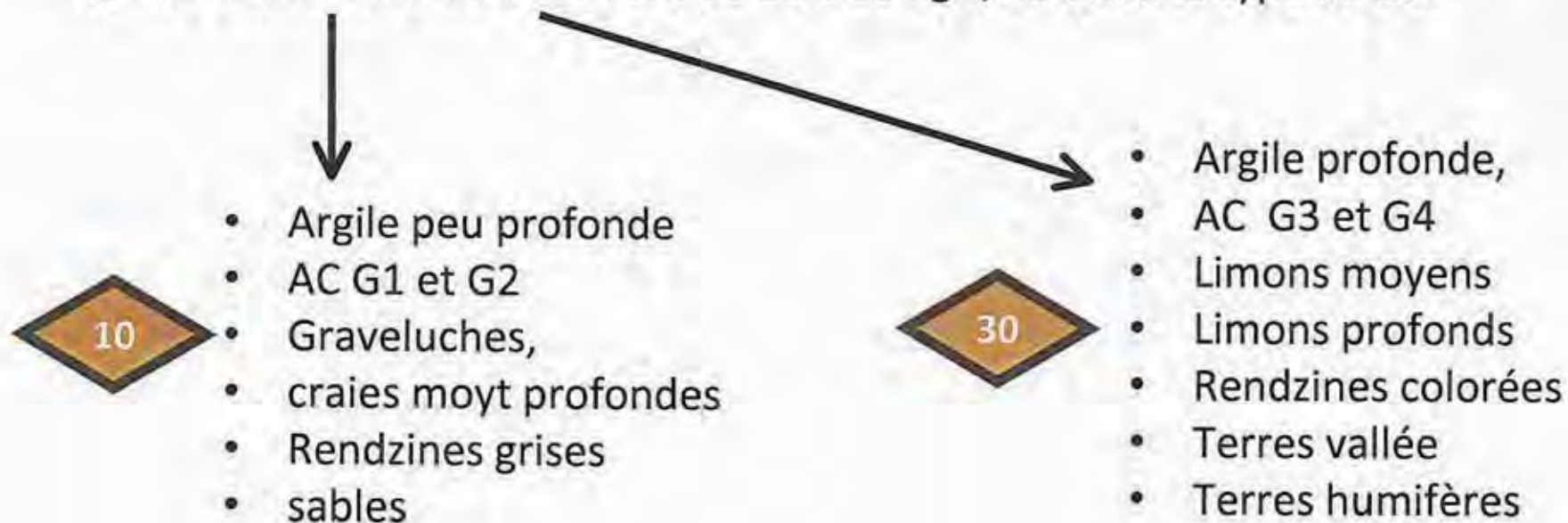
B Détail du POSTE « Reliquat Sortie Hiver » (Ri)

COLZA :

Ri : reliquat sortie hiver à l'ouverture du bilan.

En général Ri faible sous colza car le colza a absorbé l'azote présent.

Dans ces conditions, il n'apparaît pas utile de réaliser cette mesure sur chaque parcelle et il est possible de proposer des valeurs forfaitaires comme dans la réglette azote colza où elles vont de 10 à 30 kgN/ha selon le type de sol.





Détail du POSTE « MINERALISATION de l'humus du sol » (Mh)

Types de sols	Céréales	Colza	Betteraves, Pomme de terre, Maïs, Tournesol
Argile	30	30	60
Argilo-calcaire superficiel avec cailloux - G1	(10)	(10)	(20)
Argilo-calcaire moyen avec cailloux - G2	(20)	(20)	(30)
Argilo-calcaire profond avec cailloux - G3	30	30	30
Argilo-calcaire profond peu caillouteux – G4	30	40	50
Graveluche profondeur 0-60cm (potentiel blé 70-80q/ha)	20	20	50
Craie moyennement profonde 0-90cm (potentiel blé ~90q/ha)	20	20	60
Craie profonde 0-90cm - Rendzine grise (potentiel blé 100-110q/ha)	35	30	60
Limon profond - Rendzine colorée 0-90cm	40	40	60
Limon moyen	30	40	50
Sable - Grève	20	20	40
Terre de vallée	40	40	60
Terre humifère	50	50	90

Sources : Azobil et expertise régionale

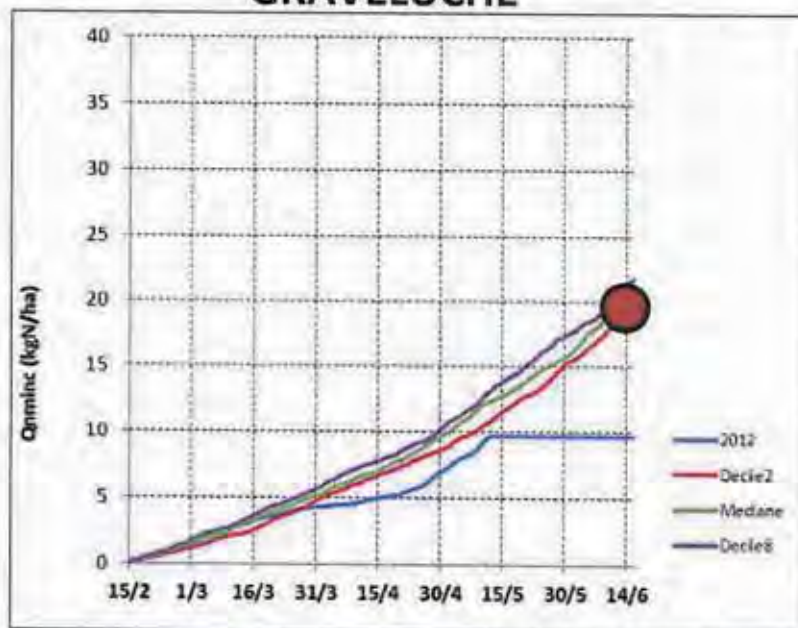
pour la craie = calcul Mh selon équation guide COMIFER p32, à partir de la calculette Nmin humus ARVALIS – Institut du végétal

Groupe Régional d'Expertise Nitrates – Champagne-Ardenne - 2012

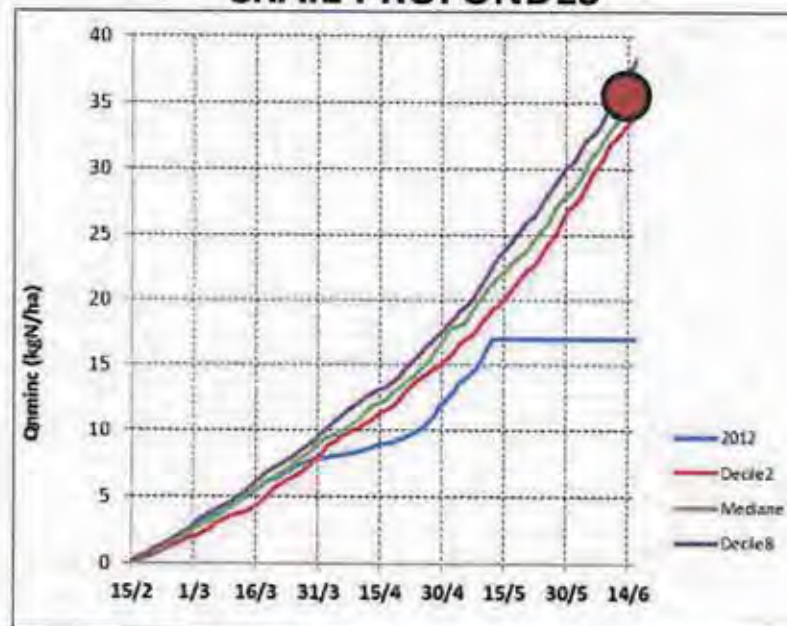
ESTIMATION DU POSTE « Minéralisation de l'humus du sol »

TYPE SOL	nb_données	%MO	%CaCO3	minéralisation de l'humus du 15/02 au 15/06 (U/ha)
CRAIES SUPERFICIELLES : GRAVELUCHE	375	3.00	77.3	20
CRAIES PROFONDES : RENDZINE GRISE/COLOREE	416	3.31	70.7	35
RENDZINE COLOREE - LIMON	195	3.19	52.4	40

GRAVELUCHE



CRAIE PROFONDES



en CRAIE, selon le type de sol, le poste minéralisation de l'humus varie de **20 à 35 U/ha (valeur médiane pluriannuelle).**

Modèle Cinétique de minéralisation de l'azote organique humifié du sol ARVALIS-Institut du végétal à partir de l'équation Mh de la brochure COMIFER

COLZA : la réglette Champagne-Nord Picardie Bilan additif simplifié



La réglette azote colza propose des valeurs forfaitaires de fourniture d'azote (*minéralisation nette = Mn*) par **minéralisation de l'humus Mh** et des **résidus de culture Mr** par région et par type de sol en situation standard.

(standard : *pas de retournement de prairies Mhp, pas de culture intermédiaire MrCl, pas d'apport de produits organiques pendant la période d'ouverture du bilan*).

Mn dans la réglette = Mh+ Mr
avec Mr =0 car pailles enlevées



Détail du POSTE «Minéralisation des RESIDUS de récolte du PRECEDENT»

Précédents	Mr (kg/ha)
Graminées porte graines pailles enfouies	-40
Céréales pailles enfouies, Graminées porte graines pailles exportées	-20
Maïs grain, Tournesol	-10
Céréales pailles enlevées, Maïs fourrage, Lins, Oeillette, Chanvre, Choux	0
Carotte, Endives, Lentilles, Soja, Oignons, Jachères annuelles de graminées ou spontanée, Echalotes	+10
Betteraves, Colza, Pois, Pomme de terre, Vesces, Haricot, Jachère de crucifères	+20
Luzerne, Trèfles, Fèveroles, Jachère de légumineuses	+30

Source : COMIFER 2012 + adaptation régionale pour cultures « mineures »



Détail du POSTE « MINERALISATION des résidus de la CULTURE INTERMEDIAIRE (CIPAN) »

	Production de la CI (tMS/ha)	Ouverture du bilan en sortie hiver		Ouverture du bilan en Avril	
		Destruction Nov/dec	Destruction >Janv	Destruction Nov/dec	Destruction >Janv
CRUCIFERES (moutarde, radis, ...)	<= 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
Graminées de type Seigle, avoine, ...	<= 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
Graminées de type Ray-Grass	<= 1	5	10	0	5
	2 (>1 et <3)	10	15	5	10
	>= 3	15	20	10	15
LEGUMINEUSES	<= 1	10	20	5	10
	2 (>1 et <3)	20	30	10	20
	>= 3	30	40	20	30
HYDROPHYLLACEES (Phacélie)	<= 1	0	5	0	0
	2 (>1 et <3)	5	10	0	5
	>= 3	10	15	5	10
MELANGES graminées - légumineuses	<= 1	5	13	3	5
	2 (>1 et <3)	13	20	5	13
	>= 3	20	28	13	20
MELANGES crucifères - légumineuses	<= 1	8	15	3	8
	2 (>1 et <3)	15	23	8	15
	>= 3	23	30	15	23

Source: Brochure "Cultures Intermédiaires - Impacts et Conduite", ARVALIS/CETIOM/ITB/ITL, août 2011 (chapitre 17)



Détail du POSTE « MINERALISATION des résidus d'une PRAIRIE RETOURNEE »

-a- destruction de printemps			Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	maïs	20	60	100	120	140
	2	maïs ou blé	0	0	25	35	40
	3	maïs ou blé	0	0	0	0	0

-b- destruction d'automne			Age de la prairie				
			< 18 mois	2-3 ans	4-5 ans	6-10 ans	> 10 ans
Rang de la culture post destruction	1	blé	10	30	50	60	70
	2	maïs ou blé	0	0	0	0	0
	3	maïs ou blé	0	0	0	0	0

Tableaux a et b : Effets azote prairie sur le supplément de minéralisation (en kg N/ha)

Les valeurs représentent le supplément de minéralisation pour la période d'établissement du bilan azoté prévisionnel de chaque culture (semis – récolte pour le maïs, 15 février – récolte pour le blé).

c. Les valeurs mentionnées dans les tableaux a et b sont à multiplier par les valeurs suivantes selon la proportion de fauches dans le mode d'exploitation de la prairie de RGA pur :	Effet du mode d'exploitation	
	RGA pur	Association RGA-TB
Pâturage intégrale	1.0	1.0
Fauche + pâturage	0.7	1.0
Fauche intégrale	0.4	1.0

Tableau c : Prise en compte du mode d'exploitation dans le calcul de Mhp

Sources : ARVALIS – Institut du végétal, INRA, CRAB



Détail du POSTE « Azote apporté par l'eau d'irrigation »

N irrigation = compter 10 kg N/ha (source calcul Chambre de la Marne)

Ce forfait intègre une valorisation supérieure de la minéralisation du sol

L'azote apporté par l'eau d'irrigation se calcule de la façon suivante :

Azote apporté = quantité d'eau en mm x concentration de l'eau en nitrates (mg/l) / 443.

Pour simplifier, compter 10 unités.

Source : Chambre d'Agriculture de la Marne



Détail du POSTE « Minéralisation des Produits Organiques »

**À actualiser
par groupe de travail
« effluents organiques »**



COLZA : Minéralisation des Produits Organiques : Xa

Xa : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques

Dans la réglette, la **prise en compte des apports de MO** est forfaitaire (30-40u).

Pour une prise en compte plus précise des effets de la MO, se reporter au tableau minéralisation des produits organiques



**À actualiser
par groupe de travail
« effluents organiques »**

REGIONS CHAMPAGNE, NORD-PICARDIE
Fertiliser conseillée entre décembre et mi-février

Sélectionnez votre type de sol

Sols argilo-sableux, sol peu limoneux
Se caractérise par une faible teneur en matière organique et une réaction acide à neutre. Les rendements sont élevés et les cultures de céréales et de colza sont bien adaptées.

- Sables
- Sables
- Argiles à sables
- Argilo-sableux superficiels
- Débris de Champagne
- Craie de Champagne

Sols limoneux
Se caractérise par une minéralisation moyenne à élevée et une réaction acide à neutre. Les rendements sont élevés et les cultures de céréales et de colza sont bien adaptées.

- Lèves
- Lèves argiles
- Argilo-calcaires profonds

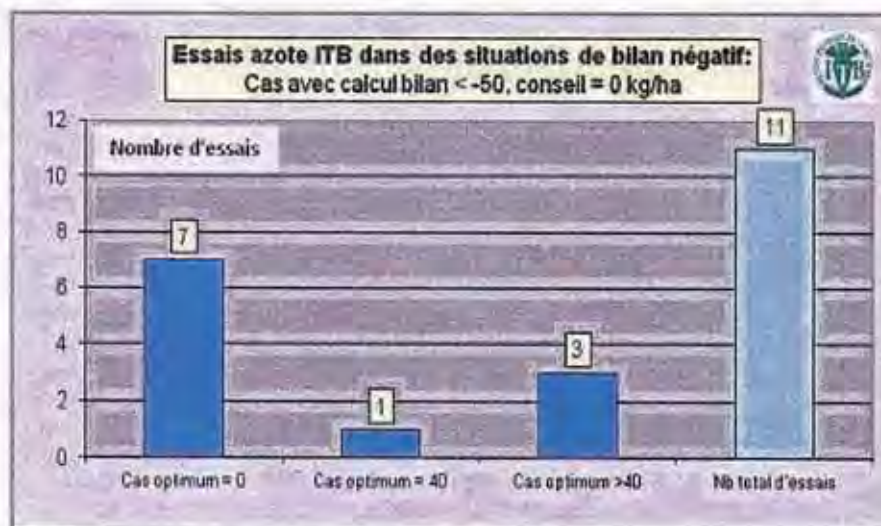
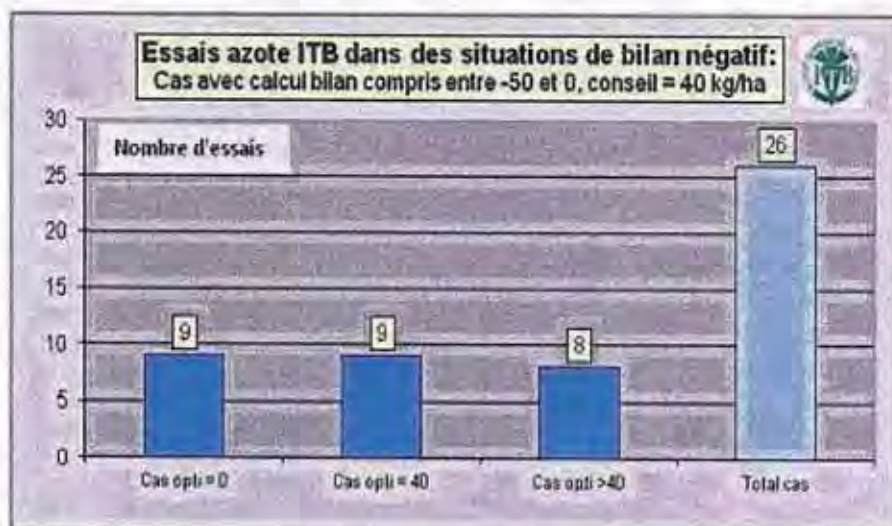
Les recommandations nutritionnelles correspondent à votre région

Molette Nitrate

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Colza	30	10	10
Céréales	30	10	10

Points particuliers dans l'application de la méthode du bilan sur betterave sucrière :

- On conseille d'apporter une dose forfaitaire de **40 kg/ha** si le **bilan calculé est négatif** (offre supérieure aux besoins) mais supérieur à -50 kg/ha. Ce conseil a été validé expérimentalement (graphe ci-dessous), et peut être compris comme un apport de démarrage qui permet à la plante de s'installer plus rapidement et de valoriser ensuite l'offre de la minéralisation ou du reliquat.
- En conséquence, on ne conseille vraiment un **apport = 0** que si le **bilan est inférieur à -50 kg/ha**.



Cas de la luzerne : valoriser la capacité d'épuration de la culture pour des apports d'engrais organique

Possibilité d'épandre des engrais organiques sur luzerne dans la limite de 250 kg/ha/an d'azote minéralisable



Source : guide fertilisation azotée légumineuses, CORPEN 1999

METHODE CAU Blé – TERRES SUPERFICIELLES (argilo-calcaires)

Idem pour céréales secondaires d'hiver (triticale, avoine d'hiver, etc...)

METHODE du BILAN CAU : SOLS SUPERFICIELS – ARGILO-CALCAIRES

Dose =

$$\frac{\text{Besoins} - \text{Fournitures du sol}}{\text{CAU}} - Xa$$

(Xa = apport organique : enlever la contribution de cet apport, cf tableau bilan additif)

Les besoins de la culture : (cf tableau b de la méthode bilan additif)

$$\text{Besoins} = b \times \text{objectif de rendement}$$

Fournitures d'azote du sol en situation non fertilisée (FS n0) =

BLE TENDRE D'HIVER - méthode CAU Barrois

TYPE DE SOL		POTENTIEL de RENDEMENT (q/ha)	P0 : fournitures du sol en azote (U d'N/ha)
G1	sols argilo-calcaires TRES SUPERFICIELS	[50-60 [40
G2	sols argilo-calcaires SUPERFICIELS	[60-70 [60
G3	sols argilo-calcaires MOYENNEMENT PROFONDS	[70-80]	80
G4	sols argilo-calcaires PROFONDS	>80	100

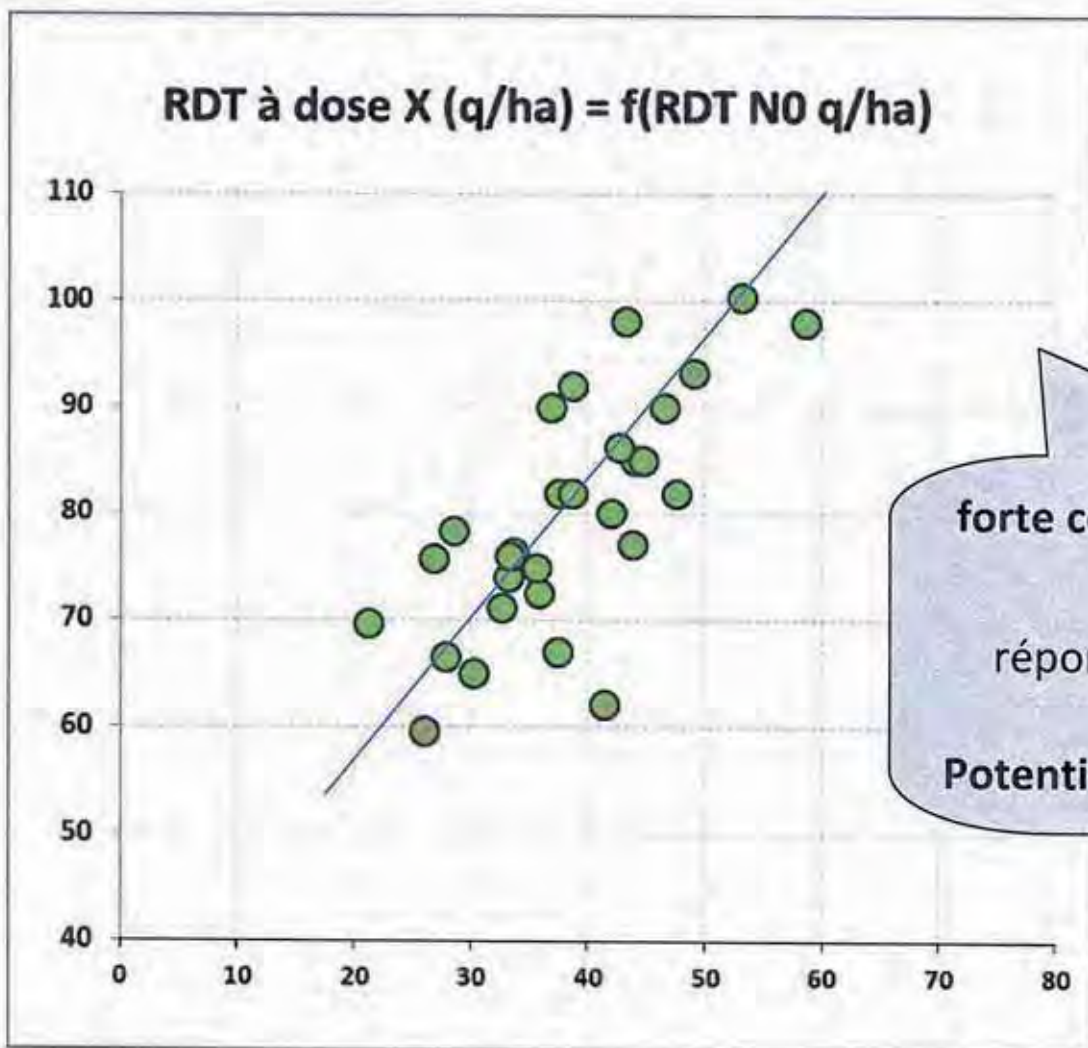
Dose à épandre = (Besoins – FS n0) / 0.75

CAU solution moyen de 75%.

Si engrais solide, diminuer la dose calculée de 10%.

29 essais azote avec témoin 0N
(précédent colza)
courbes de réponses en 4 à 9 doses
15 années climatiques

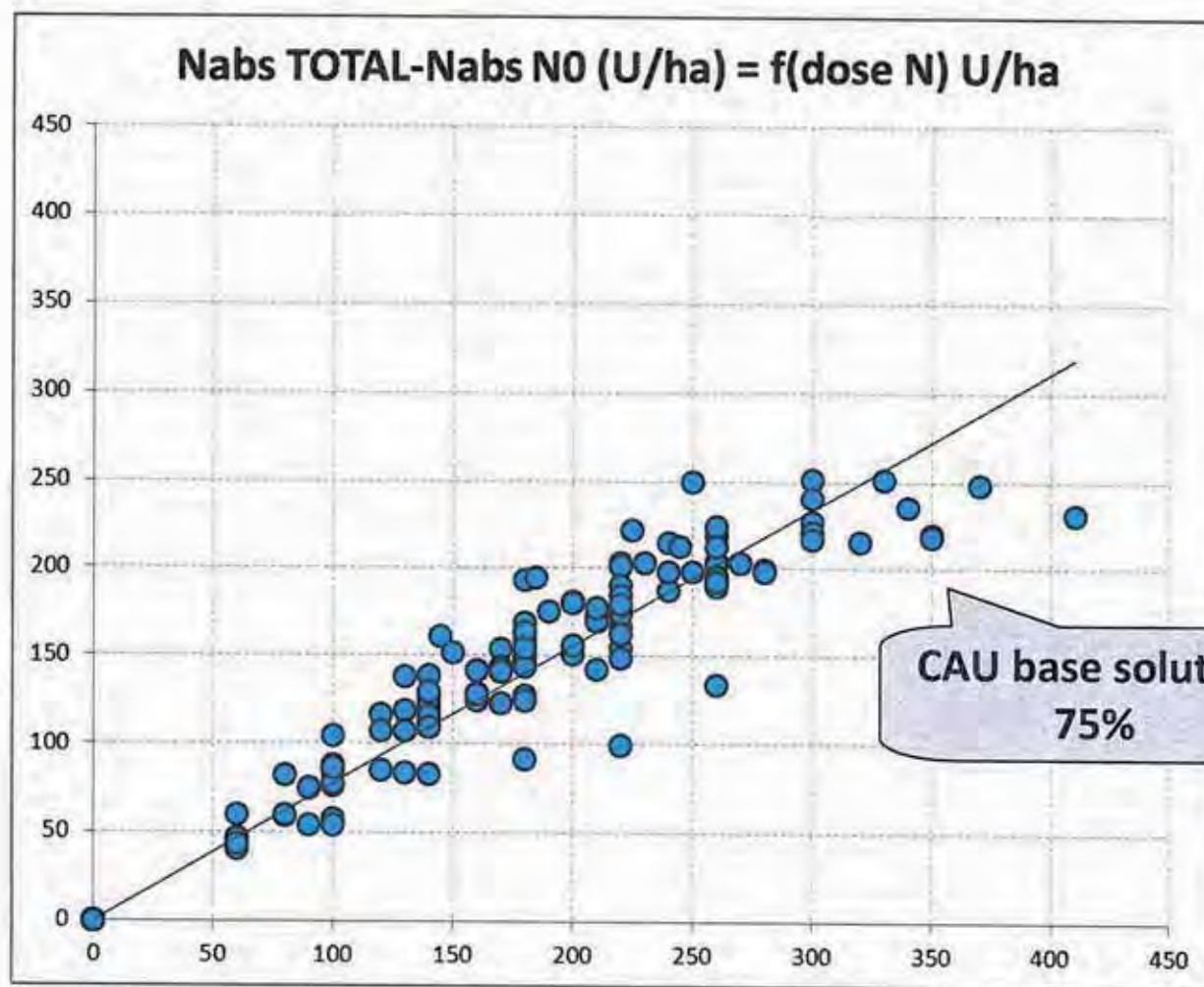
BARROIS – ARGILO-CALCAIRE blé



**forte corrélation entre fournitures du sol
en azote et RDT à dose X**
réponse à l'azote constante ~ 40 q/ha
Potentiel de rendement = type de sol (RU)

29 essais azote avec témoin 0N
(précédent colza)
courbes de réponses en 4 à 9 doses
15 années climatiques

BARROIS – ARGILO-CALCAIRE
blé



LORRAINE

GRILLE DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL

Types de sol	Culture précédente et devenir des pailles	Fournitures d'azote par le sol (N kg/ha)	
		Céréalière (1)	Elevage (2)
G2 Sols à cailloux (très superficiels) C-IV-A*-S à C-II-A*-S	Colza pailles enfouies	60 à 70	70 à 80
	Céréales pailles enfouies	50 à 60	60 à 70
	Maïs ou céréales pailles enlevées	55 à 65	65 à 75
G3 Sols argilo-calcaires (40 à 80 cm de profondeur) C-3-AL*-S à C-4-AL*-S	Colza pailles enfouies	80 à 95	95 à 110
	Céréales pailles enfouies	70 à 85	85 à 100
	Maïs ou céréale pailles enlevées	75 à 90	90 à 105
Sols argilo-limoneux, limoneux (profonds et sains) C-5-AL*-S à L-7-L-S	Colza pailles enfouies	125 à 140	140 à 155
	Céréales pailles enfouies	115 à 130	130 à 145
	Maïs ou céréale pailles enlevées	120 à 135	135 à 150
Sols argileux (profonds, plus ou moins hydromorphes) A-7-AL-M ₁₆ A _m	Colza pailles enfouies	115 à 130	130 à 145
	Céréales pailles enfouies	105 à 120	120 à 135
	Maïs ou céréale pailles enlevées	110 à 125	125 à 140
Sols sur marne (< 60 cm de profondeur) M*-4-AL-M M* ₃₀	Colza pailles enfouies	75 à 90	85 à 100
	Céréales pailles enfouies	65 à 80	75 à 90
	Maïs ou céréale pailles enlevées	70 à 85	80 à 95
Sols sur marne (> 60 cm de profondeur) M*-7-AL-M M* ₃₀	Colza pailles enfouies	95 à 110	110 à 125
	Céréales pailles enfouies	85 à 100	100 à 115
	Maïs ou céréale pailles enlevées	90 à 105	105 à 120
Sols sableux (sur alluvions) Sv-7-SL-D S _m	Colza pailles enfouies	95 à 110	110 à 125
	Céréales pailles enfouies	85 à 100	100 à 115
	Maïs ou céréale pailles enlevées	90 à 105	105 à 120
Sols sableux (sur grès) G-6-SL-S S _m	Colza pailles enfouies	90 à 105	105 à 120
	Céréales pailles enfouies	80 à 95	95 à 110
	Maïs ou céréale pailles enlevées	85 à 100	100 à 115

les valeurs de FOURNITURES EN AZOTE DU SOL concordent avec celles proposées dans à la méthode CAU Lorraine

CHAMPAGNE

	fournitures du sol (U d'N/ha)	fournitures du sol (U d'N/ha) borne basse	fournitures du sol (U d'N/ha) borne haute
G1 sols argilo-calcaires TRES SUPERFICIEL	40	35	50
G2 sols argilo-calcaires SUPERFICIELS	60	50	70
G3 sols argilo-calcaires MOYENNEMENT PROFONDS	80	70	90
G4 sols argilo-calcaires PROFONDS	100	90	110

Source CRA - Lorraine

ORGES DE PRINTEMPS

METHODE CAU –

TERRES SUPERFICIELLES

(argilo-calcaires)

Idem pour céréales secondaires d'hiver (avoine printemps, etc...)

METHODE du BILAN CAU : SOLS SUPERFICIELS – ARGILO-CALCAIRES

Dose =

$$\frac{\text{Besoins} - \text{Fournitures du sol}}{\text{CAU}} - X_a$$

(X_a = apport organique : enlever la contribution de cet apport, cf tableau bilan additif)

Les besoins de la culture : (cf tableau b de la méthode bilan additif)

$$\text{Besoins} = b \times \text{objectif de rendement}$$

Fournitures d'azote du sol en situation non fertilisée (FS n0) =

ORGES DE PRINTEMPS - méthode CAU Barrois

TYPE DE SOL		POTENTIEL de RENDEMENT (q/ha)	P0 : fournitures du sol en azote (U d'N/ha)
G1	sols argilo-calcaires TRES SUPERFICIELS	[35-45 [30
G2	sols argilo-calcaires SUPERFICIELS	[45-55 [40
G3	sols argilo-calcaires MOYENNEMENT PROFONDS	[55-65]	50
G4	sols argilo-calcaires PROFONDS	>65	60

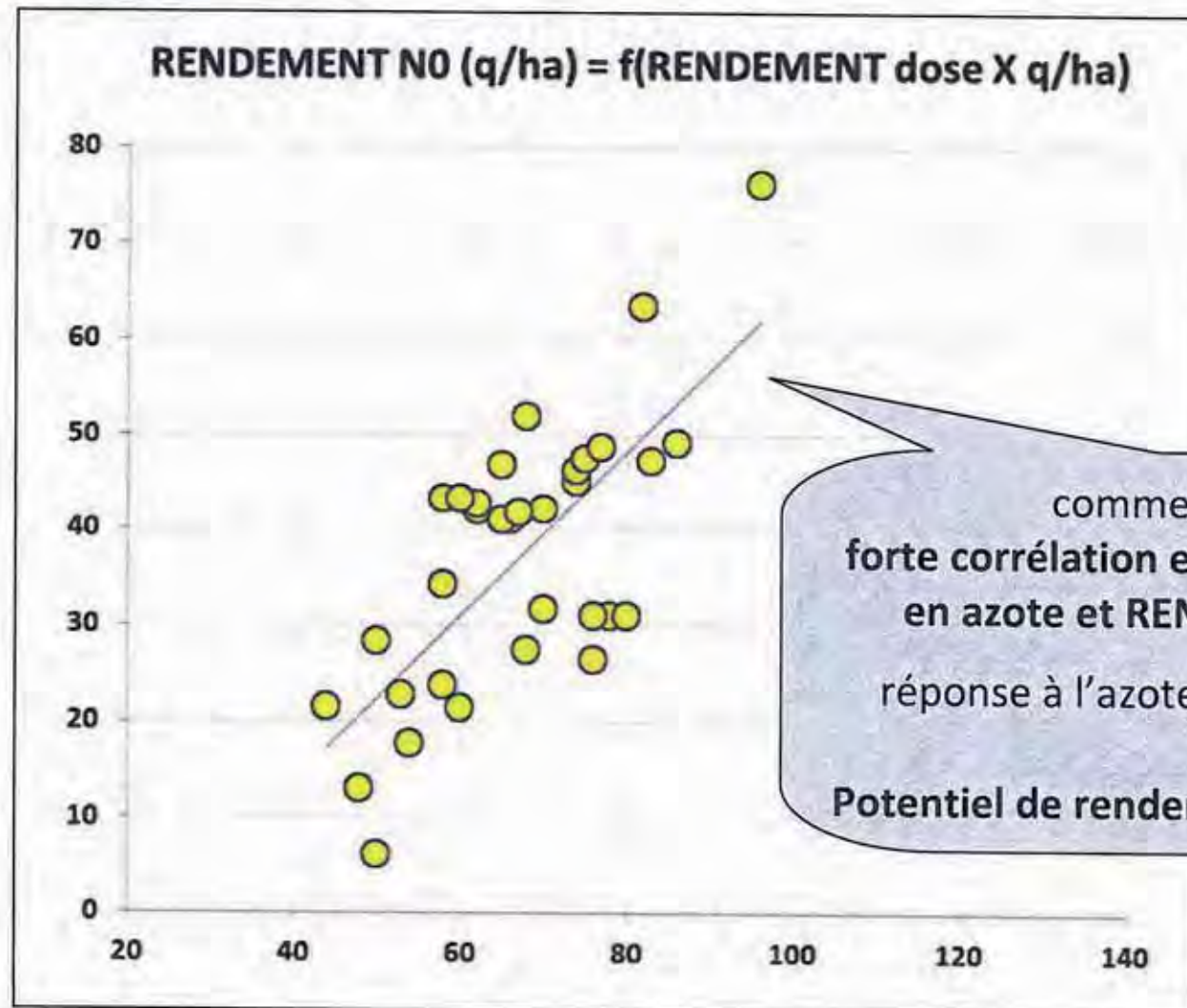
Dose à épandre = (Besoins – FS n0) / 0.60

CAU solution moyen de 60%.

Si engrais solide, diminuer la dose calculée de 10%.

30 essais azote avec témoin 0N
courbes de réponses en 5 à 6 doses
19 années climatiques

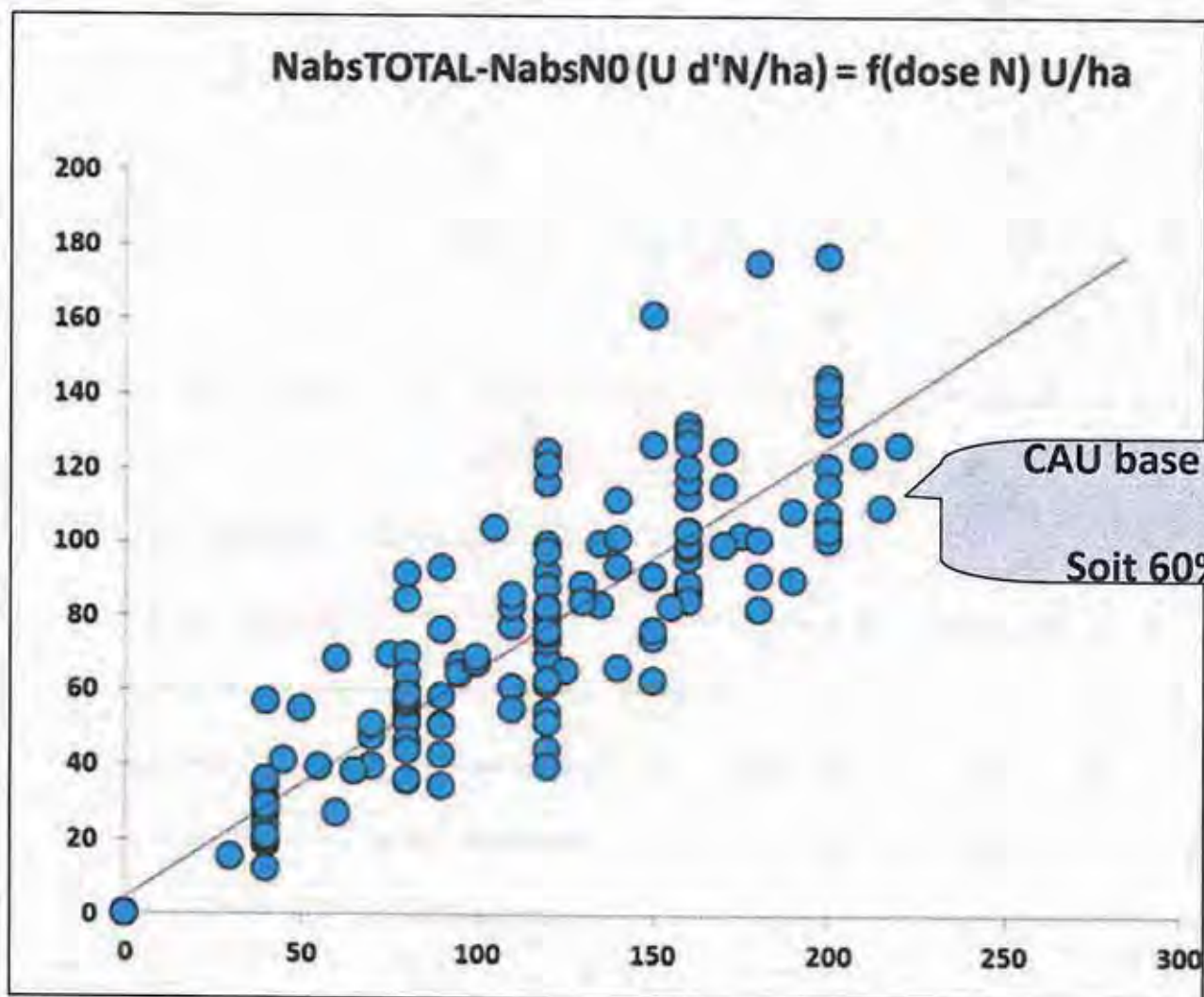
BARROIS – ARGILO-CALCAIRES orges de printemps



comme pour le blé,
**forte corrélation entre fournitures du sol
en azote et RENDEMENTS à dose X**
réponse à l'azote constante ~ 30 q/ha
Potentiel de rendement = type de sol (RU)

30 essais azote avec témoin 0N
courbes de réponses en 5 à 6 doses
19 années climatiques

BARROIS – ARGILO-CALCAIRES orges de printemps



**ORGES D'HIVER
METHODE CAU –
TERRES SUPERFICIELLES
(argilo-calcaires)**

METHODE du BILAN CAU : SOLS SUPERFICIELS – ARGILO-CALCAIRES

Dose =

$$\frac{\text{Besoins} - \text{Fournitures du sol}}{\text{CAU}} - X_a$$

(X_a = apport organique : enlever la contribution de cet apport, cf tableau bilan additif)

Les besoins de la culture : (cf tableau b de la méthode bilan additif)

$$\text{Besoins} = b \times \text{objectif de rendement}$$

Fournitures d'azote du sol en situation non fertilisée (FS n0) =

ORGES D'HIVER - méthode CAU Barrois

TYPE DE SOL		POTENTIEL de RENDEMENT à dose X (q/ha)	P0 : fournitures du sol en azote (U d'N/ha)
G1	sols argilo-calcaires TRES SUPERFICIELS	[50-60]	40
G2	sols argilo-calcaires SUPERFICIELS	[60-70]	50
G3	sols argilo-calcaires MOYENNEMENT PROFONDS	[70-80]	60
G4	sols argilo-calcaires PROFONDS	>80	70

Dose à épandre = (Besoins – FS n0) / 0.75

CAU solution moyen de 75%.

Si engrais solide, diminuer la dose calculée de 10%.

MAÏS
METHODE CAU –
TERRES SUPERFICIELLES
(argilo-calcaires)

METHODE du BILAN CAU : SOLS SUPERFICIELS – ARGILO-CALCAIRES

Dose =

$$\frac{\text{Besoins} - \text{Fournitures du sol}}{\text{CAU}} - Xa$$

(Xa = apport organique : enlever la contribution de cet apport, cf tableau bilan additif)

Les besoins de la culture : (cf tableau b de la méthode bilan additif)

$$\text{Besoins} = b \times \text{objectif de rendement}$$

Fournitures d'azote du sol en situation non fertilisée (FS n0) =

Type de sol	P0 : Fournitures d'azote par le sol (kg/ha)
Argilo-calcaire superficiel avec cailloux - G1	60
Argilo-calcaire moyen avec cailloux - G2	90
Argilo-calcaire profond avec cailloux - G3	120
Argilo-calcaire profond peu caillouteux – G4	120

Source CRA LORRAINE 2004

Dose à épandre = (Besoins – FS n0) / 0.6
CAU moyen de 60%.

COLZA
METHODE CAU –
TERRES SUPERFICIELLES
(argilo-calcaires)

COLZA : bilan CAU : réglette Nord Est

$$X = ((P_f - (P_i + P'_0)) / CAU) - X_a$$

- **P_f** : Qté d'azote absorbé par colza à la fermeture du bilan (6.5*rdt)
- **X** : Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
- **CAU** : Coefficient apparent d'utilisation de l'N de l'engrais minéral de synthèse
- **P'₀** : azote fourni par le sol au printemps (M_h+M_{hp}+M_r+M_{rCi}+N_{irr})
- **P_i** : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
- **X_a** : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport produits organiques

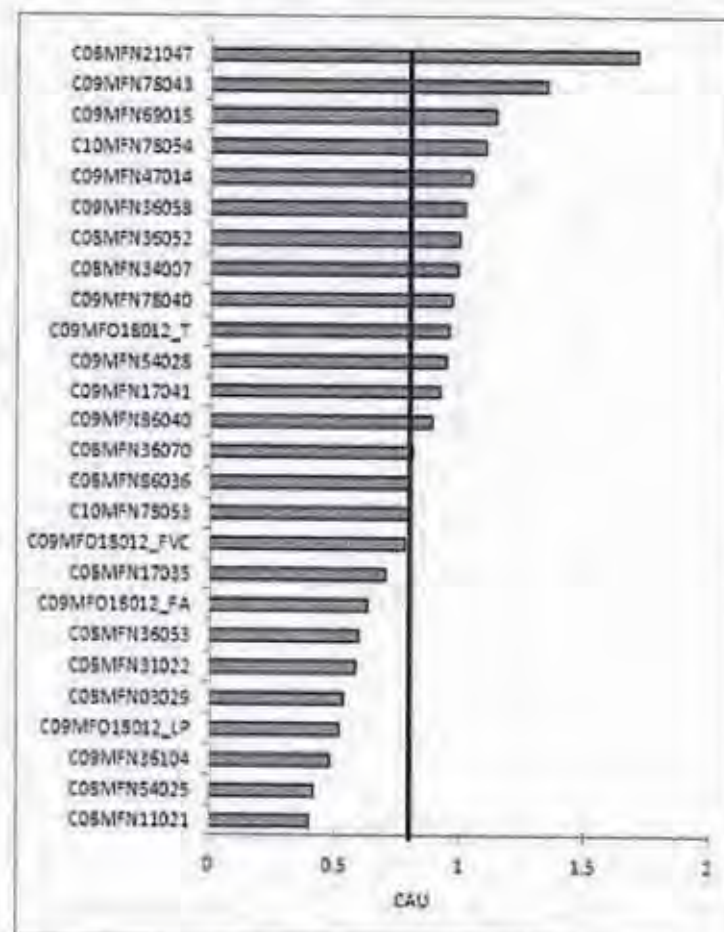
COLZA : bilan CAU

$$\underline{X} = ((\underline{Pf} - (P_i + P'_0)) / \underline{CAU}) - X_a$$

X : Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Pf : Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan (6.5*rendement)

CAU : Coefficient apparent d'utilisation de l'N de l'engrais minéral de synthèse. Bien que très variable, une série de 26 essais Cetiom (2008 à 2010) a permis de confirmer une valeur moyenne de **0,8**. Ce coefficient reste plus dépendant des conditions de croissance des plantes au printemps que du contexte local.



COLZA : bilan CAU

$$X = ((P_f - (P_i + P'_0)) / \text{CAU}) - X_a$$

P'0 : azote fourni par le sol au printemps :

Type de sol	P'0 : Fournitures d'azote par le sol (kg/ha)
Argilo-calcaire superficiel avec cailloux - G1	30
Argilo-calcaire moyen avec cailloux - G2	30
Argilo-calcaire profond avec cailloux - G3	50
Argilo-calcaire profond peu caillouteux - G4	50

COLZA : bilan CAU

$$X = ((P_f - (P_i + P'_0)) / CAU) - X_a$$

P'0 : azote fourni par le sol au printemps :

Valeurs sont cohérentes avec les données CAU Lorraine pour le colza.

30 en sol superficiel

AC G1, G2, sable, gaize, grève

50 en sol profond

AC G3 G4, limons, terres vallée *et humifère*

Types de sol	Développement du colza en sortie hiver Nh = MV x 70 (N kg/ha)		Fournitures d'azote par le sol au printemps NP (N kg/ha)	
			Céréaller (1)	Elevage (2)
Sols à cailloux (très superficiel) C-IV-A'-S à C-II-A'-S	Très faible	< 0,4 kg/m ²	20 à 25	25 à 30
	Faible	0,4 à 0,8 kg/m ²	15 à 20	20 à 25
	Moyen	0,8 à 1,2 kg/m ²	15 à 20	20 à 25
	Fort	> 1,2 kg/m ²		
Sols argilo-calcaires (40 à 80 cm de profondeur) C-3-AL'-S à C-4-AL'-S	Faible	0,4 à 0,8 kg/m ²	25 à 35	35 à 50
	Moyen	0,8 à 1,2 kg/m ²	20 à 30	30 à 45
	Fort	1,2 à 1,6 kg/m ²	20 à 30	30 à 45
	Très fort	> 1,6 kg/m ²		30 à 45
Sols argilo-Ilmoneux, Ilmoneux (profonds et salins) C-5-AL'-S à L-7-L-S	Faible	0,5 à 1 kg/m ²	40 à 50	50 à 60
	Moyen	1 à 1,5 kg/m ²	35 à 45	45 à 55
	Fort	1,5 à 2 kg/m ²	35 à 45	45 à 55
	Très fort	> 2 kg/m ²		45 à 55
Sols sableux (sur alluvions) Sv-7-SL-D S ₃₀	Faible	0,5 à 1 kg/m ²	30 à 40	40 à 50
	Moyen	1 à 1,5 kg/m ²	25 à 35	35 à 45
	Fort	1,5 à 2 kg/m ²	25 à 35	35 à 45
	Très fort	> 2 kg/m ²		35 à 45
Sols sableux (sur grès) G-6-SL-S S ₃₀	Faible	0,4 à 0,8 kg/m ²	30 à 40	40 à 50
	Moyen	0,8 à 1,2 kg/m ²	25 à 35	35 à 45
	Fort	1,2 à 1,6 kg/m ²	25 à 35	35 à 45
	Très fort	> 1,6 kg/m ²		35 à 45

* À confirmer

Source Fiches
d'Aide au
raisonnement de la
fertilisation azotée
des grandes
cultures CRA
LORRAINE Mai
2004

COLZA : bilan CAU

$$X = ((P_f - (P_i + P'_0)) / \text{CAU}) - X_a$$

P_i : Qté d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan sortie hiver :

$$70 * MV \text{ sortie hiver en kg/m}^2$$

X_a : Equivalent engrais minéral efficace lié à apport produits organiques

**TOURNESOL
METHODE CAU –
TERRES SUPERFICIELLES
(argilo-calcaires)**



Bilan CAU ou efficience

$$X = (P_f - P_0) / \text{CAU} - X_a$$

- **P_f** : Qté d'N absorbé à la fermeture du bilan (4.5*rdt)
- **X** : Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
- **CAU** : Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais minéral de synthèse
- **P₀** : azote fourni par le sol au printemps
- **P_i** : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
- **X_a** : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques



$$X = (P_f - P_0) / \text{CAU} - X_a$$

X : Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Besoins d'azote par unité de production : $b = 4,5$.

Ce besoin est le même quel que soit la variété ou le contexte de production

P_f : Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan ($4.5 \times \text{rendement}$)

CAU = 0,8

Selon les données Cetiom, CAU = 0.8 environ et ce quelle que soit les circonstances même si cette valeur connaît des fluctuations.

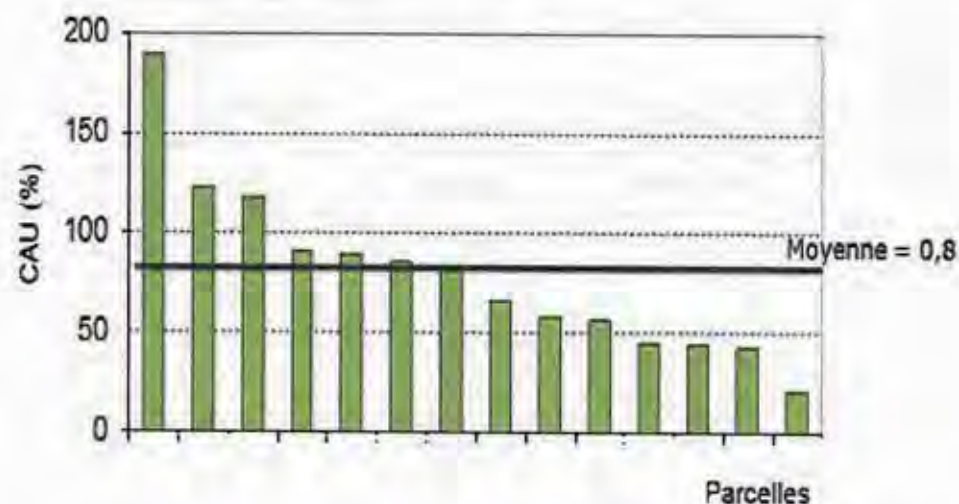


Figure : Coefficients apparents d'utilisation pour des apports en végétation (dispositifs Hélotest 2000-2001 ; la structure des données ne permet pas de présenter une déclinaison régionale) (source : Champolivier et al., 2002)



Exemples de P0 maïs grain en Lorraine $X = (P_f - P_0)/CAU - X_a$ (source CRA Lorraine Mai 2004).

Proposition de retenir les valeurs déterminées pour le **maïs grain en Lorraine**. Ces 2 cultures ont en effet un cycle de croissance et d'absorption de l'azote relativement voisin. Si l'absorption de la culture du tournesol est plus limitée dans le temps que dans le cas du maïs cela se trouve compensé par une meilleure valorisation de l'azote des horizons profonds chez le tournesol.

Type de sol	Fournitures d'azote par le sol (kg/ha)
Argilo-calcaire superficiel avec cailloux - G1	60
Argilo-calcaire moyen avec cailloux - G2	90
Argilo-calcaire profond avec cailloux - G3	120
Argilo-calcaire profond peu caillouteux - G4	120

LIN GRAINE : bilan CAU ou efficience

$$X = ((P_f - (P_i + P'0)) / CAU) - X_a$$

- **P_f** : Qté d'N absorbé à la fermeture du bilan (4.5*rdt)
- **X** : Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
- **CAU** : Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais minéral de synthèse : 0.8 en lin hiver et 0.5 en lin de printemps
- **P'0** : azote fourni par le sol au printemps (références spécifiques uniquement en limon)
- **P_i** : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
15 en lin hiver et 0 en lin de printemps
- **X_a** : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques