

# Fertilisation

# Fertilisation en Phosphore

## Enjeux et Conseils

Le phosphore (P) est un engrais coûteux (environ 1 €/unité) et les céréales à paille ne sont pas très sensibles à la carence. Il est donc tentant de faire des impasses qui parfois durent longtemps.

Sur blé, les symptômes d'une carence modérée sont discrets et on peut perdre du rendement sans avoir rien vu.

Synthèse de résultats récents et conseils pour bien gérer le phosphore.

### Contexte régional

Les sols de la région méditerranéenne, en grande majorité calcaires sont **naturellement pauvres en phosphore assimilable**. Et lorsqu'ils reçoivent du phosphore, celui-ci devient **progressivement de moins en moins assimilable par les plantes** (phénomène de rétrogradation).

La compilation de 630 analyses récentes issues de parcelles en grandes cultures des départements 04, 13, 30, 34 et 84 (Laboratoires AUREA = AgroSystemes, LCA, SAS) montre que (Figure 1) :

- **50% des parcelles sont jugées pauvres en Phosphore** à l'analyse (teneur < 30 mg/kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Olsen) ;
- **13% sont justes classées satisfaisantes** ;
- **37% sont jugées riches à très riches**.

Une telle dispersion des résultats témoigne de gestions très différentes de la fertilisation phosphatée et mériterait enquête approfondie.

**Sont probablement pauvres en phosphore :**

- **les parcelles de potentiel faible à moyen en rotations céréalières** jugées pas assez productives pour mériter l'investissement ;

### Résultats d'essais

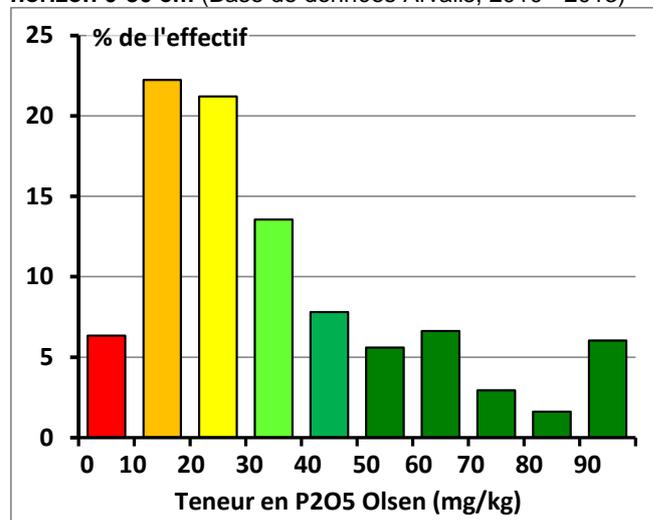
Nous avons maintenant 10 essais comparant des modalités d'apport de phosphore (40 u. sous forme de super 45) sur blé, tendre ou dur, dont :

- Au semis, incorporé par la dernière préparation ;
- Localisé dans la raie de semis (granules d'engrais dans le sachet de semences).
- Un témoin non fertilisé.

Associés à 2 essais anciens en sol très carencé, ce réseau parcourt des sols et climats très variés.

**Pour du phosphore amené en plein**, le seuil de teneur du sol au-dessous duquel il y a gain de rendement est d'environ 25-30 mg/kg de P Olsen (Figure 2).

Figure 1 : Teneur en Phosphore, grandes cultures, horizon 0-30 cm (Base de données Arvalis, 2010 - 2013)



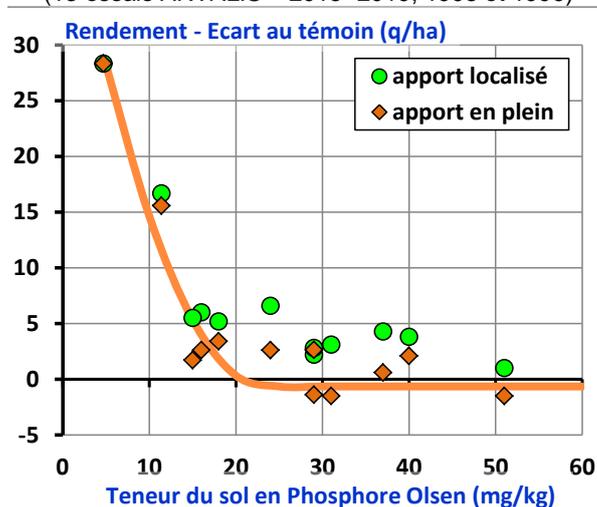
La teneur jugée satisfaisante pour des céréales à paille est de 30 à 40 mg/kg ; au-dessous de 30, le sol est jugé pauvre.

- **les parcelles en location précaire** sur lesquelles on n'investit que le minimum ;
- **les parcelles anciennement en vigne** où on n'a pas apporté de phosphore ou très peu.

**Sont probablement riches en phosphore :**

- **les parcelles en rotation avec des cultures à forte valeur ajoutée (semences, cultures maraîchères)** sur lesquelles on investit ;
- **les parcelles productives en propriété** dont on souhaite conserver la valeur agronomique ;

Figure 2 : Gain de rendement d'un apport de 40 u. de phosphore au semis sur blé (13 essais ARVALIS – 2015 -2019, 1998 et 1996)



Au-dessous de 20 mg/kg, la perte s'accroît pour atteindre rapidement 2 à 2,5 q/ha par point de teneur.

40 unités de phosphore, sous forme de Super 45 coûtent 1,5 à 2 q/ha de blé dur.

Les sols à moins de 20-25 mg/kg de P Olsen remboursent dans l'année un apport de 40 unités.

**La localisation dans la raie de semis apporte un gain significatif supplémentaire** (Figure 3), en moyenne de 2,5 q/ha, au moins jusqu'à une teneur du sol de 40 mg/kg.

Les essais 2019 confirment à nouveau ce résultat.

Il signifie que dans des sols de teneurs faibles à moyenne, jusqu'à 40 mg/kg de P Olsen, l'apport en plein de 40 unités de phosphore ne suffit pas à assurer le rendement maximum permis par le milieu.

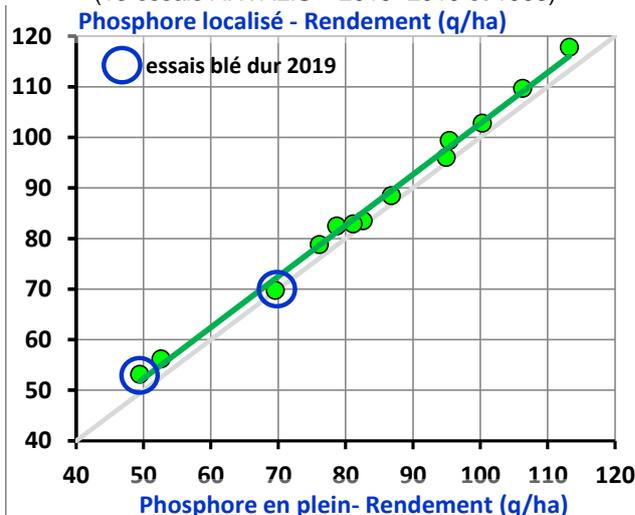
Ajouté aux avantages de la localisation (économie de temps, de carburant...) ce gain de 2,5 q/ha de blé rembourse rapidement l'achat d'un équipement de localisation.

### Conseils de fertilisation

Le phosphore des plantes est essentiellement présent dans les grains qui en exportent donc tous les ans. En l'absence d'apport, la teneur du sol diminue ainsi lentement, de l'ordre de - 3 mg/kg chaque année.

Une teneur de sol satisfaisante, de l'ordre de 40 mg/kg, baissera jusqu'à devenir pénalisante pour le rendement en 5 à 6 ans d'impasse. La perte de rendement sera d'autant plus élevée que la culture est exigeante (Tableau 1). Au-dessous de 30 mg/kg, il faut s'inquiéter !

**Figure 3 : apport de 40 u. de phosphore au semis sur blé**  
**Comparaison « en plein » et « localisé »**  
 (13 essais ARVALIS – 2015 -2019 et 1996)



**Tableau 1 : exigence des cultures en Phosphore**

<b>FORTE</b> Une carence entraîne une baisse de rendement de 30 à 40%. L'impasse n'est possible qu'en sol Très Riche.	Betterave Colza Luzerne Pomme de terre Pois de conserve Oignon, Carotte
<b>MOYENNE</b> Une carence entraîne une baisse de rendement de 15 à 25%. L'impasse est possible dès qu'un sol est Riche.	Blé dur Blé de blé Orge Maïs fourrage Pois, Féverole Prairie temporaire
<b>FAIBLE</b> Une carence entraîne une baisse de rendement de 5 à 10%. L'impasse est possible dès qu'un sol à une fertilité Moyenne.	Maïs grain, Sorgho Blé tendre Tournesol Lin graines Avoine

**Tableau 2 : Doses de phosphore conseillées pour des rotations types**

Rotation	Teneur du Sol en Phosphore Olsen (mg/kg)					
	Très Pauvre < 15	Pauvre 15 à 30	Moyen 30 à 45	Riche 45 à 60	Très Riche > 60	
Colza Luzerne - Blé - Blé Légumes	100 - 60 - 80	70 - 50 - 60	60 - 0 - 40	60 - 0 - 0	0	Sécurité Risque faible
Blé - Blé - Blé	70 / an 50 / an	50 / an 40 / an	30 / an 40 1 an/2	40 1 an/3 0	0	Sécurité Risque faible
Tournesol Maïs - Blé - Blé Sorgho	60 - 50 - 60	50 - 30 - 50	0 - 0 - 50	0 - 0 - 40	0	Sécurité Risque faible

Espèce d'exigence :   forte   moyenne   faible

# Apport d'Azote Précoce

## Enjeux et Conseils

A partir du stade 3 feuilles, les jeunes plantes de blé sont sensibles à la carence azotée.

Mais leurs besoins sont faibles et l'excès d'azote peut être lui aussi très pénalisant.

Synthèse des connaissances sur le sujet pour comprendre et bien gérer l'apport précoce.

### Contexte régional

3 feuilles est atteint en moyenne entre le 1<sup>er</sup> décembre (semis précoce) et le 5 janvier (semis du 10/11).

L'azote présent dans le sol à cette période résulte de :

- **Le bilan de la culture précédente** (azote apporté – azote absorbé) ; il peut aller de très excédentaire (rendement très décevant ou fertilisation excessive) à déficitaire (l'inverse).
- **La minéralisation du sol** après la maturité du précédent, d'autant plus élevé que le sol est riche en matière organique et que l'interculture est longue (blé > tournesol).
- **Le lessivage de l'ensemble** par les pluies de septembre à novembre ; selon les années et les secteurs, il peut aller de nul à quasi-total.

### La carence azotée précoce

Elle peut se manifester dès 3 feuilles :

- Couleur vert clair des feuilles, voire jaunissement – dessèchement de la 1<sup>ère</sup> feuille.
- Pas d'émission de la 1<sup>ère</sup> talle et croissance réduite.
- La croissance des racines est probablement aussi réduite entretenant ainsi la carence.

30 essais sur blé dur ont comparé « apport de 40 unités à 3 feuilles » et « pas d'apport avant épi 1 cm » ; la dose totale d'azote étant identique.

Le gain de l'apport à 3 feuilles dépend (Figure 1) :

- de la quantité d'azote dans le sol au moment de l'apport (Reliquat Entrée d'Hiver) ;
- de l'accès à l'azote.

Le gain moyen varie ainsi :

Reliquat sur 60 cm	Accès à l'azote	
	Bon	Médiocre
< 40 u	5.5 q/ha	10 q/ha
40 à 60 u	2 q/ha	6.5 q/ha
60 à 80 u	0	3-4 q/ha ?
> 80 u	0	0 ?

Nous appelons « **Reliquat Entrée d'Hiver** » la quantité d'azote résultant de cet enchaînement, mesurée sur les 60 premiers centimètres du sol, entre fin novembre et fin décembre.

Dans la région méditerranéenne, le Reliquat Entrée d'Hiver varie entre 15 et 150 unités (voire plus) avec une médiane de 60 unités (ABDD 2006 à 2016).

L'enracinement du blé à ce stade est de 25 à 40 cm selon sa facilité (tassement du sol, excès d'eau...). Il n'accède donc qu'à une partie de ce stock d'azote.

Ce stock d'azote continue d'évoluer pendant l'hiver mais souvent peu :

- La minéralisation du sol est faible car il fait plus froid.
- Le lessivage est souvent faible à nul car la période décembre à février est peu pluvieuse, contrairement aux autres régions de France. Il y a bien sûr des exceptions.

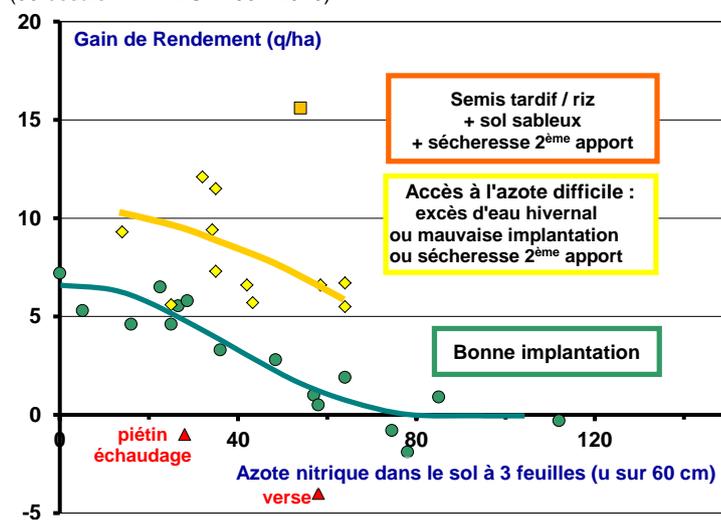
Pendant son tallage (décembre à février soit 90 jours), un blé a besoin d'absorber environ 50 u d'azote pour avoir une croissance optimale, feuilles et racines.

Un blé risque donc de subir une **carence en azote pénalisant le rendement** lorsque le **Reliquat Entrée d'Hiver est inférieur à 60 u**.

**Entre 60 et 80 u.**, seuls les blés mal implantés ou subissant un excès d'eau hivernal ou une forte sécheresse précoce gagnent à recevoir un apport à 3 feuilles.

**Au-delà de 80 u.**, il n'y a probablement plus d'enjeu.

Figure 1 : Gain de rendement d'un apport de 40 u. à 3 feuilles sur blé dur (30 essais ARVALIS- 1992-2010)



## Les risques de l'excès d'azote

Lorsque l'azote est disponible en abondance dans le sol et que la plante pousse peu, ses tissus (feuilles, tiges) se retrouvent riches en azote.

Avec deux types de conséquences.

### ✓ Croissance des plantes

Les feuilles sont plus grandes, et toutes les talles poussent, donnant un blé dense, touffu.

Les tiges s'allongent plus tôt en fin de tallage pour chercher la lumière.

Les racines poussent moins ; l'abondance d'azote en surface rendant moins utile la croissance en profondeur.

Lorsque l'hiver est froid, ce type de croissance « en herbe » est freiné. Au contraire, lorsque l'hiver est doux, il donne des gros blés, denses et hauts.

Les risques induits sont :

- **Culture plus sensible à la sécheresse** à cause d'une surface foliaire accrue (transpiration augmentée) et d'un enracinement réduit.
- **Culture plus sensible à la verse** à cause de l'allongement des premiers entrenœuds.

## Conseils pour l'apport précoce

Si un blé a besoin d'azote pour le tallage, c'est dès 3 feuilles : une petite dose sera alors très bien valorisée.

S'il n'en a pas besoin, tout apport sera mal valorisé, voire néfaste.

Le **tableau 1** donne nos conseils en fonction du **Reliquat Entrée d'Hiver** et du **Risque d'accès à l'azote limité**.

**Epis de plus petits** par concurrence entre eux.

Cette concurrence aboutira en cours de montaison à la mort des feuilles basses et des talles les plus jeunes. Elles auront consommé de l'eau et de l'azote, pas valorisés sous forme de rendement.

### ✓ Sensibilité aux maladies

Les champignons, sur les feuilles comme sur les racines, se multiplient davantage sur des tissus riches en azote.

Les blés riches en azote sont ainsi nettement plus sensibles :

- à l'oïdium, la rouille brune et la septoriose ; un oïdium précoce et fort est souvent l'indicateur d'un excès d'azote.
- au piétin échaudage.

En outre, la combinaison « **Gros blé riche en azote** » et « **Longue Sécheresse en hiver** » favorise l'installation de la **fusariose du plateau de tallage**. Elle commence à s'installer en février-mars et aboutit à un échaudage brutal des épis fin mai, avec des pertes de rendement énormes (25 à 80%).

Là aussi, cette exacerbation de la sensibilité aux maladies est plus marquée si l'hiver est doux que s'il est froid.

**L'accès à l'azote est limité** lorsque le blé est mal enraciné : sol très tassé, mauvaise levée, excès d'eau début tallage, nématodes sur les racines...

**Les situations à risque** sont les parcelles à excès d'eau fréquent (terres basses de Camargue, bords de rivières souvent inondés) et le précédent riz.

Dans ces cas, **un apport d'azote précoce peut avoir un effet starter très positif**.

**Tableau 1 : Gestion de l'apport d'azote précoce en fonction du Reliquat Entrée d'Hiver**

Reliquats sur 60 cm	entrée en carence	Conseil d'Apport Précoce
< 40 u	dès 3-4 feuilles	<b>Dès 2 feuilles</b> , pour être disponible à 3 feuilles. Cas général : 30 à 40 u. <b>Situations à risque</b> : forcez un peu (? 60 u.) pour avoir de l'avance en culture.
40 à 60 u	à 4-5 feuilles	<b>Dès 3 feuilles</b> - début tallage. Cas général : 30 à 40 u. <b>Blés mal implantés</b> : forcez le passage à 3 feuilles, pour le faire redémarrer.
60 à 80 u	fin tallage - épi 1cm	<b>0 u. Pas d'apport avant début janvier</b> ; le reliquat suffit à assurer le tallage. Reprendre le cours de la fertilisation vers le 5/01 en réagissant aux pluies. <b>Exception</b> : si le blé patine, signe d'un problème d'enracinement, 40 u. pour essayer de le faire redémarrer.
80 à 100 u	épi 1 cm - 1 nœud	<b>0 u. Pas d'apport avant fin janvier</b> . Reprendre le cours de la fertilisation vers le 01/02 en réagissant aux pluies. <b>Si le blé pousse mal</b> malgré des reliquats élevé, le problème ne vient pas de l'azote.
100 à 120 u	1 nœud	<b>0 u. Pas d'apport avant mi-février</b> . Reprendre le cours de la fertilisation vers le 15/02 en réagissant aux pluies.
> 120 u	2 nœuds	<b>0 u. Pas d'apport avant fin février</b> . Reprendre le cours de la fertilisation vers le 1/03 en réagissant aux pluies.

## Estimer le Reliquat Entrée d'Hiver

Le Tableau 2 permet de repérer les situations à risque de reliquats faibles ou au contraire élevés.

Ces valeurs ne sont qu'indicatives car elles dépendent aussi d'autres paramètres :

- Azote apporté et rendement du précédent ;
- Teneur en matière organique du sol ;
- Reliquat de l'année précédente ;
- Apports organiques.

L'ABDD réalise chaque année des mesures fin novembre et publie nos estimations dans le message de début décembre.

L'idéal est bien sûr de mesurer le Reliquat par prélèvement de sol fin novembre.

C'est particulièrement utile dans les cas suivants où on risque d'apporter de l'azote alors qu'il n'y en a pas besoin :

- Précédents facilement riches (Luzerne, Légumes...);
- Sols riches en matière organique (> 2,5 %);
- Précédent au **rapport N apporté / Rendement** élevé ou au rendement décevant ;
- Succession d'automne secs.

### \* Rapport N apporté / Rendement

Moyen simple pour évaluer l'équilibre azoté sur le précédent :

### Somme de tous les apports d'azote Rendement réalisé

La valeur calculée, en unité/quintal, est la quantité d'engrais apportée par quintal produit.

Le tableau ci-contre en interprète les résultats.

Une fertilisation déficitaire (bon rendement pour peu d'azote apporté) a peu de chances de laisser un Reliquat élevé.

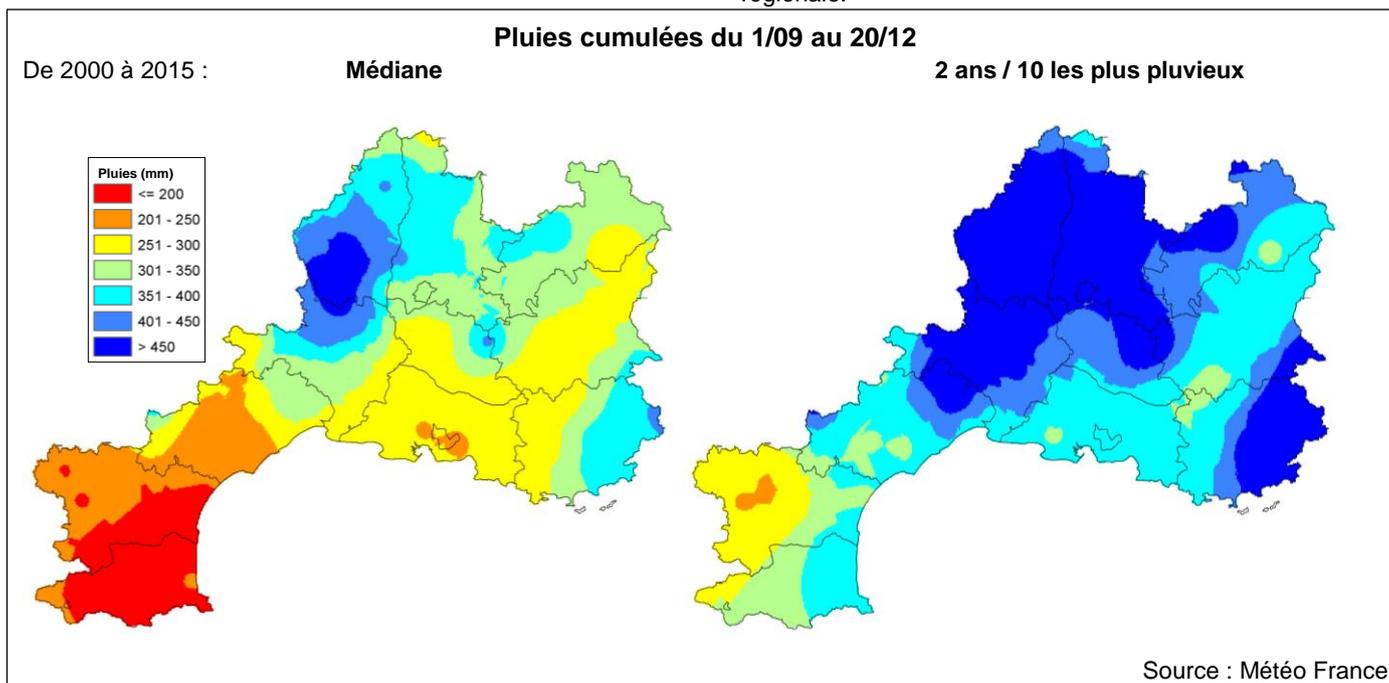
Au contraire une fertilisation excédentaire favorise un Reliquat élevé.

**Tableau 2 : Reliquat Entrée d'Hiver probable en fonction du précédent (fertilisé normalement) et des pluies d'automne.**

Précédent	Pluies du 1er septembre au 30 novembre (mm)			
	500	400	300	200
<b>Riz</b>	20 à 40 u. Reliquat très faible en général. Enracinement souvent limité.			
<b>Sorgho</b>	< 30 u	30 à 40	40 à 50	> 50 u
	Reliquat faible en général.			
<b>Tournesol</b>	< 30 u	30 à 40	40 à 60	> 60 u
	Reliquat faible en général car peu fertilisé. Dépendant du rapport N apporté / Rendement *			
<b>Blé dur paille enfouie</b>	< 40 u	40 à 55	55 à 80	> 80 u
	Reliquat très dépendant du rapport N apporté/Rendement *			
<b>Blé dur paille exportée</b>	< 30 u	30 à 40	40 à 80	> 80 u
	- 15 u. en moyenne par rapport à paille enfouie. Reliquat très dépendant du rapport N apporté/Rendement *			
<b>Colza</b>	< 40 u	40 à 65	65 à 100	> 100 u
	Reliquat assez élevé en général. D'autant plus élevé que le colza était développé.			
<b>Pois (30 q/ha)</b>	< 50 u	50 à 80	80 à 100	> 100 u
	Reliquat d'autant plus élevé que le pois était développé.			
<b>Pois chiche (20 q/ha)</b>	< 40 u	40 à 50	50 à 80	> 80 u
	D'autant plus élevé que le pois chiche était développé. Le Reliquat ne mesure pas tout l'azote fourni (décomposition plus lente des résidus ?)			
<b>Luzerne</b>	<b>Généralement &gt; 80 u. Jusqu'à 250 u.</b> Après retournement, une luzerne fournit de l'azote : - rapidement par les feuilles (repousse d'été); - lentement (sur 2 ans) par les racines.			
<b>Cultures légumières</b>	<b>Très, très variable : mesure très utile.</b>			

### Interprétation du rapport N apporté / Rendement

	Fertilisation azotée		
	déficitaire	équilibrée	excédentaire
<b>Tournesol</b>	0	1	2 et +
<b>Blé dur 14% protéines</b>	< 3	3 à 4	> 4
<b>Blé tendre 12% protéines</b>	< 2,5	2,5 à 3,5	> 3,5
<b>Orge 10,5% protéines</b>	< 2	2 à 3	> 3



**Secteurs plus arrosés :**

- Le nord-est de l'Hérault, le centre et nord Gard, la vallée du Rhône.
- 300 à 500 mm en médiane ; plus de 400 à 800 les années pluvieuses.
- Le Reliquat Entrée d'Hiver est souvent peu élevé et tombe très bas les années pluvieuses.
- L'apport d'azote précoce y est souvent nécessaire et très rentable.

**Secteurs plus secs :**

- Aude, ouest de l'Hérault, Bouches du Rhône et Durance.
- Moins de 300 mm en médiane ; 250 à 400 les années pluvieuses.
- Le Reliquat Entrée d'Hiver est souvent élevé et le lessivage rarement important.
- Ce reliquat peut se cumuler sur plusieurs années tant qu'il n'y a pas d'automne-hiver arrosé.
- L'apport d'azote précoce y est rarement nécessaire et les excès d'azote plus risqués.