

Programme Interreg Ecorurable

Compte-rendu d'expérimentation phosphore sur blé de maïs grain en agriculture de conservation chez T. Raux en 2021



Fertilisation blé

Optimisation des doses de phosphore en semis direct

Projet	Essai phosphore sur blé en bandes, La Sentinelle 2021
Département	Nord – Pas de Calais (programme Interreg Ecorurable)
Responsable	Marion Becuwe

Objectifs de l'expérimentation

Le phosphore est avec l'azote et le potassium, l'un des trois nutriments indispensables à la croissance des végétaux, jouant un rôle important dans le stockage et le transfert d'énergie. L'acide phosphorique (P2O5) favorise, entre autres, un bon développement racinaire, mais aussi une meilleure résistance aux maladies et une bonne fécondation. L'objectif de cet essai est d'optimiser les doses de phosphore apportées par le biais de la fertilisation localisée dans un but économique et environnemental.

Informations sur l'essai

Commune	Raismes
GPS	50.360333, 3.473139
Agriculteur	Tanguy Raux
Parcelle	La sentinelle
Type de sol	Limon
Précédent	Maïs grain (23/09/20)
Date de semis	26 octobre 2020
Densité de semis	350 grains/m ²
Travail du sol	Semis direct (Weaving)
Variétés	Chevignon
Désherbage	Trooper + Compil

Protocole

Essai réalisé en bandes de 6 mètres de large, non répétées : 10 modalités correspondant à 10 doses de phosphore différentes. Le phosphore a été apporté au semis sous la forme de Top-Phos P3 (23% de P2O5 et 21% de SO3) : ce produit contiendrait du phosphore « actif bio-disponible ».

Modalités	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Top-Phos P3 (kg/ha)	0	50	70	80	90	100	110	120	130	150
Phosphore (unités/ha)	0	11.5	16.1	18.4	20.7	23	25.3	27.6	29.9	34.5

Etant donné le faible écart existant entre les différentes modalités en terme de quantité de phosphore, il a été décidé de suivre les 3 modalités qui se détachaient le plus: la modalité 1 (sans apport de phosphore), la modalité 5 (20.7 uP/ha) et la modalité 10 (34.5 uP/ha).

Méthodologie

Un suivi régulier des 3 modalités sera réalisé jusqu'à la récolte :

- **25 février** : analyse de sol et analyse de reliquat azoté (état des lieux initial de la parcelle : type de sol, pH, quantité de phosphore disponible)
- **17 mars** : comptage du nombre de pieds /m²
- **15 avril** : test bêche
- **10 mai** : prélèvement de racines afin d'observer les différences potentielles d'enracinement
- **12 mai** : notation maladies
- **23 juin** : comptage du nombre d'épis/m²
- **13 août** : récolte sur 100m (peson) et analyse des échantillons (PS, protéine, humidité, PMG)

Suivi



17/03/2021 : Comptage nombre de plantes/m²

Comptages sur 2 x 1.5 m avec 3 répétitions

	Modalité 1	Modalité 5	Modalité 10
Répétition 1	224 plantes/m ²	224 plantes/m ²	130 plantes/m ²
Répétition 2	220 plantes/m ²	174 plantes/m ²	196 plantes/m ²
Répétition 3	188 plantes/m ²	178 plantes/m ²	192 plantes/m ²
Moyenne	210 plantes/m²	192 plantes/m²	172 plantes/m²
% Perte semis à sortie d'hiver	40%	45%	51%

Aucune différence significative n'a pu être mise en lumière suite aux analyses statistiques.

15/04/2021 : Test bêche

Type de sol : limon sableux, humifère, non carbonaté et à faible charge en cailloux de Tuffeau de Valenciennes en surface, profond, non hydromorphe, développé sur des altérites de Tuffeau de Valenciennes.

Parcelle en semis direct et strip-till depuis quelques années, en rotation maïs grain – blé et recevant des pommes de terre tous les 4-5 ans, couverts multi-espèces après blé, rares épandages de fumier bovin, pailles ramassées. Notation de 6 bêchées sur la diagonale d'un rectangle de 15 m de long sur 3 m de large : notes de structure Sq allant de 1 (très bon) à 5 (très dégradé), et notes de bioturbation b- ou b+ (absence ou présence) en structure Sq1 et Sq2, et B0 à B3 (de non à fortement bioturbé) en structure Sq 3 à Sq5.

Vue globale de la parcelle, faisant état d'une levée et d'un développement satisfaisants et homogènes, avec localement quelques manques de pieds

Vue de détail sur un amas de résidus de maïs grain en cours de décomposition et ayant occasionné une perte de densité de blé



Les bêchées obtiennent une note de structure de 2.8 avec une certaine variabilité liée aux tassements éventuels sous des passages de roues. Il s'agit d'un score imparfait mais non limitant pour la culture peu exigeante qu'est le blé d'hiver. Le sol non travaillé est naturellement plus ferme, sans que ce soit ici associé à du tassement car les mottes contiennent une bonne mésoporosité, ainsi qu'une assez forte bioturbation par les lombriciens. A ce sujet, la note de bioturbation moyenne est de 1.8 sur une échelle de 0 à 3, avec une certaine variabilité puisque les bêchées vont de peu à fortement bioturbées. Des comptages de galeries sous la limite de terre végétale ont d'ailleurs révélé de fortes densités de galeries verticales, favorisées vraisemblablement par la réduction du travail du sol et les restitutions de maïs grain : 290 perforations au m², dont 48 résultant d'anéciques de grosse taille.

Notes de bêchées

Critère étudié	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 6	Note moyenne
Structure Sq	2.5	3	4.5	2.5	3	1.5	Sq 2.8
Bioturbation B	1	2.5	1	1.5	2.5	2.5	B 1.8

Comptages de galeries verticales sous le labour (sur 3 fois 25 x 50 cm)

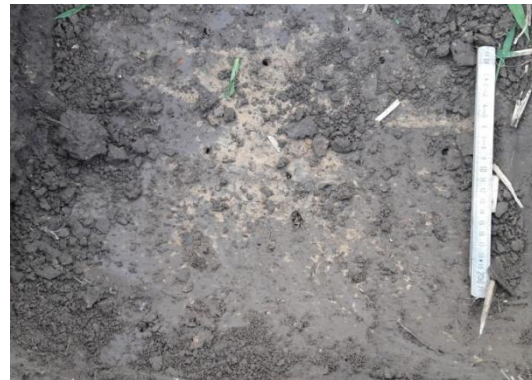
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Moyenne	Densité moyenne par m ²
Totalité des galeries	48	27	34	36.3	290
Grosses galeries (> 5 mm)	5	8	5	6	48

Vue d'une bêchée entière non fragmentée manuellement : on remarque une nette discontinuité horizontale d'origine climatique vers 5 cm, bien franchie par les racines de blé.

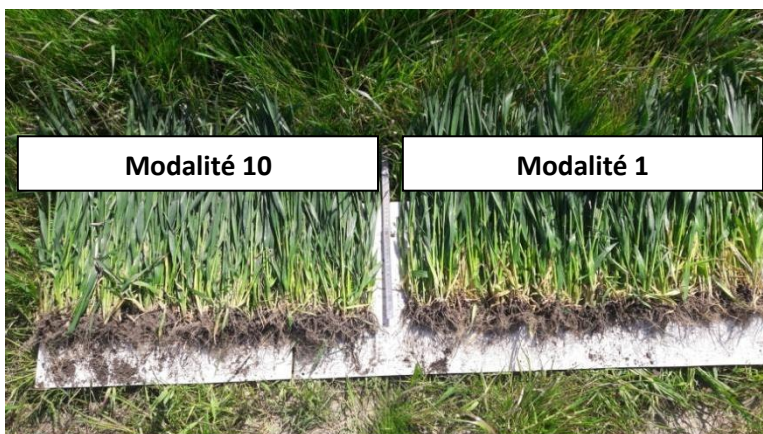
Exemple de bêchée fragmentée prête à être notée : blocs de taille moyenne généralement poreux et bioturbés



Exemple de profil horizontal sous la terre végétale, prêt à être analysé. On y dénombre aisément au moins 7 grosses galeries d'anéciques.



10/05/2021 : Enracinement des modalités



Aucune différence au niveau du système racinaire.



Structure en feuillets sur 0-5 cm, spécifique du semis direct.

12/05/2021 : Notation maladies

Le blé des modalités 1, 5 et 10 était sain : aucune maladie sur les 3 dernières feuilles et aucune différence entre modalités. En effet, les conditions climatiques de l'année n'ont pas été favorables au développement de maladies (septoriose, rouilles) notamment sur variétés résistantes telles que Chevignon. De plus, M. Raux a réalisé un traitement fongicide au stade 2 Nœud pour protéger le blé.

23/06/2021 : Comptage du nombre d'épis

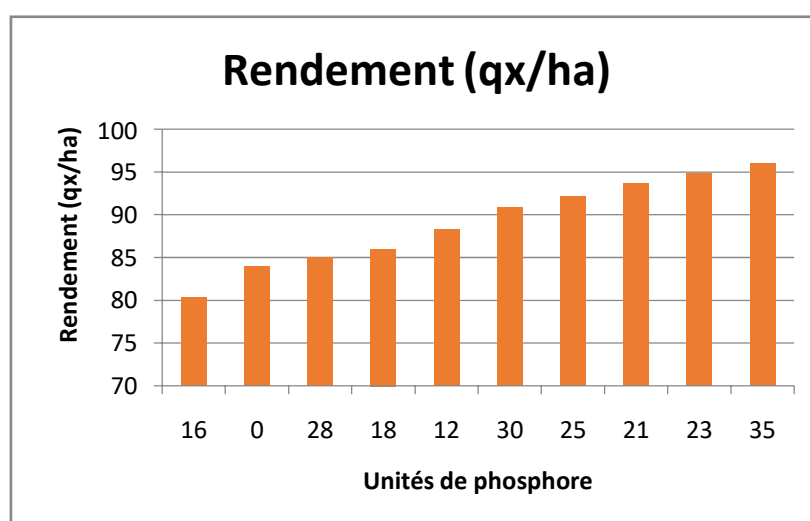
Comptages sur 3x0.25m²

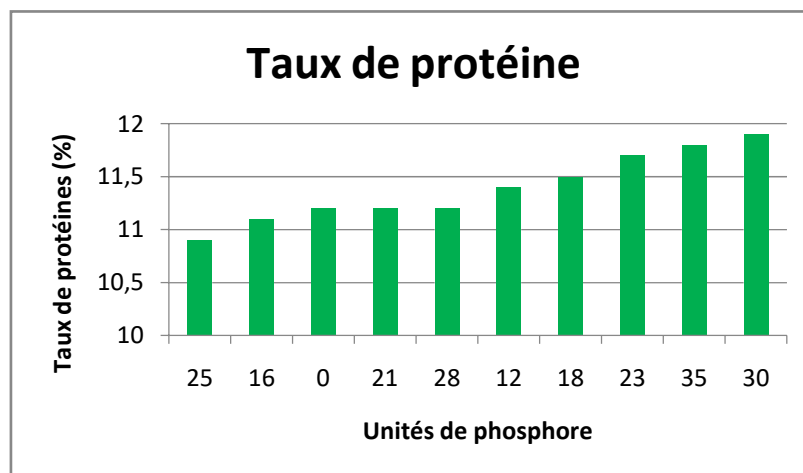
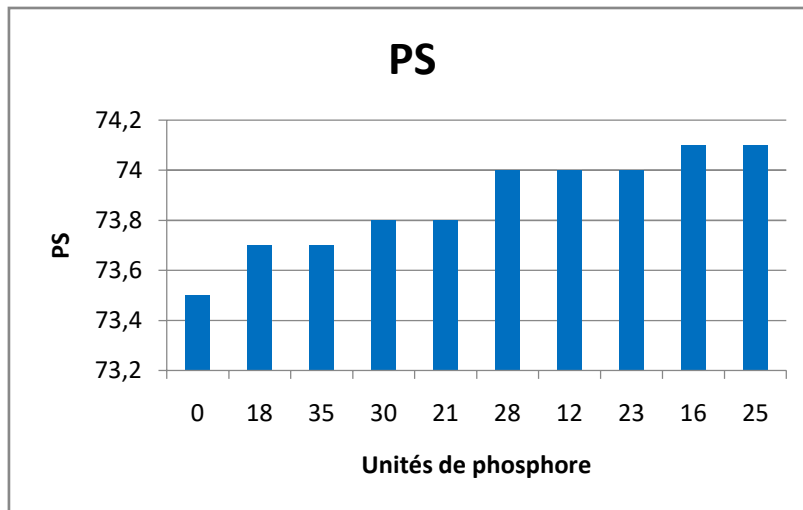
	Modalité 1	Modalité 5	Modalité 10
Répétition 1	636	664	588
Répétition 2	704	572	604
Répétition 3	564	632	664
Moyenne	635	623	619

Aucune différence significative n'a pu être mise en lumière suite aux analyses statistiques.

13/08/2021 : Récolte de l'essai

Modalité	Phosphore (uP/ha)	Surface (ha)	Poids (qx)	Rendement (qx/ha)	PS	Protéines	PMG
1	0	0,06	5,04	84	74,1	11,2	33,1
2	11.5	0,06	5,3	88	73,5	11,5	34,8
3	16.1	0,06	4,82	80	74	11,8	35,2
4	18.4	0,06	5,16	86	73,7	11,9	34,7
5	20.7	0,06	5,62	94	74	11,2	35,8
6	23	0,06	5,69	95	73,8	11,2	36
7	25.3	0,06	5,53	92	74,1	11,4	35,7
8	27.6	0,06	5,1	85	73,8	11,7	35,9
9	29.9	0,06	5,45	91	74	11,1	35,9
10	34.5	0,06	5,76	96	73,7	10,9	35,8





Conclusions

L'essai ne permet d'obtenir de conclusion statistique. En effet, l'essai réalisé en bande n'était pas assez robuste : il ne contenait pas de répétitions et faisait varier les doses de phosphore que trop faiblement. De plus, d'après l'analyse de sol, la parcelle était suffisamment pourvue de phosphore (conseil phosphore = 0 unités).

On observe une variabilité des résultats, cependant elle pourrait être due uniquement à un effet terrain. Aucune différence visuelle sur l'enracinement des blés.

Perspectives

Mettre en place un essai plus robuste avec des répétitions et des écarts de phosphore plus importants sur une parcelle moins bien pourvue en phosphore.

Annexes : reliquat azoté et analyse de sol

Analyse réalisée par **AUREA** agréé par le Ministère de l'Agriculture.

Interprétation réalisée selon le référentiel GREN "Hauts de France".

PARCELLE : LA SENTINELLE

N° D'ÉCHANTILLON : 12578442 CODE POSTAL 59590

SURFACE : 9 COMMUNE :

N° AFFAIRE :

OPÉRATION SPÉCIFIQUE :

TECHNICIEN : Marion BECUWE

PRÉLEVEUR : NON RENSEIGNE

LONGITUDE :

Echantillon prélevé le : 25/02/2021

TYPE PRÉLÈVEMENT :

LATITUDE :

Echantillon reçu le : 03/03/2021

PROFONDEUR DE PRÉLÈVEMENT :

N° COMMANDE : NR

Rapport expédié le : 12/03/2021

Numéro de série : 11545 / ACH / 3

AVERTISSEMENT

La dose conseillée ne constitue pas une garantie de rendement. Elle doit être modulée en fonction des événements climatiques de l'année et du potentiel avéré de la culture.

1. RESULTATS DES ANALYSES D'AZOTE MINÉRAL



Horizons	N° de labo	Humidité % sur sec	Azote ammoniacal N NH ₄		Azote nitrique N NO ₃		Total Azote minéral mesuré N NH ₄ + NO ₃	Total Azote minéral disponible
			mg / kg TS	kg / ha	mg / kg TS	kg / ha	mg / kg TS	kg / ha
HORIZON 1 0/30 cm	12578442	22	1.1	4.3	8.1	32.2	9.2	37
HORIZON 2 30/60 cm	12578443	22	0.9	4.1	2.7	12.1	3.6	14
HORIZON 3 60/90 cm	12578444	30	0.8	3.6	6.4	29.2	7.2	29
TOTAL			2.8	12.1	17.2	73.5	20.0	79

La traduction des résultats en kg / ha est basée sur la quantité de terre fine par hectare, calculée en fonction de l'épaisseur des horizons, la densité apparente et la pierrosité.

H1 : 3962 t/ha (30 cm, densité = 1.39, 5 % cailloux) H2 : 4560 t/ha (30 cm, densité = 1.6, 5 % cailloux) H3 : 4560 t/ha (30 cm, densité = 1.6, 5 % cailloux)

Le reliquat azoté accessible est de 79 kg N / ha. Il correspond à la proportion du reliquat mesuré accessible par la culture en fonction de son potentiel de développement racinaire et de la profondeur du sol.

La profondeur prise en compte est 90 cm pour le N-NO₃ et 40 cm pour N-NH₄

2. METHODE DU BILAN PREVISIONNEL

Interprétation réalisée selon le référentiel GREN "Hauts de France".

Besoins	Bilan additif.
Besoins de la culture (Pf)	300
Azote non utilisable (Rf)	20
Total besoins	320
Fournitures	
Minéralisation de l'humus du sol (Mh)	30
Effet précédent (Mr)	-10
Effet résiduel des retournements de prairies (Mhp)	0
Effet CIPAN (MrCi)	0
Apport par l'eau d'irrigation (Nirr)	0
Azote déjà absorbé par la culture (Pi)	25
Azote minéral disponible (Ri)	79
Total fournitures	124
Dose conseillée globale (Minéral (X) + Organique (Xa))	196
Azote du produit organique restant à minéraliser (Xa)	0
Dose conseillée minérale (x)	196

CONSEIL D'APPORT

	Fractionnement
Premier apport	
Deuxième apport	
Troisième apport	
Quatrième apport	
Total conseillé	

GUIDE D'APPORT DU SOUFRE

Exigence de la culture	Moyenne
Risque de carence	Elevé
Dose recommandée	40

Pour cette culture d'exigence moyenne en soufre, la dose recommandée est déterminée à partir du risque de carence expliqué par quatre critères :

- Le pédoclimat : risque de carence faible
- La culture : (céréale d'hiver, 85 < rendement < 105 Qx) : risque de carence élevé
- L'historique d'apports organiques : risque de carence élevé
- Le précédent (MAIS GRAIN) : risque de carence élevé

PARCELLE : LA SENTINELLE
 N° laboratoire : 13233042 Surface : 9 ha Prof. prêt : Commune :

LATITUDE :
 LONGITUDE :

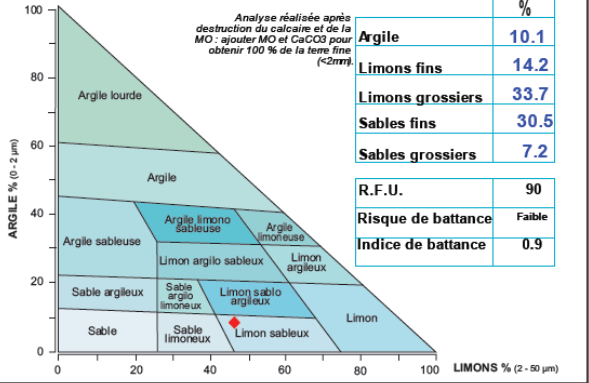
Prélevé le : 25/02/2021
 Arrivée labo : 03/03/2021
 Sortie labo : 09/04/2021

CEC ET ÉQUILIBRE CHIMIQUE

	Résultats	Normes	Très faible	Faible	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
CEC (meq / 100g) Capacité d'échange cationique	8.7		[Bar chart showing level]				
Ca / CEC (%)	92.4	67.4	[Bar chart showing level]				
K / CEC (%)	7.2	2.9	[Bar chart showing level]				
Mg / CEC (%)	18.4	4.6	[Bar chart showing level]				
Na / CEC (%)			[Bar chart showing level]				
H / CEC (%)			[Bar chart showing level]				
Taux de saturation (%)	>100		[Bar chart showing level]				

TYPE DE SOL
LIMON ARGILO SABLEUX
 Terre Fine : 3200T/ha, Profondeur : 90 cm, Sol non caillouteux (<10%)

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



ANALYSE CHIMIQUE

pH eau	6.9
pH KCl	6.2
CaCO ₃ Total %	<0.1
CaO (mg / Kg)	2243
	1635

EXCESSIF
TRÈS ÉLEVÉ
ÉLEVÉ
SATISFAISANT
UN PEU FAIBLE
FAIBLE
TRÈS FAIBLE

RÉSULTATS
 Exprimés en mg / kg pour les éléments nutritifs

NORMES ← (P, K, Mg)
T RENF. (P, K, Mg)
T IMPASSE (Sauf P, K, Mg)

ÉLÉMENTS MAJEURS

P ₂ O ₅	71	293	319	
K ₂ O	50	120	80	
MgO	80	180	120	
Na ₂ O				

OLIGO-ÉLÉMENTS

Zn	Mn	Cu	Fe	B

pH-CaO: Sol légèrement acide, favorable à une bonne assimilabilité des éléments.

T renforcement et T impasse : les valeurs indiquées correspondent aux normes d'interprétation pour le type de sol désigné et pour la culture la plus exigeante des trois cultures prévues. Le graphe d'interprétation est donc basé sur la culture la plus exigeante.

Matière organique, C/N et Bilan Humique

	Résultats	Normes	Très faible	Faible	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
MO %	4.2	2.00	[Bar chart showing level]				
Carbone %	2.42	1.2	[Bar chart showing level]				
Azote Total N %	0.15	0.24	[Bar chart showing level]				
C/N	15.6	10	[Bar chart showing level]				
K2 %	1.4%	>1.5%	[Bar chart showing level]				
Bilan Humique prévisionnel (sans apport organique) (kg humus / ha / an)	-1300		[Bar chart showing level]				

ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES

	Résultats (mg / kg MS)	Valeur limite ⁽¹⁾ (mg / kg MS)	Résultat / Limite (%)
Cadmium			
Chrome			
Cuivre			
Mercur			
Nickel			
Plomb			
Zinc			

PARCELLE : LA SENTINELLE (9 ha)

Bon de Commande: NR

HISTORIQUE DE FERTILISATION

	CULTURE	Rdt	Résidus	Apport Minéral		Apport Organique	
				P ₂ O ₅	K ₂ O		
Antécédent	BLE	95	Ramassés	NON	NON	NON	
Précédent	MAIS GRAIN	60	Enfouis	OUI	NON	NON	
Nombre d'années sans apport depuis la dernière fertilisation :				P	0	K	2

AGRÈMENT

AUREA, agréé pour l'analyse de terre par le Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche sur les programmes T1, T2, T3, T4 et T5.

INTERPRÉTATION ET CONSEILS DE FUMURE PK

Interprétation et conseils de fumure PK réalisés par AUREA selon le référentiel «COMIFER» (table exportations version 2007 et grille de calcul de fumure version 2009) :

* Les normes d'interprétation PK sont établies par type de sol et par classe d'exigence des cultures.

* Les coefficients multiplicateurs des exportations sont obtenus en fonction de la richesse du sol, du nombre d'années sans apport (de P ou de K), de la classe d'exigence de la culture et de la destination des résidus pour K.

PLAN PRÉVISIONNEL DE FERTILISATION (COMIFER)

Guide d'apport oligo-éléments

Classe d'exigence (pour P₂O₅, K₂O, MgO) ou de sensibilité des cultures à la carence en oligo-éléments : ■ faible ■■ moyenne ■■■ élevée

1^{ère} CULTURE (*) BLE 100 Qx Résidus : Ramassés

		PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO							
EXIGENCE CULTURE		■	■	■	■ ■							
Normes d'interprétation	T renforcement	20	100			SENSIBILITÉ DE LA CULTURE	ÉLEVÉE					
	T impasse	70	150				MOYENNE					
Exportations (kg / ha) (1)		65	50	10	5		FAIBLE					
Coefficient multiplicateur (2)		0	1			APPORT CONSEILLÉ						
Conseil de fumure (kg / ha) (1) x (2)		---	50	---	---	QUANTITÉ Kg / ha						
Apport minéral complémentaire												

2^{ème} CULTURE (*) MAIS GRAIN 100 Qx Résidus : Enfouis

		PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO							
EXIGENCE CULTURE		■ ■	■ ■	■	■ ■							
Normes d'interprétation	T renforcement	50	150			SENSIBILITÉ DE LA CULTURE	ÉLEVÉE					
	T impasse	80	220				MOYENNE					
Exportations (kg / ha) (1)		60	55	15	5		FAIBLE					
Coefficient multiplicateur (2)		1.2	0			APPORT CONSEILLÉ						
Report des pailles du précédent		8	55	4		QUANTITÉ Kg / ha						
Conseil de fumure (kg / ha) (1) x (2)		80	---	---	---	Conseil K : Le report des pailles n'est pas pris en compte car le résultat est supérieur à T impasse.						
Apport minéral complémentaire												

3^{ème} CULTURE (*) BLE 100 Qx Résidus : Ramassés

		PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO							
EXIGENCE CULTURE		■	■	■	■ ■							
Normes d'interprétation	T renforcement	20	100			SENSIBILITÉ DE LA CULTURE	ÉLEVÉE					
	T impasse	70	150				MOYENNE					
Exportations (kg / ha) (1)		65	50	10	5		FAIBLE					
Coefficient multiplicateur (2)		0	0			APPORT CONSEILLÉ						
Conseil de fumure (kg / ha) (1) x (2)		---	---	---	---	QUANTITÉ Kg / ha						
Apport minéral complémentaire												

Définitions : (1) Exportations : éléments exportés par la récolte. EXIGENCE CULTURE : classification établie par le COMIFER

MOYENNE SUR LA ROTATION

(unités / ha)	PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO
SOMME DES EXPORTATIONS (1)	190	155	35	15
COEF MULTIPLICATEUR MOYEN (2)	0.4	0.3	0.0	
CONSEILS DE FUMURE (3) = (1) x (2)	80	50	-	-
RENFORCEMENT (+) / DESTOCKAGE (-)	- 110	- 105	- 35	
CONSEIL MOYEN ANNUEL	23	17	0	0

Les doses P K sont calculées dans l'hypothèse où les apports conseillés sont effectivement réalisés (si un apport annuel conseillé est remplacé par une impasse, le coefficient multiplicateur attribué à la culture suivante doit être majoré).

Dans le cas de ramassage des pailles, sur une culture N, on compense les unités PK exportées par les pailles sur la culture N+1, à condition que la teneur du sol soit inférieure à T impasse.

Pour les oligo-éléments, les quantités conseillées sont exprimées en kg d'éléments purs apportés au sol. Pour tout apport en foliaire, se référer aux préconisations du fabricant.

COMIFER : Comité Français d'étude et de développement de la Fertilisation Raisonnée.

*Méthode d'analyses : Analyse granulométrique après décarbonatation (X 31.107), CEC Melson (NF X 31.130), Matières organiques : carbone organique x 1,72 (NF ISO 14235), N TOTAL : méthode DUMAS (NF ISO 13878), pH eau - extraction eau, "acidité active" (NF ISO 10380), CaCO₃ TOTAL (NF ISO 10693), Cations échangeables Ca²⁺, K⁺, Na⁺, Mg²⁺, extraits à l'acétate d'ammonium (NF X 31.108), Phosphore : méthode Joret-Hébert (NF X 31.161), méthode Olsen (NF ISO 11263), méthode Dyer (NF X 31-100). Oligos : Cu, Mn, Fe, et Zn extraits au chélate EDTA (NF X 31.120), Bore soluble à l'eau bouillante (NF X 31.122), Éléments Traces Métalliques : NF ISO 11885. AUREA est agréé pour l'analyse de terre par le ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche sur les programmes T1 (physico-chimique), T2 (granulométrie + T1), T3 (oligo-éléments + T1), T4 (éléments traces + T1), T5 (reliques azotés).