

SERTAD

Actions C2 et C3

Réseaux de mesure de l'azote du sol

Synthèse des résultats



PREAMBULE

1. Qu'est-ce que les reliquats azotés?

Ce sont des prélèvements de sol réalisés à la tarière dans différents points de la parcelle (8 à 15 par parcelle) : zone homogène, à l'écart des bordures de champ.

On réalise des prélèvements différents pour chaque horizon. Au-delà de 30 cm, on différencie au moins 2 horizons.

Les échantillons sont mis directement en glacière puis congelés, pour un envoi au laboratoire d'analyse (AUREA, laboratoire agréé) de 1 à 5 jours. Ceci permet d'éviter au maximum l'évolution de l'azote dans l'échantillon en bloquant la minéralisation.

Les résultats d'analyse (cf. originaux joints) correspondent à la quantité d'azote contenue dans la terre fine. Ils sont ensuite corrigés par le taux de cailloux du sol pour chaque parcelle.

Le laboratoire différencie la forme nitrique de l'azote (NO_3^-) de la forme ammoniacale (NH_4^+). Une trop grande part d'azote ammoniacal peut être due à différents facteurs : un mauvais conditionnement (trop de temps avant congélation), un apport organique très récent (il est important de connaître le dernier apport organique), un mauvais état physique du sol (asphyxie, compactage).

Attention les valeurs des reliquats azotés sont des ordres de grandeur, elles ne doivent pas être prises à l'unité près.

1.1 Le Reliquat Post Récolte (RPR)

Il est réalisé après les récoltes de début d'été (fin juillet/ début août), sur les parcelles récoltées. Il représente l'azote restant dans le sol après une culture. Ce n'est pas forcément un indicateur d'excès de fertilisation ou de mauvais rendement. En effet, entre le moment où la culture arrête de prélever de l'azote et la date du RPR, il peut y avoir 1 à 2 mois pendant lesquels le sol peut minéraliser.

Qu'est-ce que la minéralisation ? C'est la transformation de l'azote de sa forme organique vers sa forme minérale. Elle est d'autant plus forte que le sol est chaud et suffisamment humide. C'est la forme minérale qui est utilisée par les plantes pour leur croissance et également celle qui peut être lessivée. »

1.2 Le Reliquat Entrée Hiver (REH)

Il est réalisé **fin octobre / début novembre**, avant que les pluviométries hivernales percolent et entraînent les nitrates. Il peut être réalisé sur toutes les cultures (sauf en cas d'impossibilité d'entrer sur la parcelle). Il montre la quantité d'azote qui va potentiellement pouvoir être lessivée en cas de fortes pluviométries hivernales.

L'évolution du reliquat d'azote entre RPR et REH peut être expliquée par le phénomène de minéralisation (augmentation de la valeur du reliquat) ou par un prélèvement d'azote par la culture en place (colza ou CIPAN) (diminution de la valeur du reliquat). Des phénomènes complexes de réorganisations de l'azote ont pu avoir lieu.

1.3 Le Reliquat de Sortie d'Hiver (RSH)

Il est réalisé **à la fin du mois de janvier** (avant la reprise de la végétation et les premiers apports azotés), sur toutes les cultures d'hiver. Il montre le reliquat d'azote restant après l'hiver, n'ayant pas été lessivé. **Cette quantité d'azote est à prendre en compte dans le prévisionnel de fumure car il pourra être valorisé par la culture** à sa reprise de végétation.

La différence entre le REH et le RSH permet d'estimer la quantité d'azote qui a pu être lessivée durant l'hiver.

2. Les Catégories de sol en fonction de la profondeur de prélèvement :

Les sols ont été séparés en 3 grandes catégories en fonction des profondeurs de prélèvement.

Sols "superficiels" : Prélèvements inférieurs à 20 cm	
Sols "moyennement profonds" : Prélèvements de 25 cm à 45 cm	
Sols "profonds" : Prélèvements plus de 45 cm	

3. Remarques

Calcul des moyennes : Les valeurs extrêmes (> 200 % de la moyenne du type de sol concerné) ont été enlevées pour calculer la **moyenne totale**.

Les quantités d'azote : les reliquats étudiés dans ce document correspondent aux quantités d'azote sous forme NO_3^- et NH_4^+ des prélèvements réalisés dans les parcelles du réseau. Les quantités sont exprimées en Kg d'azote par ha.

L'ensemble des mesures sont présentées sous forme de **graphiques en annexe** de ce document.

Un document complémentaire à cette synthèse caractérise l'évolution des quantités d'azote du sol entre deux périodes :

- Reliquat Post-Récolte (RPR) et Reliquat Entrée Hiver (REH)
- Reliquats Reliquat Entrée Hiver (REH) et Reliquats Sortie Hiver (RSH)

Ce document est dénommé : "*Comparaison de l'évolution des reliquats mesurés (RPR/REH et REH/RSH)*"

Des reliquats élevés et hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **55**
- Moyenne : **35 kg d'N/ha** (39 kg avec les extrêmes)
 - Parcelles < 20 kg/ha : **9**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **33**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **13**

Variabilité moyenne à forte

- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **9**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **5**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄** :
 - supérieur à 30 % de l'azote total) : **3** (5%)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **0**

Sols superficiels :

- Bien en dessous de la moyenne (23 kg pour 39 kg).
- Variabilité : 2 parcelles extrêmes sinon plutôt homogènes : de 5 à 29 kg et 75% (des "hors extrêmes") entre 14 et 29 kg (*15 kg*)

Sols moyens :

- Dans la moyenne (38 kg pour 39 kg)
- 3 parcelles extrêmes sinon plutôt homogènes : de 15 à 46 kg et 75% (des "hors extrêmes") entre 23 et 46 kg (*23 kg*)

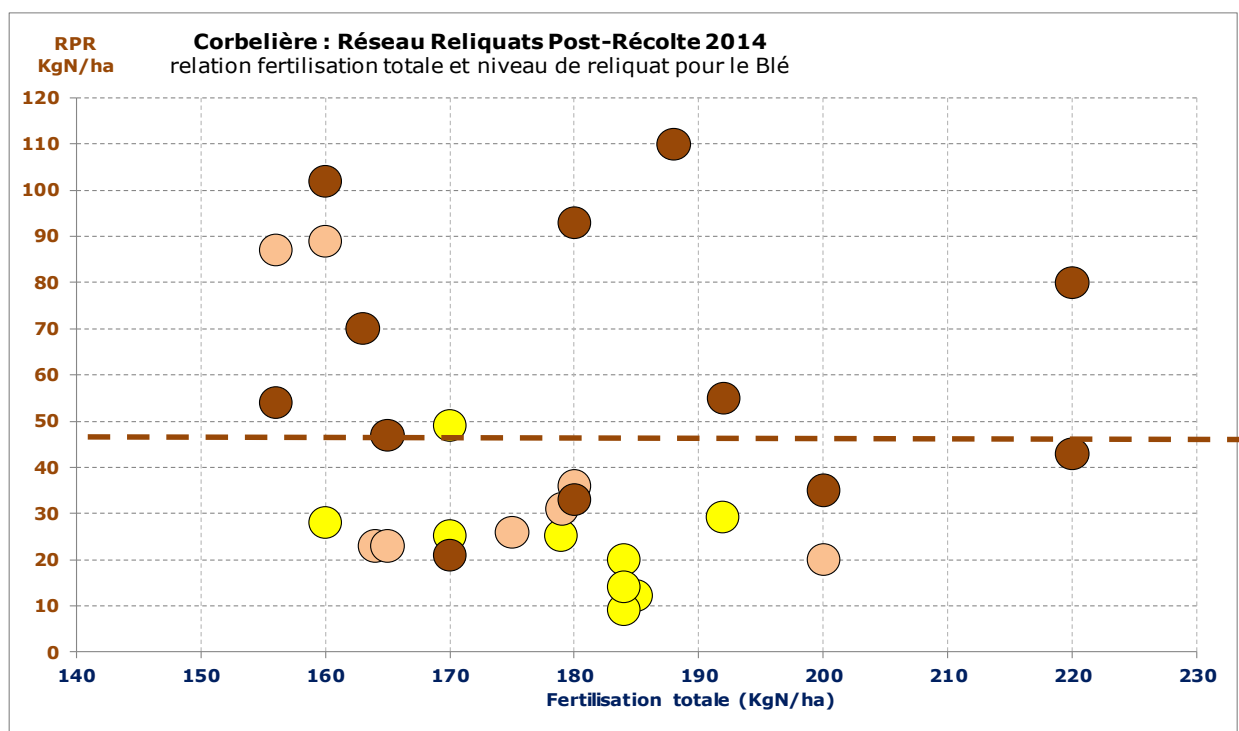
Sols profonds :

- Au-dessus de la moyenne (53 kg pour 39 kg)
- 4 parcelles extrêmes et beaucoup de variabilité : de 20 à 72 kg et 75% (des "hors extrêmes") entre 27 et 70 kg (*43 kg*)

Lien entre les Reliquats Post-Récolte et les niveaux de fertilisation et de rendement :

L'analyse porte sur les 29 parcelles de blé (culture majoritaire).

Comme le montre le graphique 1 ci-dessous, il n'y a pas de corrélation évidente entre le niveau de fertilisation et la quantité d'azote après la récolte. Ce constat est valable aussi bien pour les groies (souvent des sols superficiels) que pour les terres rouges (sols beaucoup plus profonds).

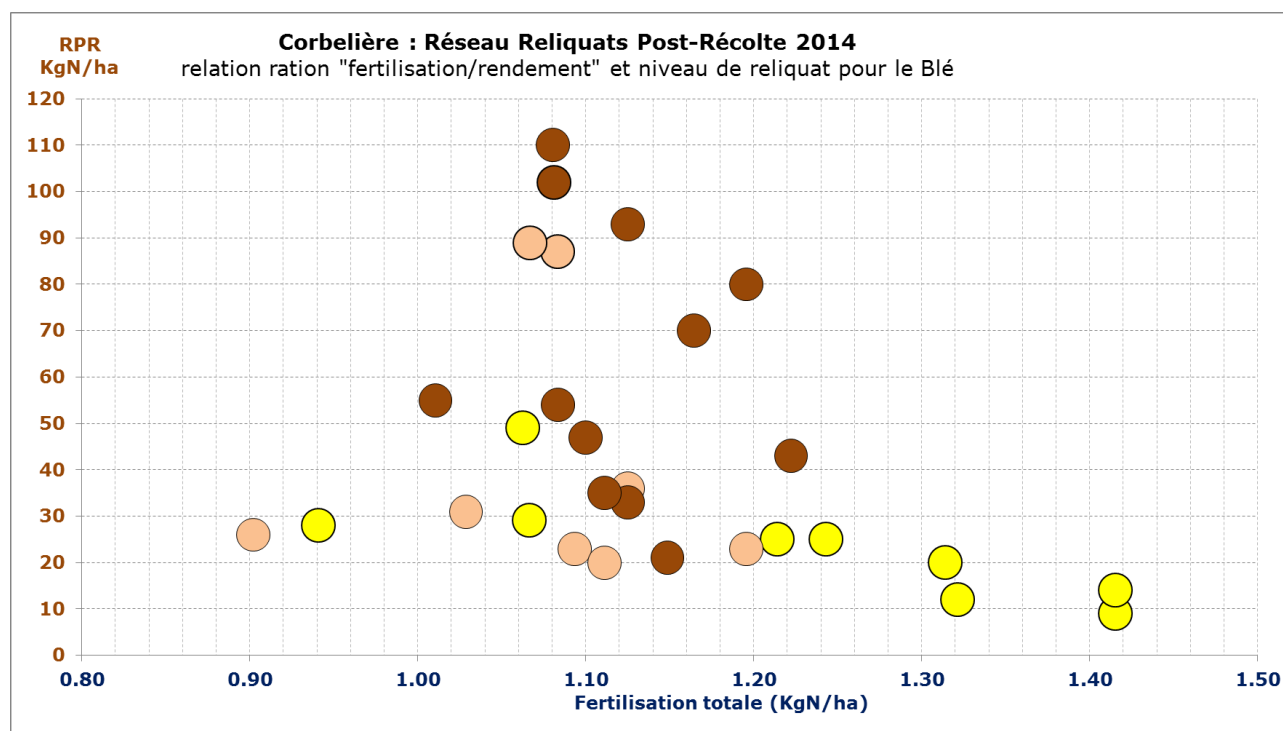


Graphique 1 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Si nous ajoutons la variable "rendement" en calculant un **"facteur de performance"** déterminé par le rapport entre la fertilisation totale et le rendement (facteur multiplié par 2 pour faire peser un peu plus le rendement).

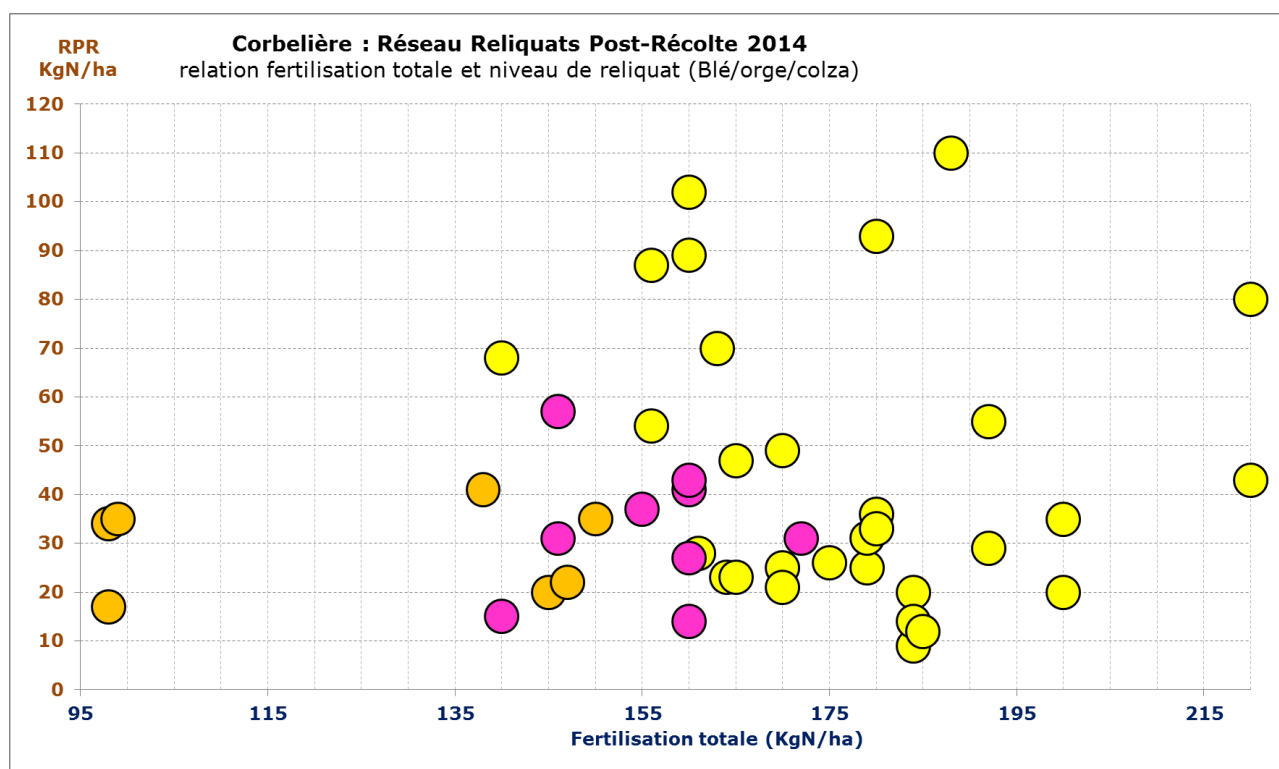
Plus ce chiffre est proche de zéro, plus la performance est bonne "il a fallu peu d'azote pour obtenir un bon rendement".

Nous avons le même constat que précédemment : Ce ne sont pas forcément les situations les plus performantes qui ont les plus faibles reliquats (cf. graphique 2 ci-dessous).



Graphique 2 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Le graphique 3 ci-dessous montre la relation entre la fertilisation totale et les reliquats pour les 3 cultures d'hiver principales que sont le blé, l'orge et le colza.



Graphique 3 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé/colza/orge

Pour un même niveau de fertilisation, les parcelles en colzas ont de plus faibles niveaux de reliquats azotés que les blés. Pour les orges il en est de même sur quelques parcelles. Cependant dans la majorité des cas les niveaux de fertilisation sont très souvent bien inférieurs au blé.

Des reliquats élevés et hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **77**
- Moyenne : **43 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **9**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **28**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **16**

Variabilité moyenne à forte

- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **8**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **1**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄** (> 30 % de l'N total):
 - Supérieur à 30 % de l'azote total): **16** (21%)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **6**

Sols "superficiels" :

- Bien en dessous de la moyenne (27 kg pour 43 kg).
- 2 parcelles extrêmes sinon plutôt homogènes : de 13 à 40 kg et 75% (des "hors extrêmes") entre 18 et 32 kg (*14 kg*)

Sols "moyens" :

- En dessous de la moyenne (35 kg pour 43 kg).
- 1 parcelle extrême sinon plutôt homogène : de 10 à 51 kg et 75% (des "hors extrêmes") entre 22 et 46 kg (*24 kg*)

Sols "profonds" :

- Bien au-dessus de la moyenne (63 kg pour 43 kg).
- 5 parcelles extrêmes et beaucoup de variabilité : de 26 à 89 kg et 75% entre 26 et 69 kg (*43 kg*)

Analyses réalisées :

Comparaison RPR et REH en fonction de la couverture du sol :

- Les sols couverts ont perdu 17 kg d'azote par ha. Cette perte est plus importante pour les parcelles en colza (- 35 kg/ha) que pour les Cultures Intermédiaires Piège à Nitrates (- 5 kg/ha). Pourtant des mesures de biomasse ont montré que les CIPAN avaient absorbé entre 48 et près de 144 kg d'azote par ha.
- Pour les sols sans couvert, on constate une augmentation de 17 kg /ha de l'azote.

Des reliquats élevés et hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **60**
- Moyenne : **37 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **6**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **44**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **10**

Variabilité moyenne à forte (moyenne hors extrêmes)

- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **7**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **3**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total): **18** (30%)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **10**

Sols superficiels :

- En dessous de la moyenne (28 kg pour 37 kg).
- 1 parcelle extrême sinon plutôt homogène : de 16 à 37 kg et 75% (des "hors extrêmes") entre 21 et 36 kg (15 kg)

Sols moyens :

- Dans la moyenne (39 kg pour 37 kg).
- 3 parcelles extrêmes sinon plutôt variables : de 11 à 57 kg et 75% (des "hors extrêmes") entre 24 et 56 kg (32 kg)

Sols profonds :

- Dans la moyenne (40 kg pour 37 kg).
- 3 parcelles extrêmes sinon variables : de 14 à 55 kg et 75% entre 20 et 48 kg (28 kg)

Analyses réalisées :

Comparaison REH et RSH :

- 1/3 des parcelles voient la quantité d'azote augmenter dont seulement 5 de façon très significative.
- Pour les parcelles qui perdent de l'azote à peine 20% voient une perte très important

Attention : sol très sec avec des prélèvements parfois bien inférieurs aux profondeurs habituelles.

Des reliquats très élevés et très hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **57**
- Moyenne : **74 kg d'N/ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **1**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **7**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **47**

Variabilité forte

- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **9**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **0**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total): **1** (2%)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **0**

Sols superficiels :

- Bien en dessous de la moyenne (54 kg pour 74 kg).
- 2 parcelles bien au-dessous de la moyenne et 2 parcelles bien en dessus.

Sols moyens :

- Dans la moyenne (77 kg pour 74 kg).
- 4 parcelles bien au-dessous de la moyenne et 4 bien au-dessus sinon assez concentré autour de la moyenne (50% des parcelles bien réparties autour de la moyenne).

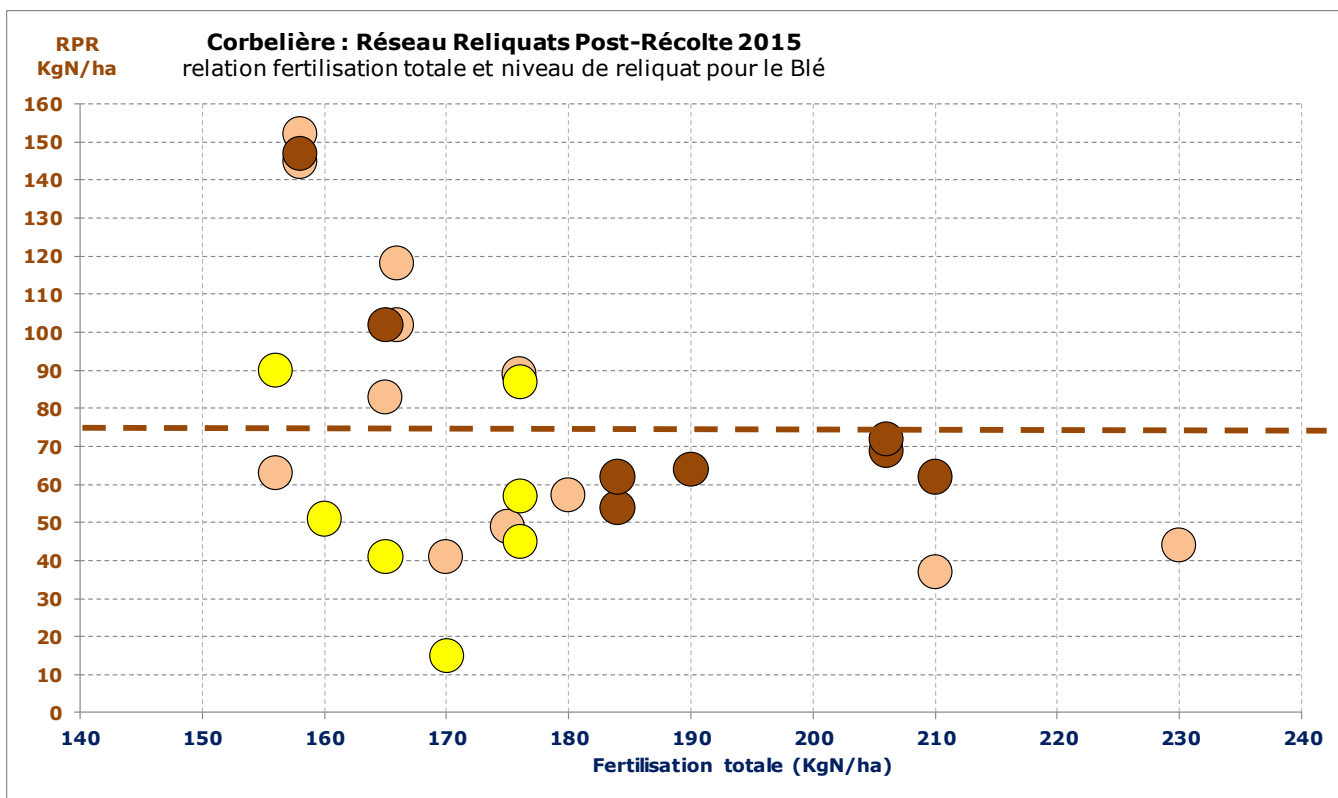
Sols profonds :

- Au-dessus de la moyenne (84 kg pour 74 kg).
- Assez variable dont 3 parcelles bien au-dessus de la moyenne.

Lien entre les Reliquats Post-Récolte et les niveaux de fertilisation et de rendement :

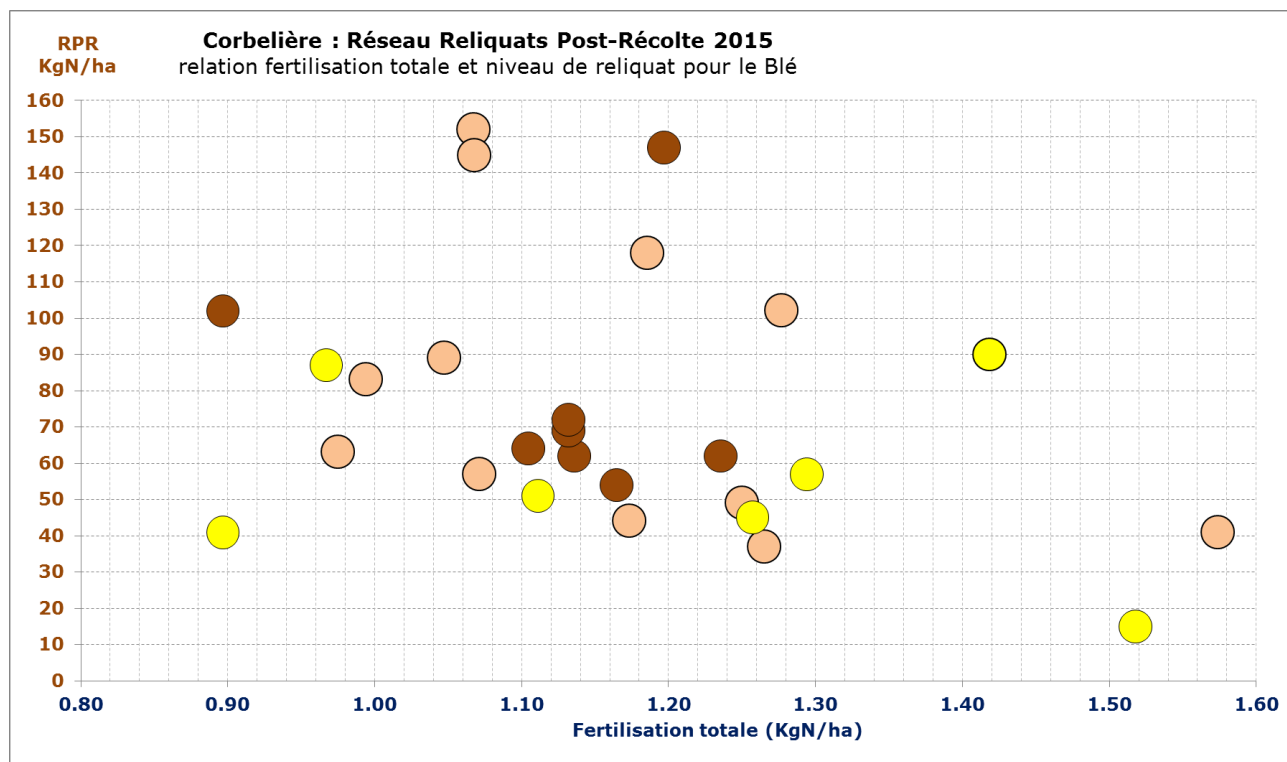
L'analyse porte sur les 29 parcelles de blé (culture majoritaire).

Comme le montre le graphique 4 ci-dessous, il n'y a pas de corrélation évidente entre le niveau de fertilisation et la quantité d'azote après la récolte. Ce constat est valable aussi bien pour les groies (souvent des sols superficiels) que pour les terres rouges (sols beaucoup plus profonds).



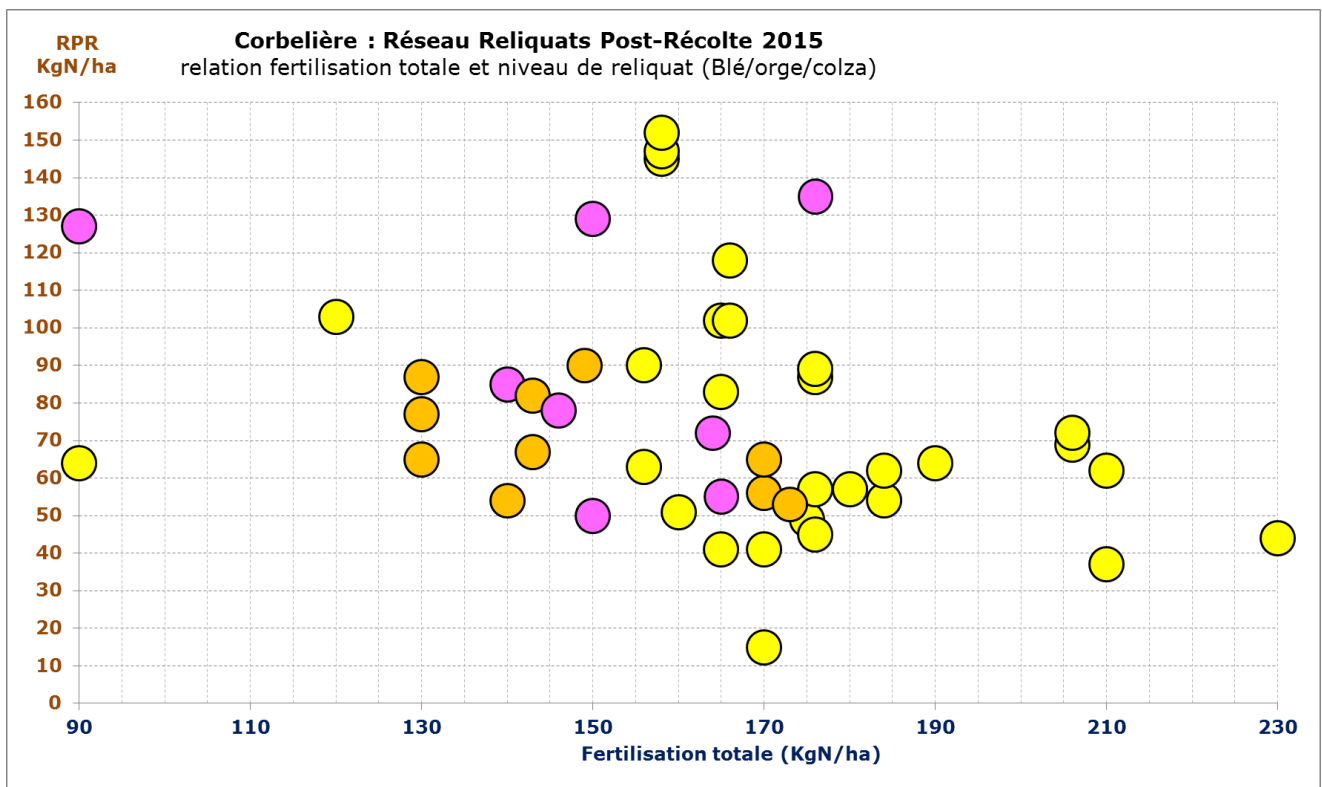
Graphique 4 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Si nous ajoutons la variable "rendement" en calculant un **"facteur de performance"** nous avons le même constat que précédemment : Ce ne sont pas forcément les situations les plus performantes qui ont les plus faibles reliquats (cf. graphique 5 ci-dessous).



Graphique 5 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Le graphique 6 ci-dessous montre la relation entre la fertilisation totale et les reliquats pour les 3 cultures d'hiver principales que sont le blé, l'orge et le colza.



Graphique 6 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé/colza/orge

On ne constate pas de lien évident entre le niveau de fertilisation des cultures et le niveau des reliquats azotés post-récolte.

Des reliquats très élevés et très hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **81**
- Moyenne : **70 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **0**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **19**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **51**
- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **9**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **1**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total) : **21** (30%)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **9**

Sols "superficiels" :

- Bien en dessous de la moyenne (46 kg pour 70 kg).
- Plutôt hétérogènes : répartis en 3 groupes distincts : 6 parcelles entre 21 et 31 kg, 9 parcelles entre 39 et 55 kg et enfin 6 parcelles entre 64 et 73 kg

Sols "moyens" :

- Dans la moyenne (66 kg pour 70 kg)
Très grande hétérogénéité de 25 à 105 kg bien répartis. 1 seule parcelle extrême.

Sols "profonds" :

- Bien au-dessus de la moyenne (92 kg pour 70 kg)
6 parcelles extrêmes et beaucoup de variabilité : de 34 à 191 kg

Analyses réalisées :

Comparaison RPR et REH en fonction de la couverture du sol :

- Les sols couverts ont perdu 22 kg d'azote par ha. Cette perte est plus importante pour les parcelles en colza (- 33 kg/ha) que pour les Cultures Intermédiaires Piège à Nitrates (- 6 kg/ha). Pourtant des mesures de biomasse ont montré que les CIPAN avaient absorbé entre 29 près de 200 kg d'azote par ha.
- Pour les sols sans couvert, on constate une augmentation de 7 kg /ha de l'azote.

Des reliquats moyens et très hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **54**
- Moyenne : **30 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **16**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **33**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **5**
- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **6**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **2**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total): **43** (80%)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **22**

Sols superficiels :

- En dessous de la moyenne (20 kg pour 30 kg).
- 1 parcelle extrême sinon plutôt homogène : de 13 à 28 kg (75% des valeurs)

Sols moyens :

- Un peu en dessous de la moyenne (26 kg pour 30 kg)
- 2 parcelles extrêmes sinon plutôt homogènes : de 12 à 39 kg et 75% (des "hors extrêmes") entre 12 et 27 kg.

Sols profonds :

- Bien au-dessus de la moyenne (44kg pour 30 kg)
- 3 parcelles extrêmes sinon variables : de 21 à 50 kg.

Analyses réalisées :

Comparaison REH et RSH :

- Seules 2 parcelles voient la quantité d'azote augmenter.
- Pour 96 % de parcelles qui perdent de l'azote, les quantités perdues sont souvent importantes

Attention : sols parfois secs avec des prélèvements parfois inférieurs aux profondeurs habituelles.

Des reliquats élevés et très hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **57**
- Moyenne : **60 kg d'N/ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **1**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **21**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **35**

Variabilité forte

- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **9**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **0**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total) : **2 (3%)**
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **0**

Sols superficiels :

- Bien en dessous de la moyenne (44 kg pour 60 kg).
- Très large plage de résultats avec un groupe de 9 parcelles entre 22 et 30. Kg/ha et un groupe de 6 parcelles à plus de 68 kg/ha.

Sols moyens :

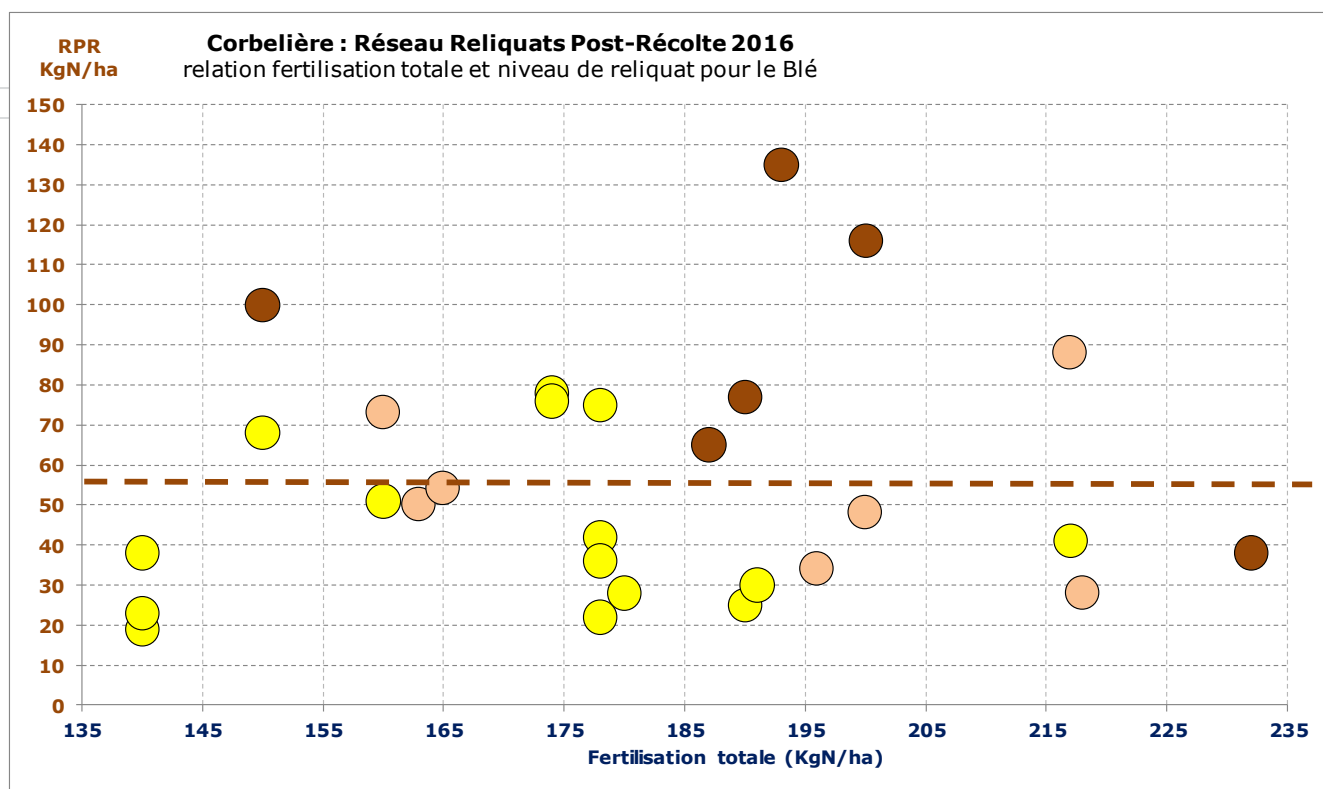
- Au-dessus de la moyenne (72 kg pour 60 kg).
- 2 parcelles bien au-dessus de la moyenne (124 et 138 kg/ha) et 2 bien au-dessous. Les autres valeurs sont ventilées autour de la moyenne.

Sols profonds :

- Au-dessus de la moyenne (81 kg pour 60 kg).
- très grande variabilité.

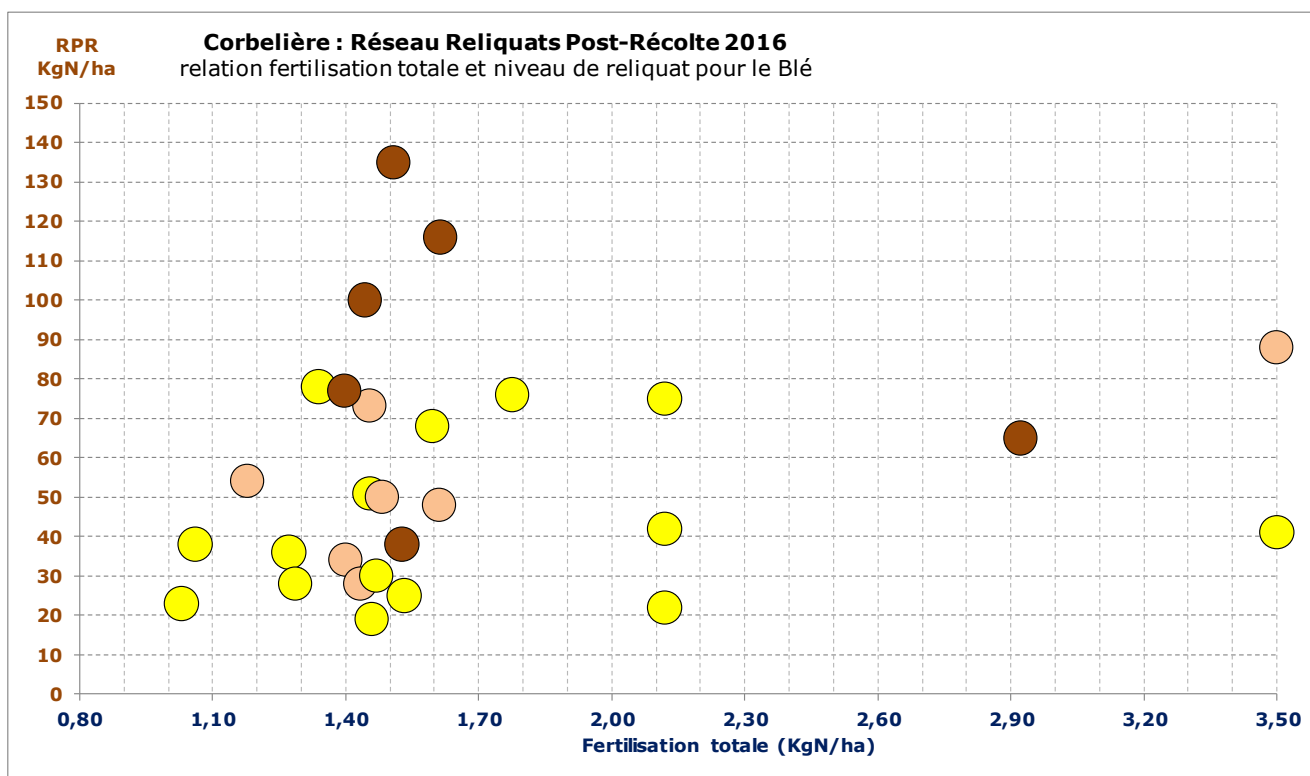
Lien entre les Reliquats Post-Récolte et les niveaux de fertilisation et de rendement :
L'analyse porte sur les 28 parcelles de blé et blé dur (culture majoritaire).

Comme le montre le graphique 7 ci-dessous, il n'y a pas de corrélation évidente entre le niveau de fertilisation et la quantité d'azote après la récolte. Ce constat est valable aussi bien pour les groies (souvent des sols superficiels) que pour les terres rouges (sols beaucoup plus profonds).



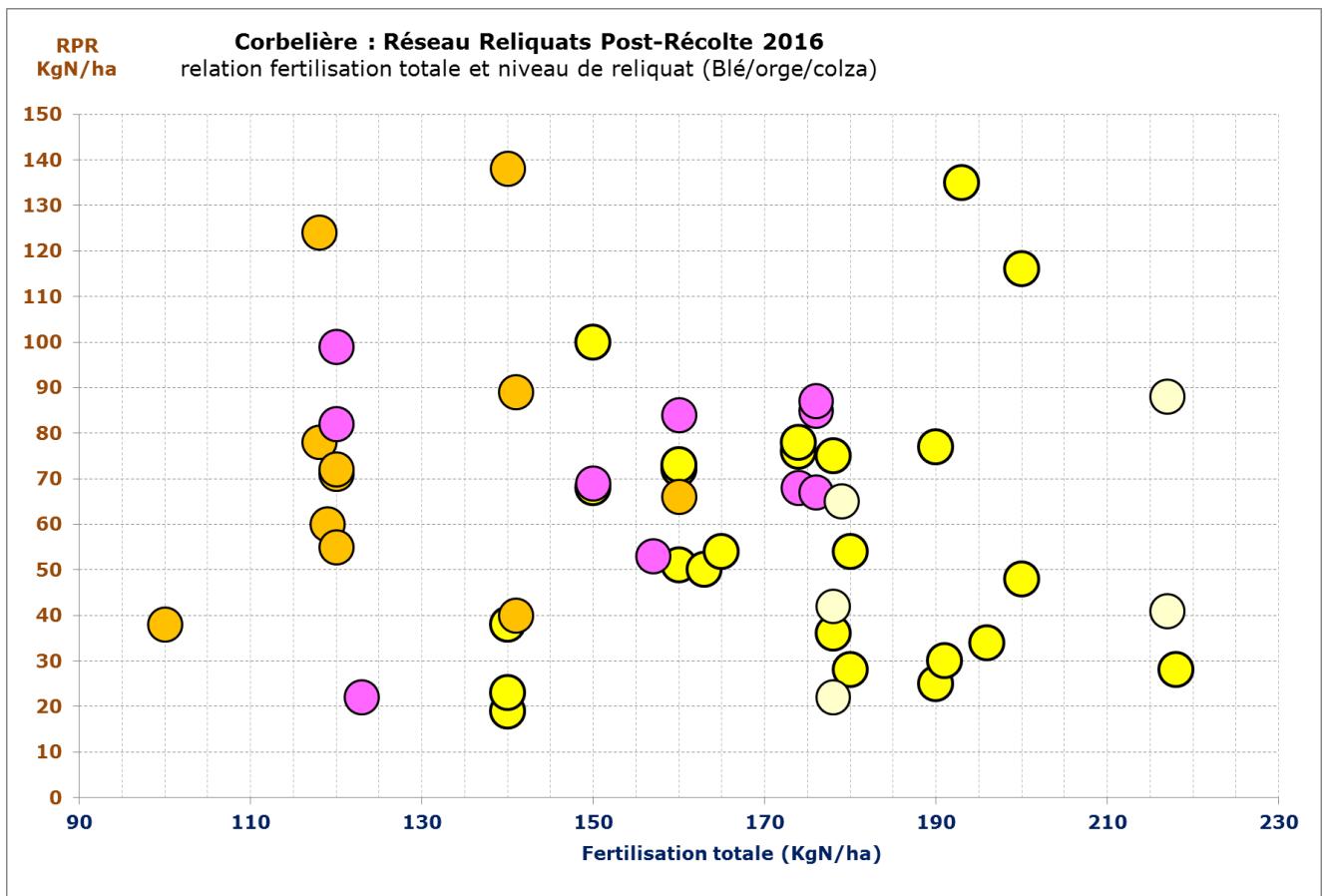
Graphique 7 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Si nous ajoutons la variable "rendement" en calculant un **"facteur de performance"** nous avons le même constat que précédemment : Ce ne sont pas forcément les situations les plus performantes qui ont les plus faibles reliquats (cf. graphique 8 ci-dessous).



Graphique 8 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Le graphique 9 ci-dessous montre la relation entre la fertilisation totale et les reliquats pour les 3 cultures d'hiver principales que sont le blé, l'orge et le colza.



Graphique 9 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé/colza/orge

On ne constate pas de lien évident entre le niveau de fertilisation des cultures et le niveau des reliquats azotés post-récolte.

Des reliquats très élevés et très hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **84**
- Moyenne : **94 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **0**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **15**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **69**
- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **7**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **1**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total) : **2 (2 %)**
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **0**

Sols "superficiels" :

- Bien en dessous de la moyenne (53 kg pour 94 kg).
- Très hétérogènes : répartis en 3 groupes distincts : 9 parcelles entre 21 et 39 kg, 6 parcelles entre 43 et 60 kg et enfin 6 parcelles entre 72 et 109 kg

Sols "moyens" :

- Dans la moyenne (86 kg pour 94 kg)
Très grande hétérogénéité de 32 à 135 kg très linéaire.

Sols "profonds" :

- Bien au-dessus de la moyenne (130 kg pour 94 kg)
Très grande hétérogénéité de 58 à 246 kg. Les 2/3 des parcelles sont au-dessus de 100 kg d'azote par ha dont 3 parcelles au-dessus de 200 kg/ha (jamais vu jusqu'à présent).

Analyses réalisées :

Comparaison RPR et REH en fonction de la couverture du sol :

Par rapport aux autres années il y a eu très peu de CIPAN développées et les parcelles en colza n'étaient pas toujours très développées.

La comparaison de l'évolution des niveaux d'azote du sol entre ces 2 périodes en fonction de la couverture du sol n'est donc pas pertinente.

Des reliquats élevés voir très élevés dans les sols les plus profonds. Une prise en compte essentielle dans les prévisions de fertilisation.

- Nombre de parcelles prélevées : **65**
- Moyenne : **46 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **8**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **35**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **22**
- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **7**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **3**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total): **5** (8%)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **1**

Sols superficiels :

- Très en dessous de la moyenne (25 kg pour 46 kg).
- 1 parcelle extrême sinon plutôt homogène : de 15 à 30 kg (80% des valeurs)

Sols moyens :

- Un peu en dessous de la moyenne (40 kg pour 46 kg)
- Résultats bien ventilés autour de la moyenne : plus de 60% des valeurs comprises entre 25 kg et 45 kg par ha.

Sols profonds :

- Très au-dessus de la moyenne (73kg pour 46 kg)
- Résultats très hétérogènes en fonction des parcelles avec 5 à moins de 50 kg/ha et 5 parcelles à plus de 100 kg/ha.

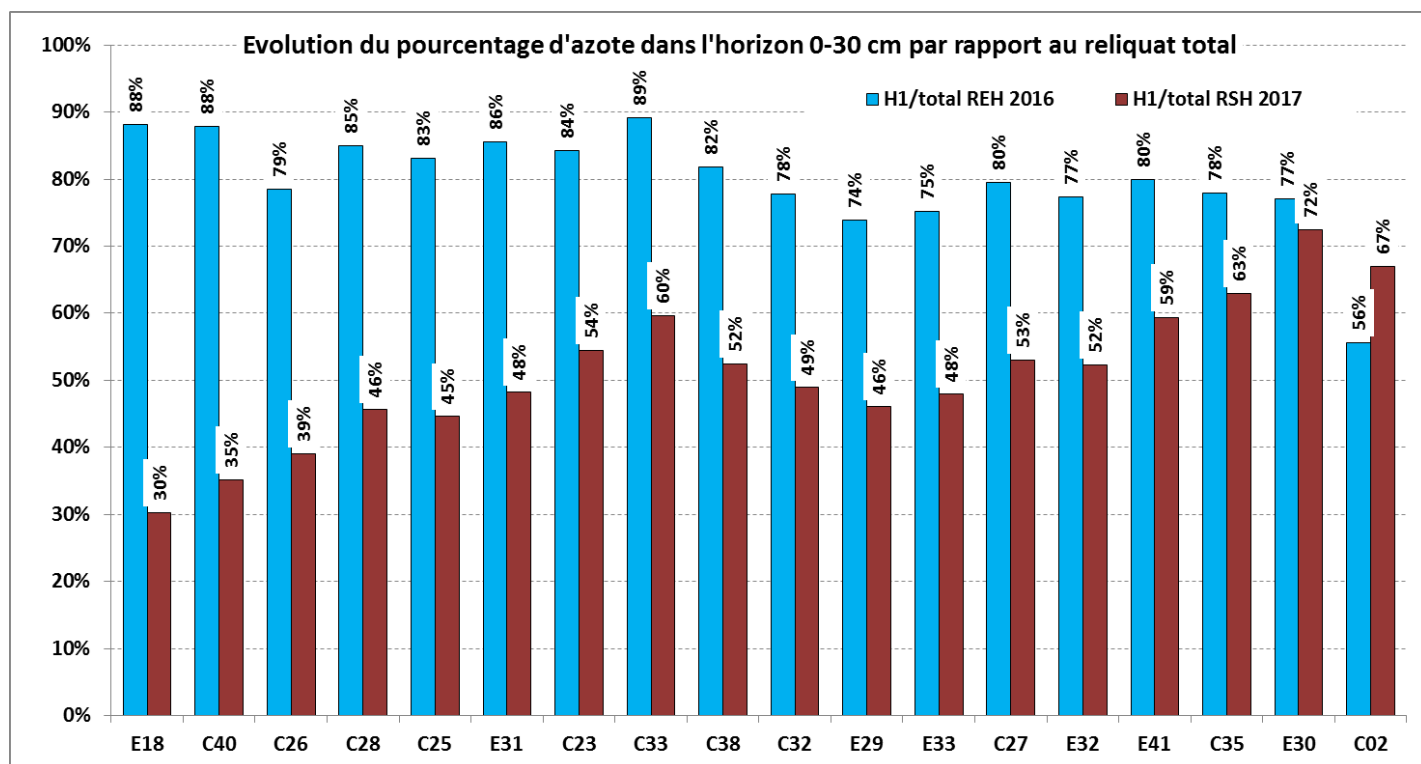
Analyses réalisées :

Comparaison REH et RSH :

- Seules 1 parcelle voit la quantité d'azote augmenter (significativement).
- Pour les parcelles qui perdent de l'azote, les quantités perdues sont souvent importantes mais cependant moins en proportion que pour la campagne précédente.

Comparaison du pourcentage d'azote dans le 1^{er} horizon (0-30 cm) par rapport à la quantité total d'azote du profil en sols profonds (voir graphique ci-dessous) :

En entrée d'hiver le premier horizon concentrait plus de 80% de l'azote alors qu'en sortie d'hiver il ne représente plus que 50%. On constate que malgré une pluviométrie très déficitaire entre octobre en fin janvier, il y a eu migration des nitrates dans le sol entre le 1^{er} horizon et le 2^{ème} horizon. On constate même qu'en sol profond une partie des nitrates est descendue en dessous de la profondeur prélevée (60 cm au maximum). Ces nitrates ne seront pas perdus pour les plantes (enracinement possible jusqu'à plus de 100 cm) sauf en cas de très forte pluviométrie.



Graphique 10 : Proportion d'azote entre H1 et H2

Des reliquats élevés et hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **62**
- Moyenne : **51 kg d'N/ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **1**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **33**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **28**

Variabilité forte

- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **2**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **0**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total) : **1**
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **1**

Sols superficiels :

- Bien en dessous de la moyenne (32 kg pour 51 kg).
- bien réparti autour de la moyenne.

Sols moyens :

- Proche de la moyenne (57 kg pour 51 kg).
- Forte variabilité.

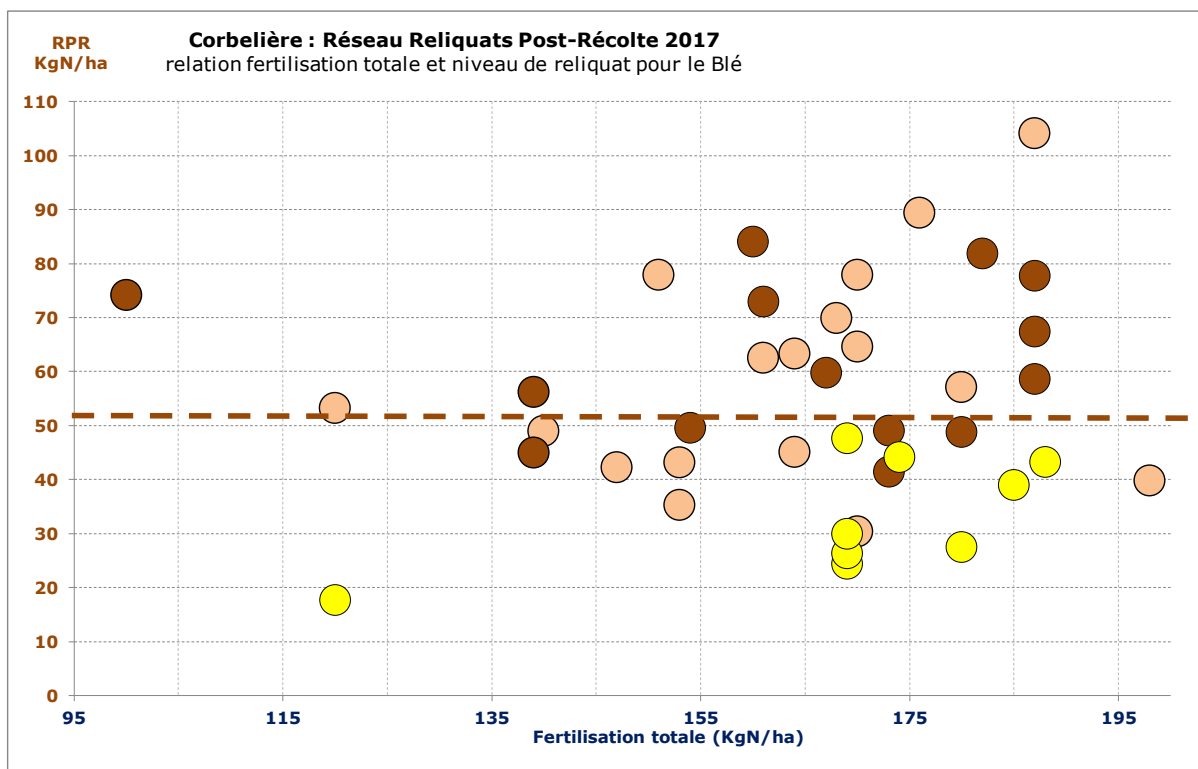
Sols profonds :

- Au-dessus de la moyenne (62 kg pour 51 kg).
- Forte variabilité.

Lien entre les Reliquats Post-Récolte et les niveaux de fertilisation et de rendement :

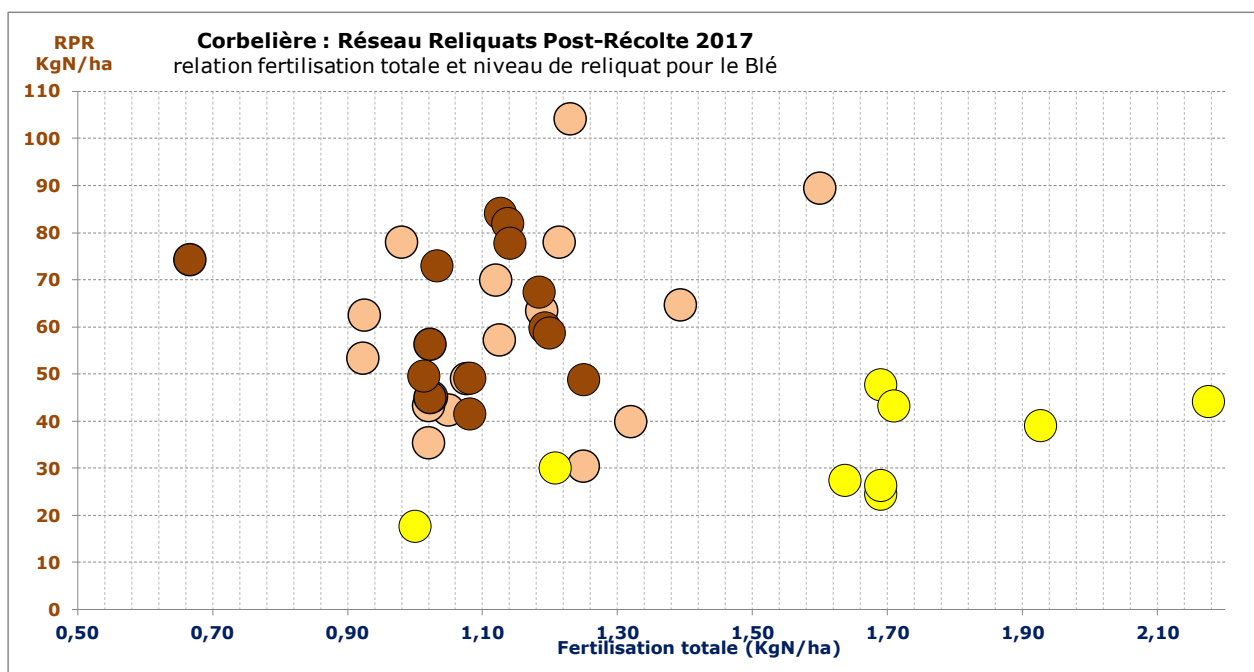
L'analyse porte sur les 40 parcelles de blé et blé dur (culture majoritaire).

Comme le montre le graphique 11 ci-dessous, il n'y a pas de corrélation évidente entre le niveau de fertilisation et la quantité d'azote après la récolte.



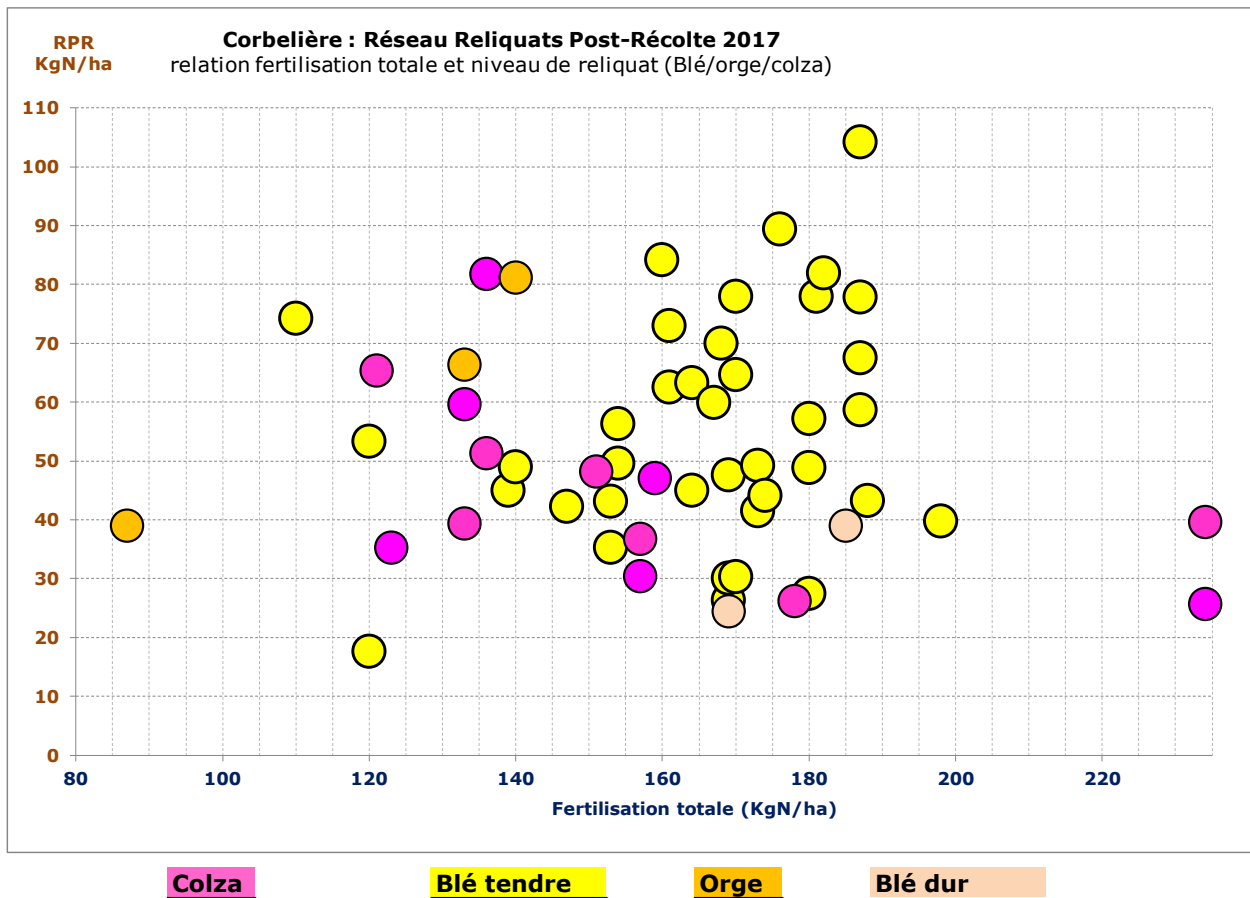
Graphique 11 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Si nous ajoutons la variable "rendement" en calculant un **"facteur de performance"** nous avons le même constat que précédemment : Ce ne sont pas forcément les situations les plus performantes qui ont les plus faibles reliquats (cf. graphique 12 ci-dessous).



Graphique 12 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Le graphique 13 ci-dessous montre la relation entre la fertilisation totale et les reliquats pour les 3 cultures d'hiver principales que sont le blé, l'orge et le colza.



Graphique 13 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé/colza/orge

On ne constate pas de lien évident entre le niveau de fertilisation des cultures et le niveau des reliquats azotés post-récolte.

Des reliquats très élevés et très hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **90**
- Moyenne : **71 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **7**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **28**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **55**
- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **6**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **5**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total) : **10** (11 %)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **3**

Sols "superficiels" :

- un peu en dessous de la moyenne (62 kg pour 71 kg).
- Très hétérogènes : 5 parcelles au-delà de 100 kg N / ha.

Sols "moyens" :

- un peu en dessous de la moyenne (63 kg pour 71 kg).
- Très hétérogènes : 8 parcelles au-delà de 100 kg N / ha.

Sols "profonds" :

- Bien au-dessus de la moyenne (98 kg pour 71 kg)
- Très grande hétérogénéité de 26 à 255 kg. Presque la moitié des parcelles sont au-dessus de 100 kg d'azote par ha.

Analyses réalisées :

Comparaison RPR et REH en fonction de la couverture du sol :

- Les sols ayant une couverture très développée (colza et CIPAN) ont perdu 22 kg d'azote par ha. Il faut dire que les colzas comme les CIPAN étaient très développés du fait de bonnes conditions de croissance et d'implantation. Les CIPAN moins développées voient la quantité d'azote diminuer de 13 kg/ha.
- Pour les sols sans couvert, on constate une augmentation de 31 kg /ha de l'azote.

Des reliquats très faibles suite à une pluviométrie de début d'année très forte.

- Nombre de parcelles prélevées : **66**
- Moyenne : **20 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **43**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **21**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **2**
- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **4**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **1**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total : **39** (60%)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **15**

Pour tous les sols les valeurs étant faibles elles sont proches de la moyenne et homogènes

Analyses réalisées :

Comparaison REH et RSH :

- Toutes les parcelles voient la quantité d'azote fortement diminuer (70% de l'azote perdue en moyenne).

Des reliquats élevés et hétérogènes

- Nombre de parcelles prélevées : **66**
- Moyenne : **66 kg d'N/ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **3**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **18**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **45**

Variabilité forte

- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **4**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **1**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total) : **0**
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **0**

Sols superficiels :

- Bien en dessous de la moyenne (44 kg pour 66 kg).
- 4 valeurs très basses et 1 valeur très au-dessus de la moyenne. Les ¾ des valeurs sont assez bien réparties entre 40 et 55 kg/ha.

Sols moyens :

- Proche de la moyenne (64 kg pour 66 kg).
- Forte variabilité.

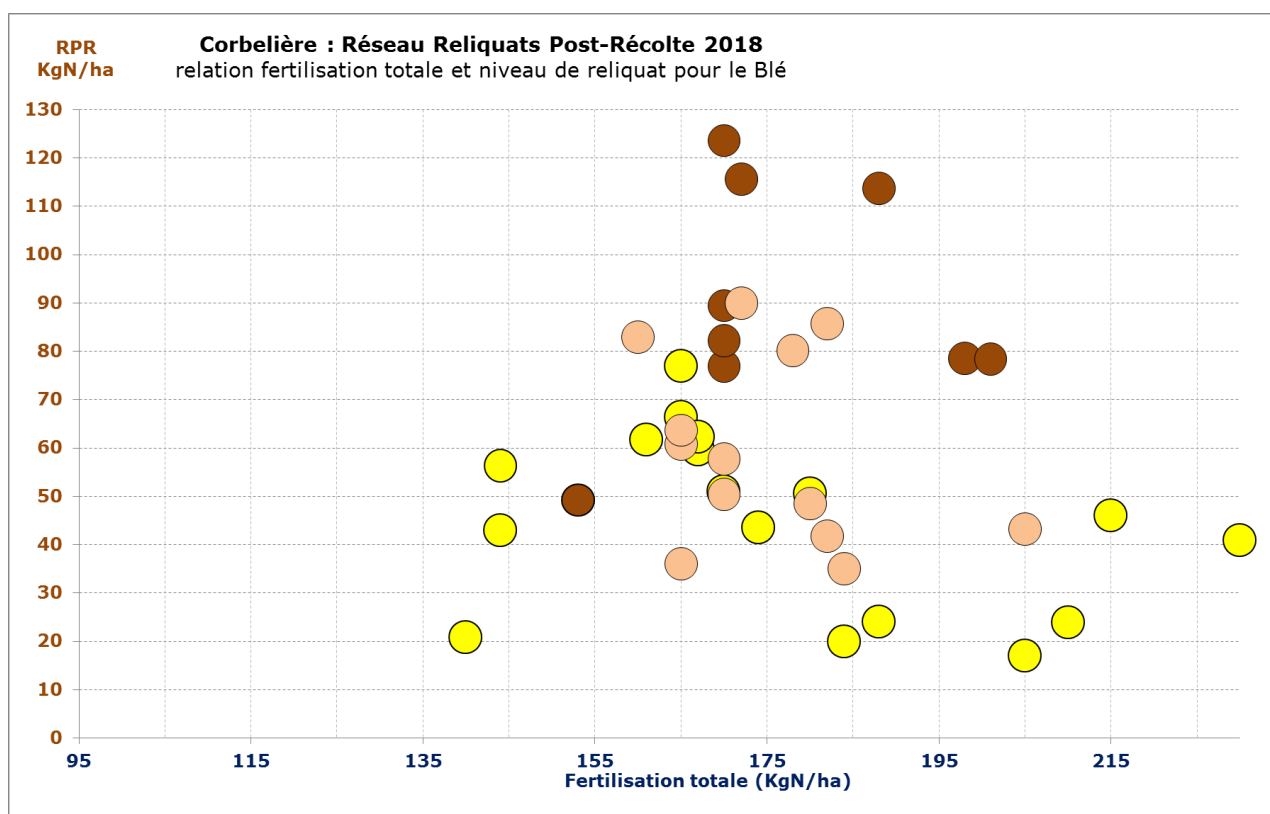
Sols profonds :

- Au-dessus de la moyenne (96 kg pour 66 kg).
- Forte variabilité. 7 parcelles entre 110 et 180 kg d'azote par ha tirent la moyenne vers le haut.

Lien entre les Reliquats Post-Récolte et les niveaux de fertilisation et de rendement :

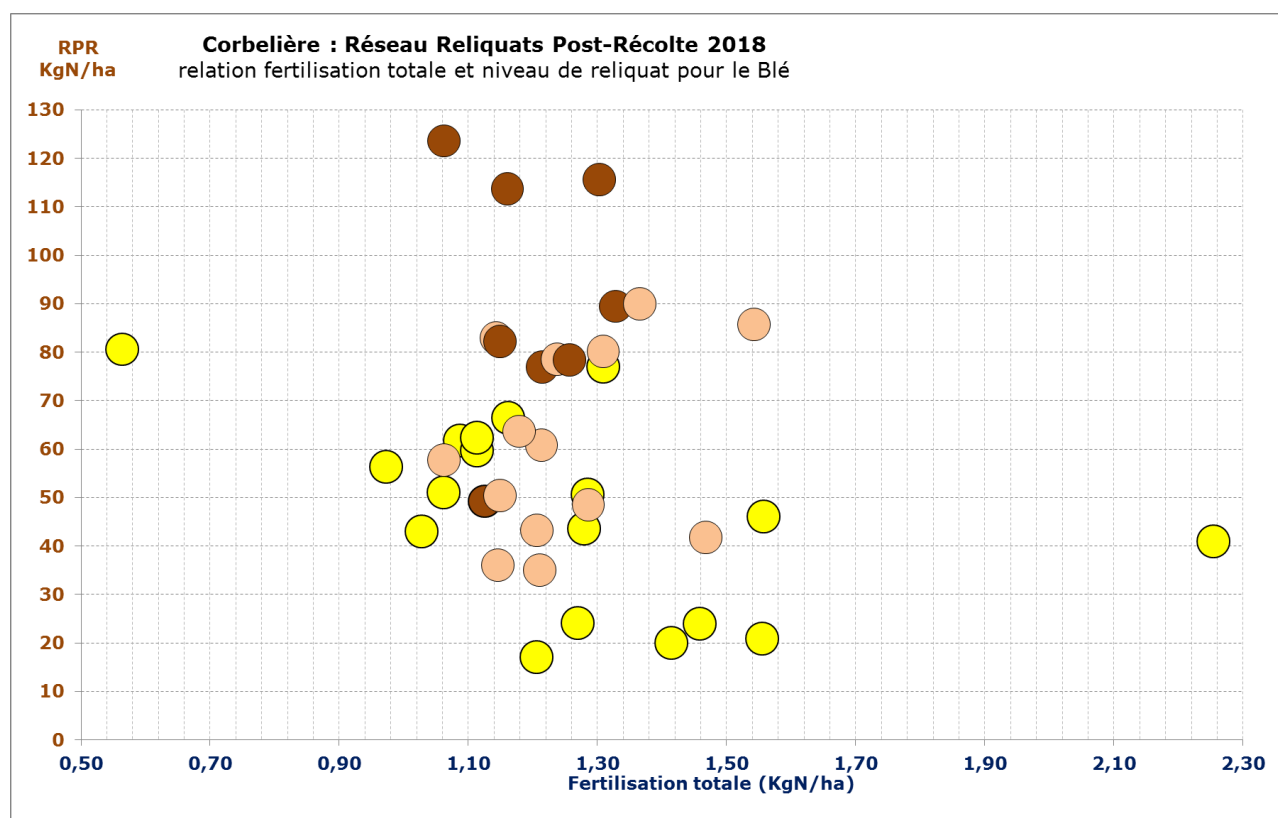
L'analyse porte sur les 40 parcelles de blé et blé dur (culture majoritaire). Une parcelle n'apparaît cependant pas sur le graphique car elle a un niveau de fertilisation très faible par rapport aux autres parcelles .

Comme le montre le graphique 14 ci-dessous, il n'y a pas de corrélation évidente entre le niveau de fertilisation et la quantité d'azote après la récolte.



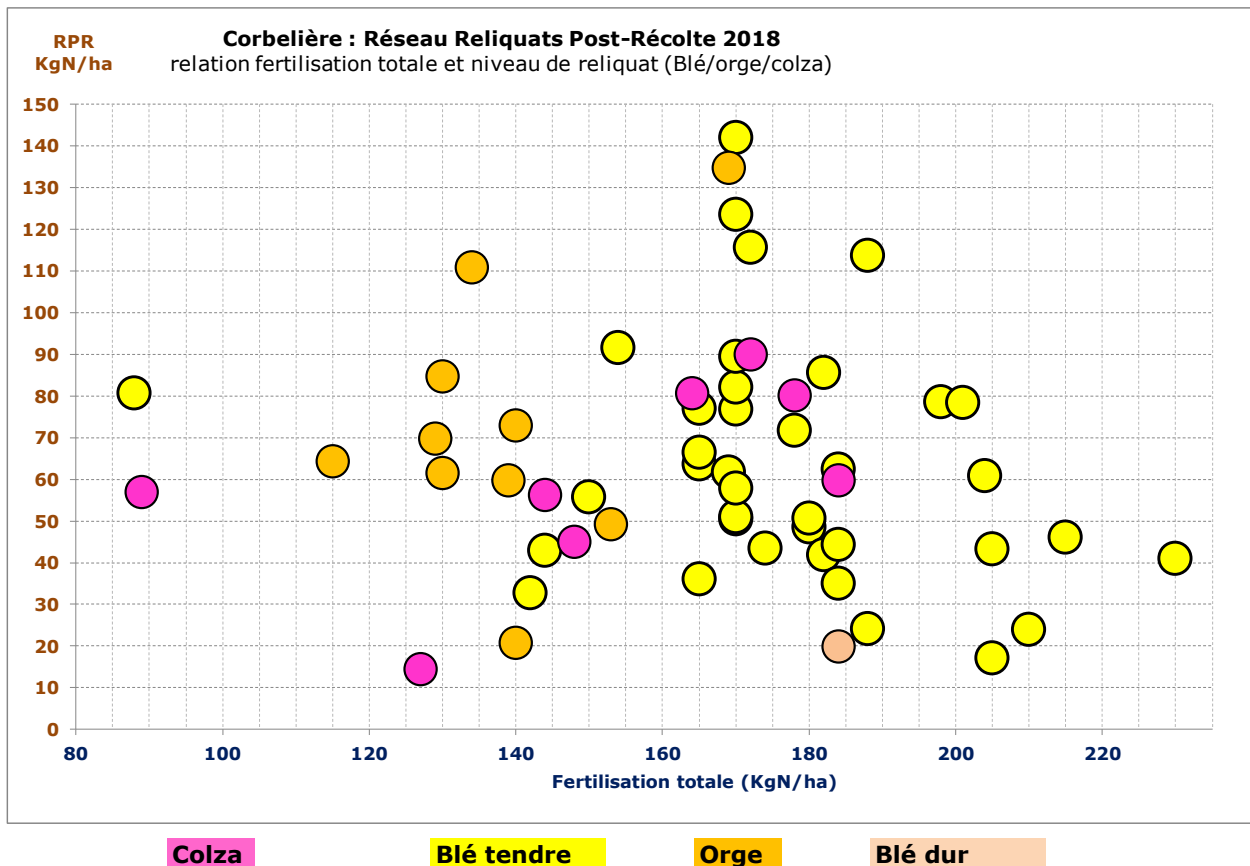
Graphique 14 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Si nous ajoutons la variable "rendement" en calculant un **"facteur de performance"** nous avons le même constat que précédemment : Ce ne sont pas forcément les situations les plus performantes qui ont les plus faibles reliquats (cf. graphique 15 ci-dessous).



Graphique 15 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé

Le graphique 16 ci-dessous montre la relation entre la fertilisation totale et les reliquats pour les 3 cultures d'hiver principales que sont le blé, l'orge et le colza.



Graphique 16 : Lien en niveau de RPR et fertilisation sur blé/colza/orge

On ne constate pas de lien évident entre le niveau de fertilisation des cultures et le niveau des reliquats azotés post-récolte.

Des reliquats très élevés et très hétérogènes. Une année marquée par des reliquats en sols superficiels très élevés au regard du faible volume de terre fine prélevé.

- Nombre de parcelles prélevées : **95**
- Moyenne : **82 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **0**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **19**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **76**
- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **9**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **4**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total) : **4**
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **2**

Sols "superficiels" :

- Dans la moyenne (79 kg pour 82 kg).
- Très hétérogènes : 9 parcelles au-delà de 100 kg N / ha.

Sols "moyens" :

- Dans la moyenne (85 kg pour 82 kg).
- Très hétérogènes : 7 parcelles au-delà de 100 kg N / ha.

Sols "profonds" :

- Dans la moyenne (82 kg pour 82 kg).
- Très hétérogènes : 6 parcelles au-delà de 100 kg N / ha dont 1 parcelle à plus de 300 kg d'azote par ha. Sans cette parcelle la moyenne des reliquats en sols profonds redescend à 74 kg N/ha soit 5 kg de moins que les sols superficiels !

Analyses réalisées :

Comparaison RPR et REH en fonction de la couverture du sol :

- Cette année est marquée par une augmentation des quantités d'azote dans la plupart des situations. On constate cependant une baisse pour les parcelles ayant une bonne couverture végétale (colza ou CIPAN). L'été et le début d'automne sec ont empêchés une bonne levée des CIPAN ce qui a engendré beaucoup de situation avec une quasi absence de couverture du sol (situation un peu similaire à l'année 2016).

Des reliquats très faibles suite à une pluviométrie de fin d'année très forte.

- Nombre de parcelles prélevées : **56**
- Moyenne : **26 kg d'N par ha**
 - Parcelles < 20 kg/ha : **18**
 - parcelles entre 20 et 50 kg/ha : **36**
 - Parcelles > 50 kg/ha : **2**
- Parcelles présentant une **valeur extrême** :
 - Écart > 150% de la moyenne du type de sol : **4**
 - Écart > 200% de la moyenne du type de sol : **1**
- Parcelles présentant une forte **teneur en NH₄**
 - Supérieur à 30 % de l'azote total : **20** (36%)
 - Dont parcelles à plus de 50 % de NH₄ : **3**

Pour tous les sols les valeurs étant faibles elles sont proches de la moyenne et homogènes

Analyses réalisées :

Comparaison REH et RSH :

- On constate une baisse de la quantité d'azote dans le sol pour toutes les parcelles (sauf une).

RECAPITULATIF :

Année	Période	Nombre parcelles	Moyenne (kg N/ha)	Moy Sols superficiels (kg N/ha)	Moy Sols moyens (kg N/ha)	Moy Sols profonds (kg N/ha)	< 20 kg	20 à 40 kg	40 à 60 kg	60 à 80 kg	80 à 100 kg	> à 100 kg
2014	RPR	55	39	23	38	53	9%	47%	20%	5%	7%	4%
2014	REH	77	43	27	35	63	12%	43%	29%	5%	5%	6%
2015	RSH	60	37	28	39	40	13%	57%	20%	5%	2%	3%
2015	RPR	57	74	54	77	84	2%	3%	28%	30%	19%	17%
2015	REH	81	70	46	66	92	0%	18%	25%	25%	17%	15%
2016	RSH	54	30	20	26	44	30%	54%	9%	4%	4%	0%
2016	RPR	57	60	44	72	81	2%	30%	19%	28%	12%	9%
2016	REH	84	94	53	86	130	0%	13%	13%	17%	13%	43%
2017	RSH	65	46	25	40	73	12%	38%	31%	10%	1%	8%
2017	RPR	62	51	32	57	62	2%	32%	35%	21%	8%	2%
2017	REH	90	71	62	63	98	8%	22%	15%	20%	9%	25%
2018	RSH	66	20	15	17	31	65%	30%	4%	0%	1%	0%
2018	RPR	66	66	44	64	96	4%	9%	35%	24%	15%	12%
2018	REH	95	82	79	85	82	0%	16%	14%	23%	24%	24%
2019	RSH	56	26	22	22	36	32 %	57 %	11 %	0 %	0 %	0 %

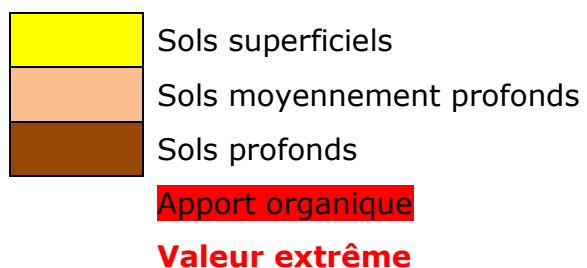
Année	Période	Nombre parcelles	Moyenne (kg N/ha)	Moy Sols superficiels (kg N/ha)	Moy Sols moyens (kg N/ha)	Moy Sols profonds (kg N/ha)	< 20 kg	20 à 40 kg	40 à 60 kg	60 à 80 kg	80 à 100 kg	> à 100 kg
2014	REH	77	43	27	35	63	12%	43%	29%	5%	5%	6%
2015	REH	81	70	46	66	92	0%	18%	25%	25%	17%	15%
2016	REH	84	94	53	86	130	0%	13%	13%	17%	13%	43%
2017	REH	90	71	62	63	98	8%	22%	15%	20%	9%	25%
2018	REH	95	82	79	85	82	0%	16%	14%	23%	24%	24%
2014	RPR	55	39	23	38	53	9%	47%	20%	5%	7%	4%
2015	RPR	57	74	54	77	84	2%	3%	28%	30%	19%	17%
2016	RPR	57	60	44	72	81	2%	30%	19%	28%	12%	9%
2017	RPR	62	51	32	57	62	2%	32%	35%	21%	8%	2%
2018	RPR	66	66	44	64	96	4%	9%	35%	24%	15%	12%
2015	RSH	60	37	28	39	40	13%	57%	20%	5%	2%	3%
2016	RSH	54	30	20	26	44	30%	54%	9%	4%	4%	0%
2017	RSH	65	46	25	40	73	12%	38%	31%	10%	1%	8%
2018	RSH	66	20	15	17	31	65%	30%	4%	0%	1%	0%
2019	RSH	56	26	22	22	36	32 %	57 %	11 %	0 %	0 %	0 %

ANNEXES

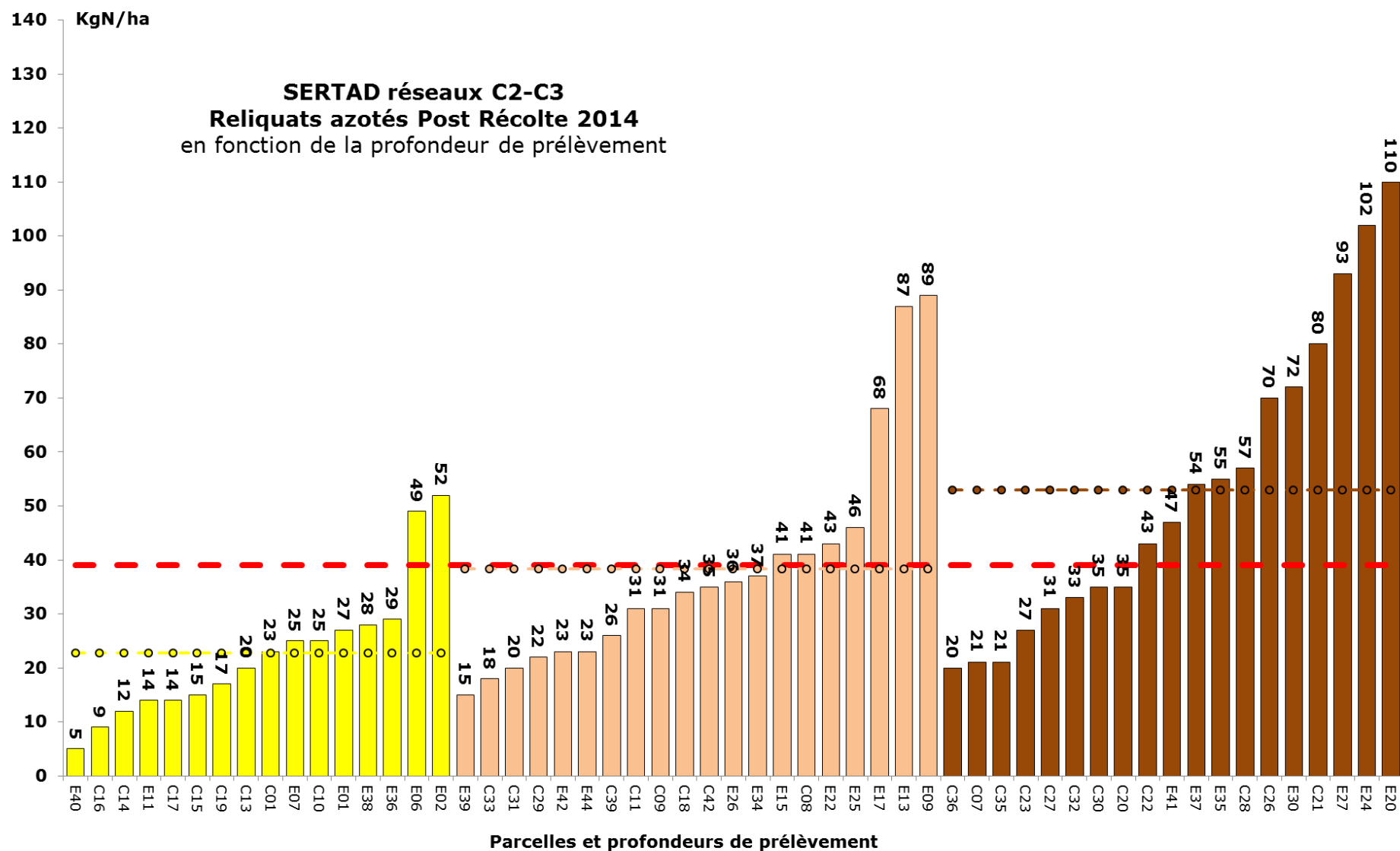
Graphiques des mesures de reliquats

- ♠ "Post-Récolte" 2014-2015-2016-2017-2018
- ♠ "Entrée Hiver" 2014-2015-2016-2017-2018
- ♠ "Sortie Hiver" 2015-2016-2017-2018-2019

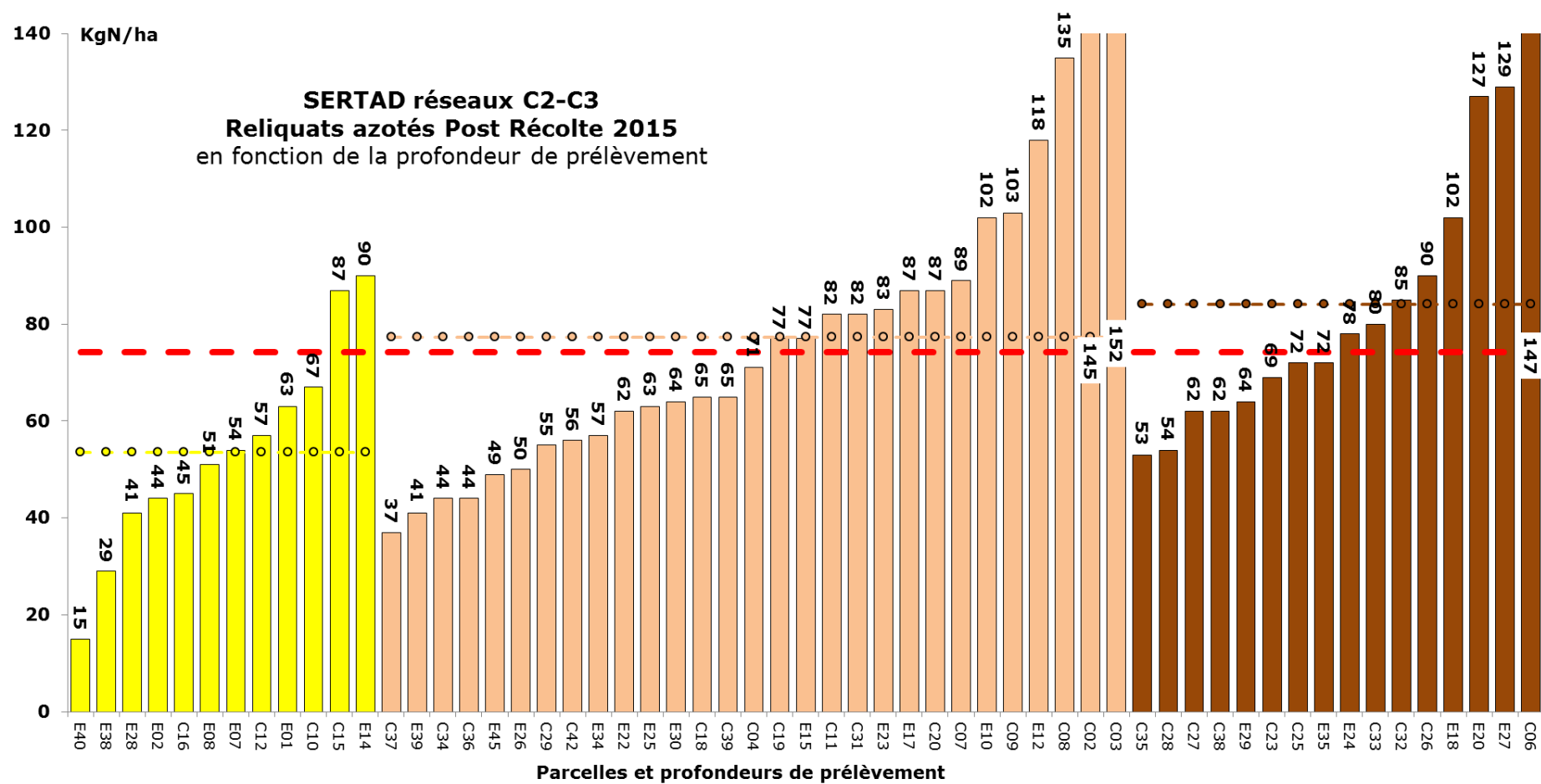
Légende des graphiques :

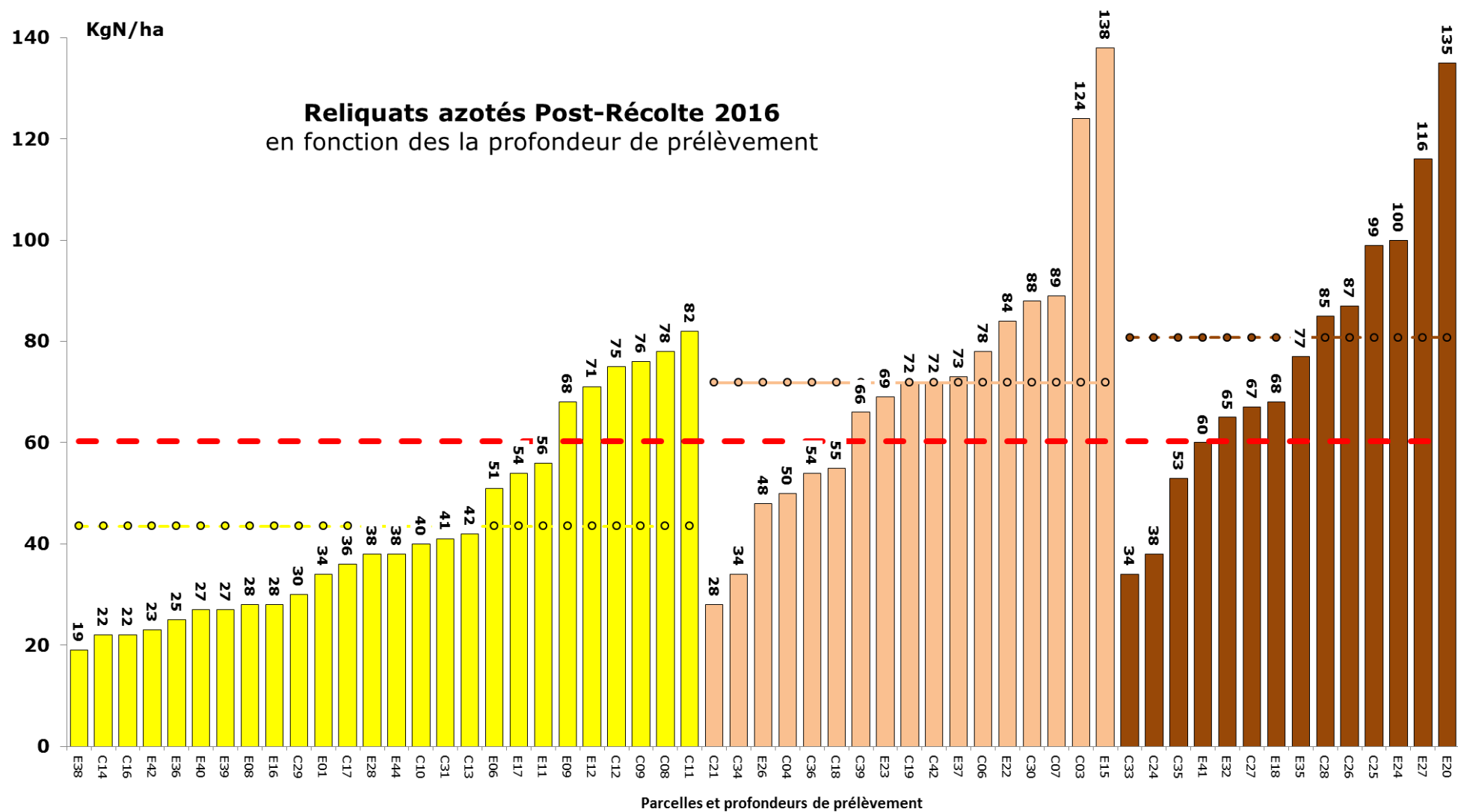


Reliquats azoté Post-Récolte 2014 (réalisé du 04/08 au 07/08)

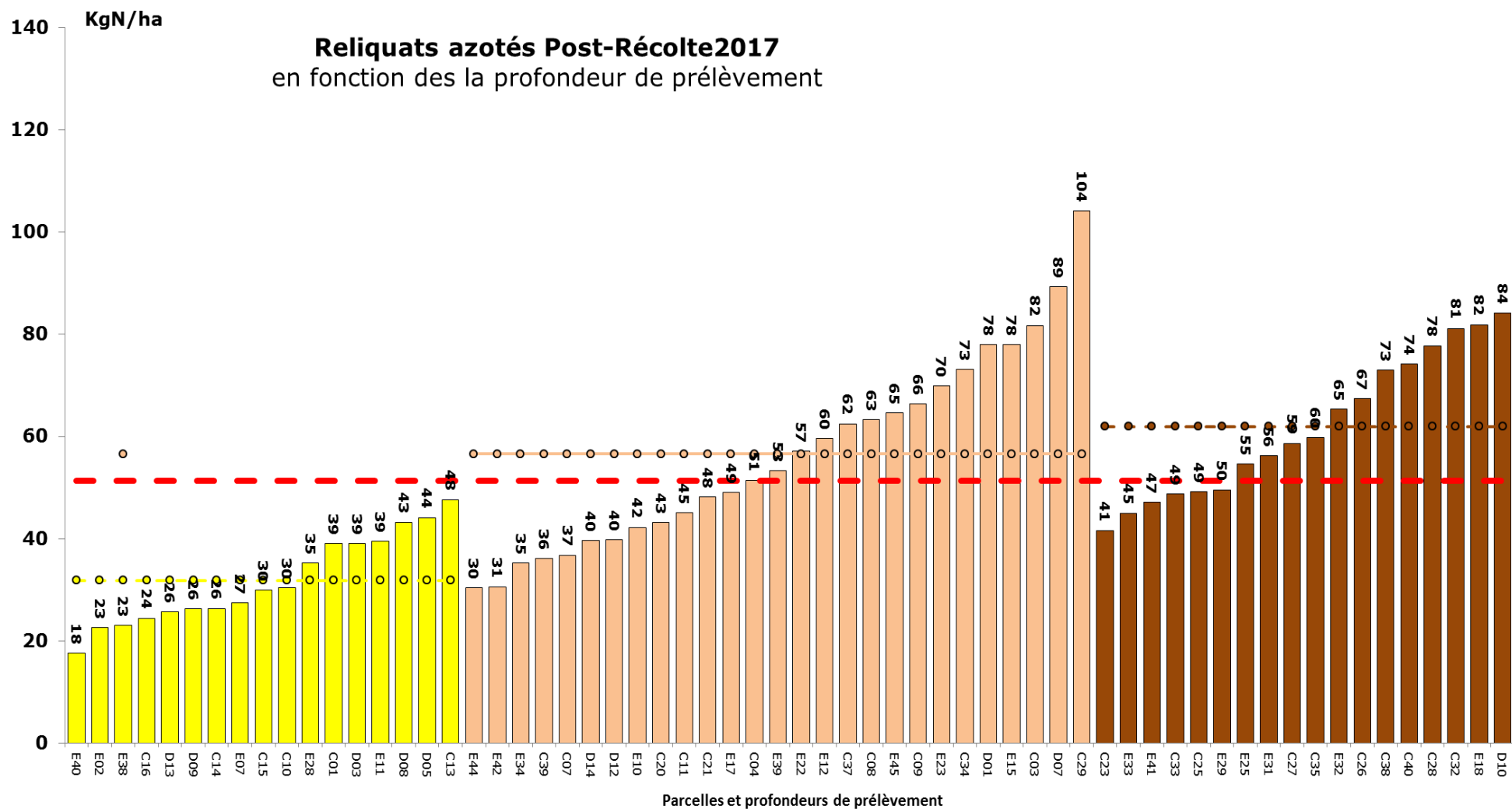


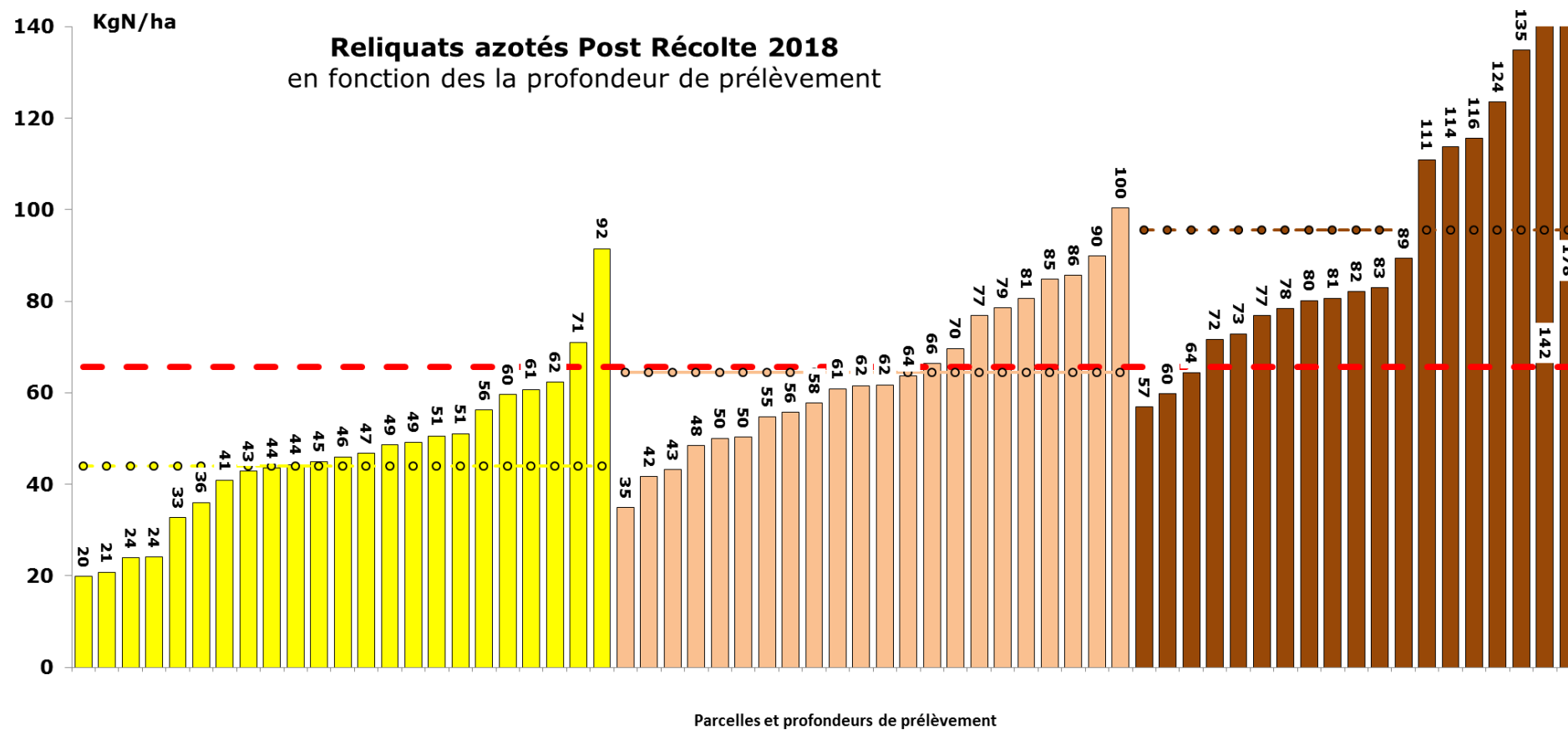
Reliquats azoté Post-Récolte 2015 (réalisé du 03/08 au 05/08)



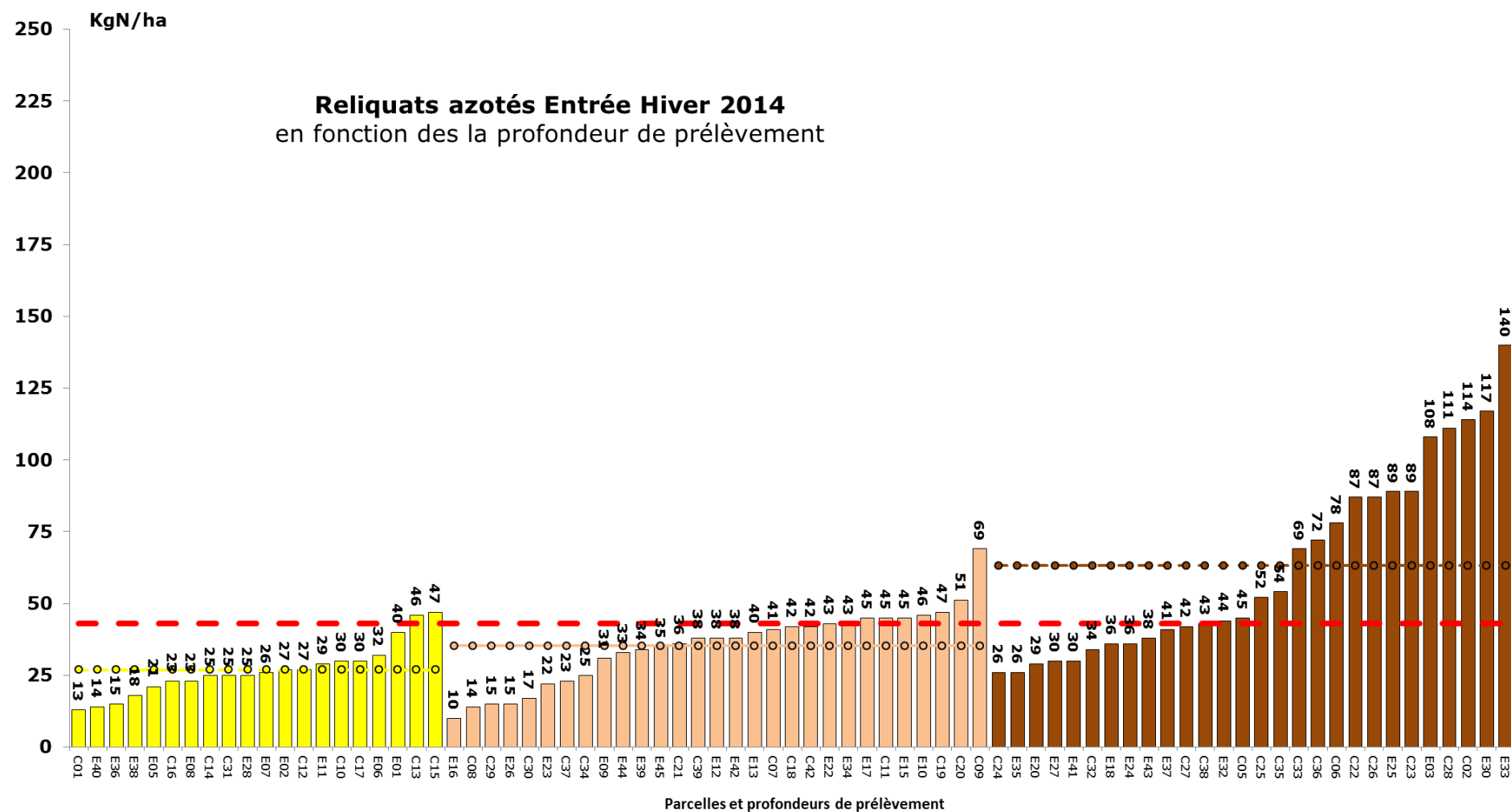


Reliquats azoté Post-Récolte 2017 (réalisé du 04/07 au 21/07)

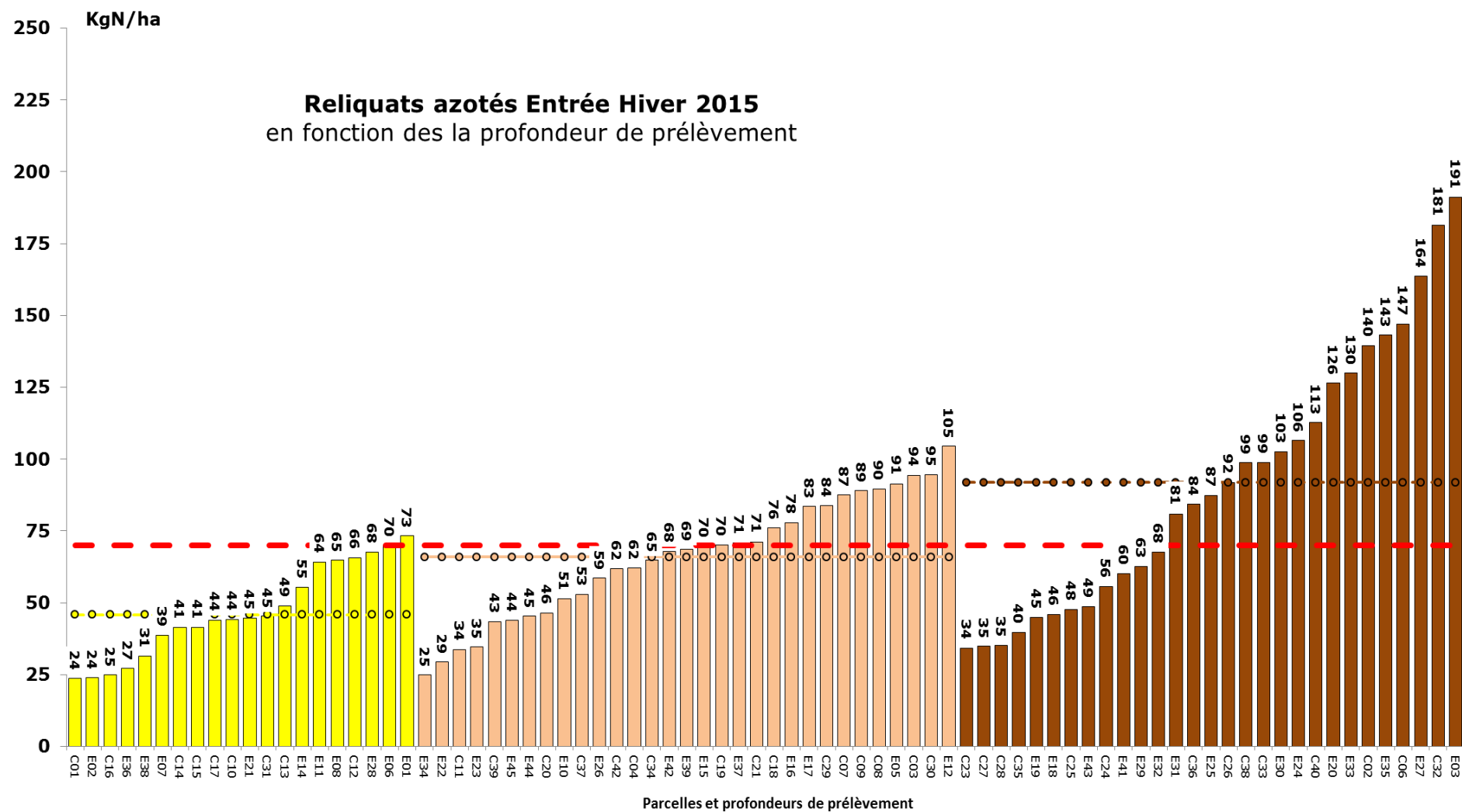




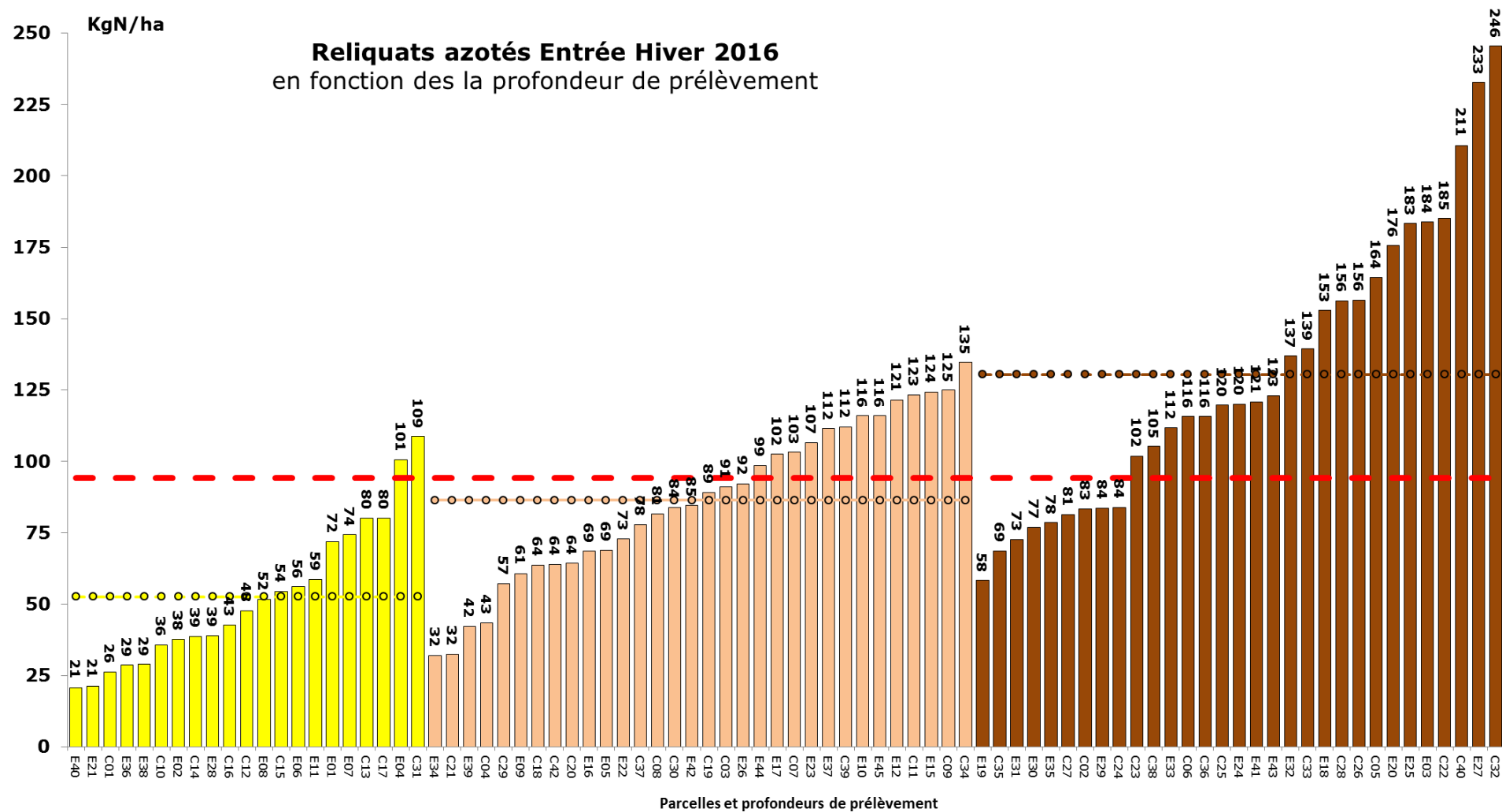
Reliquats azotés Entrée Hiver 2014 (réalisés du 30/10 au 06/11)



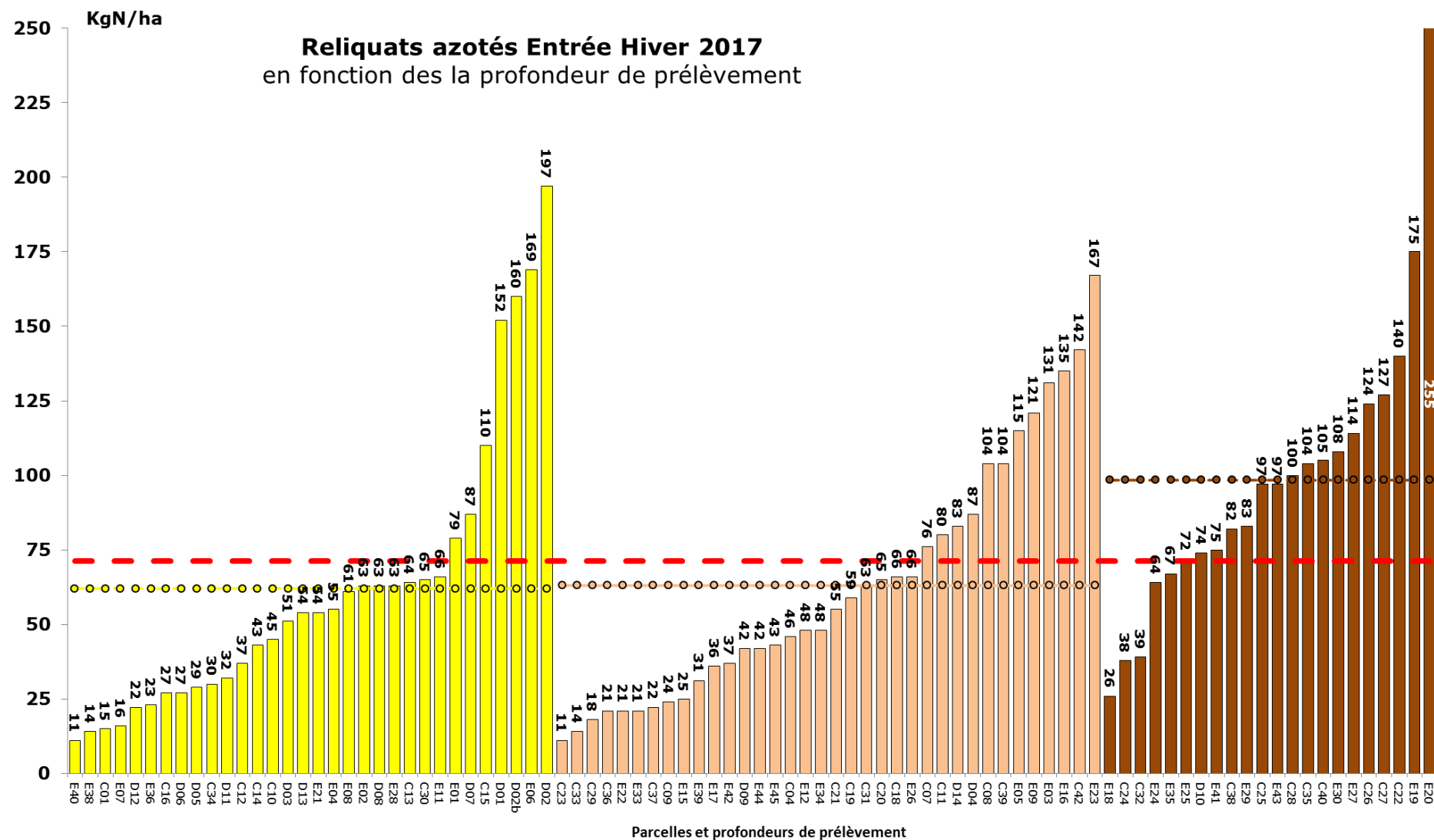
Reliquats azotés Entrée Hiver 2015 (réalisés du 28/10 au 05/11)



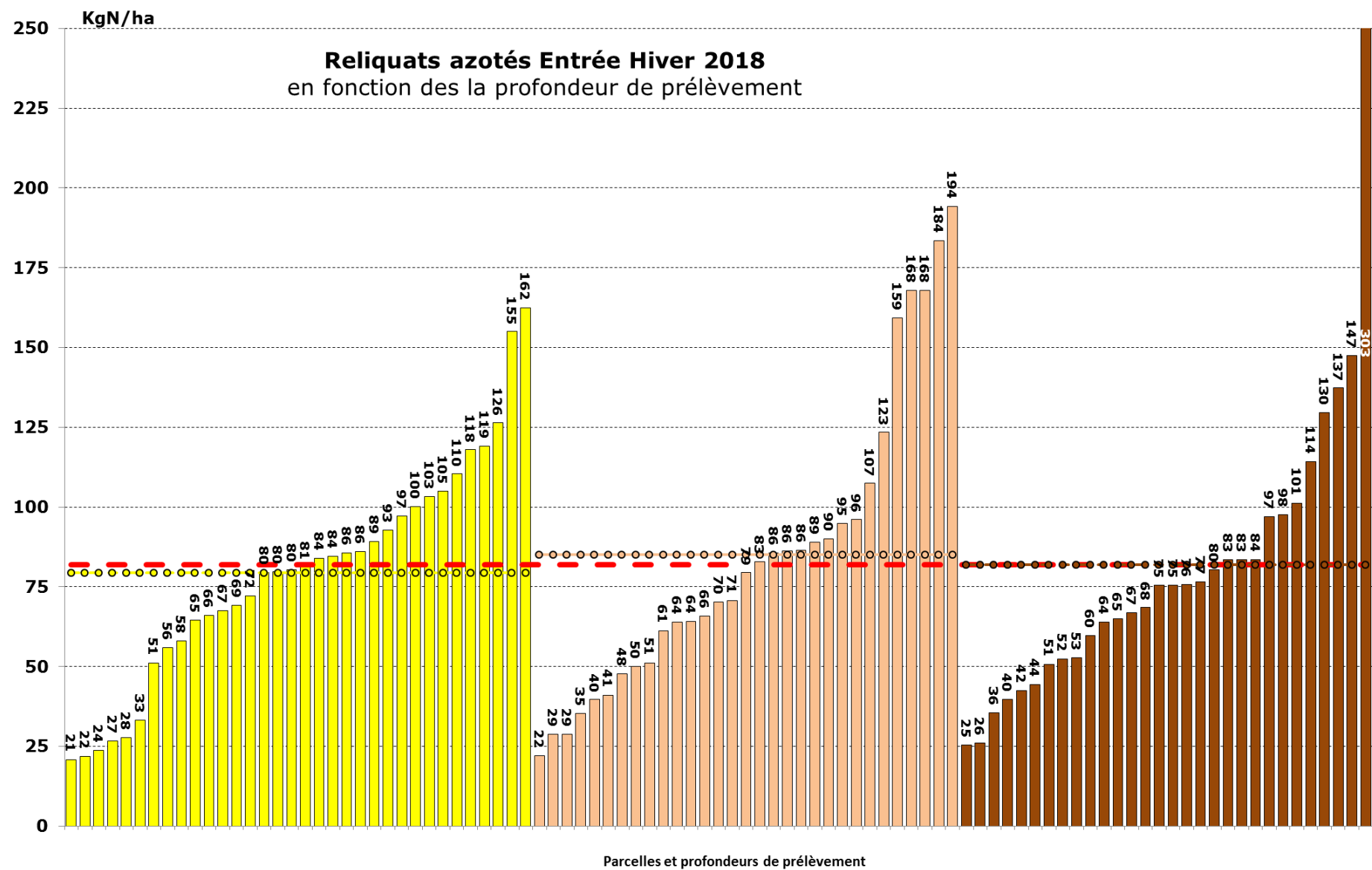
Reliquats azotés Entrée Hiver 2016 (réalisés du 14/11 au 16/11)



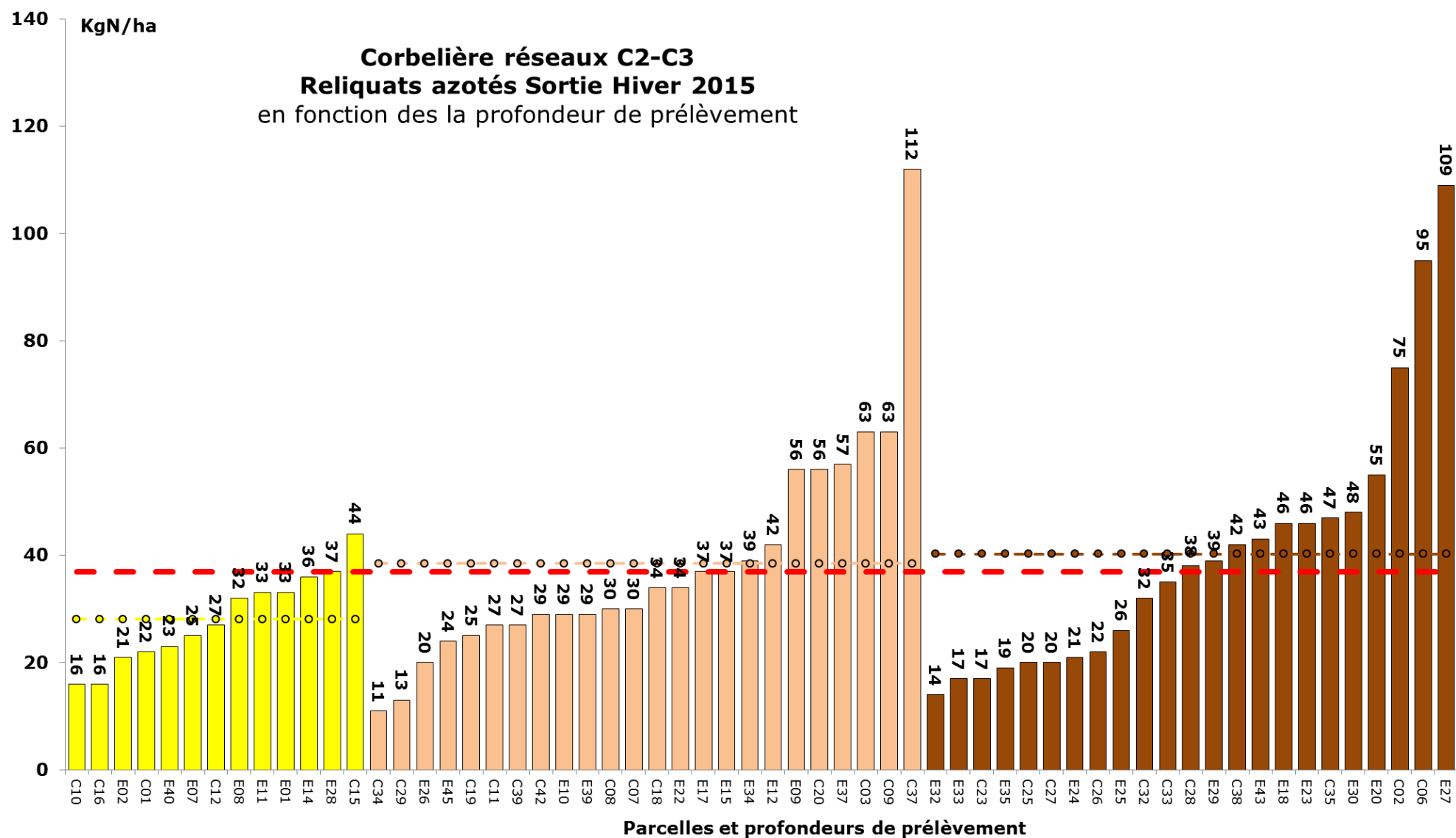
Reliquats azotés Entrée Hiver 2017 (réalisés du 24/10 au 4/12)



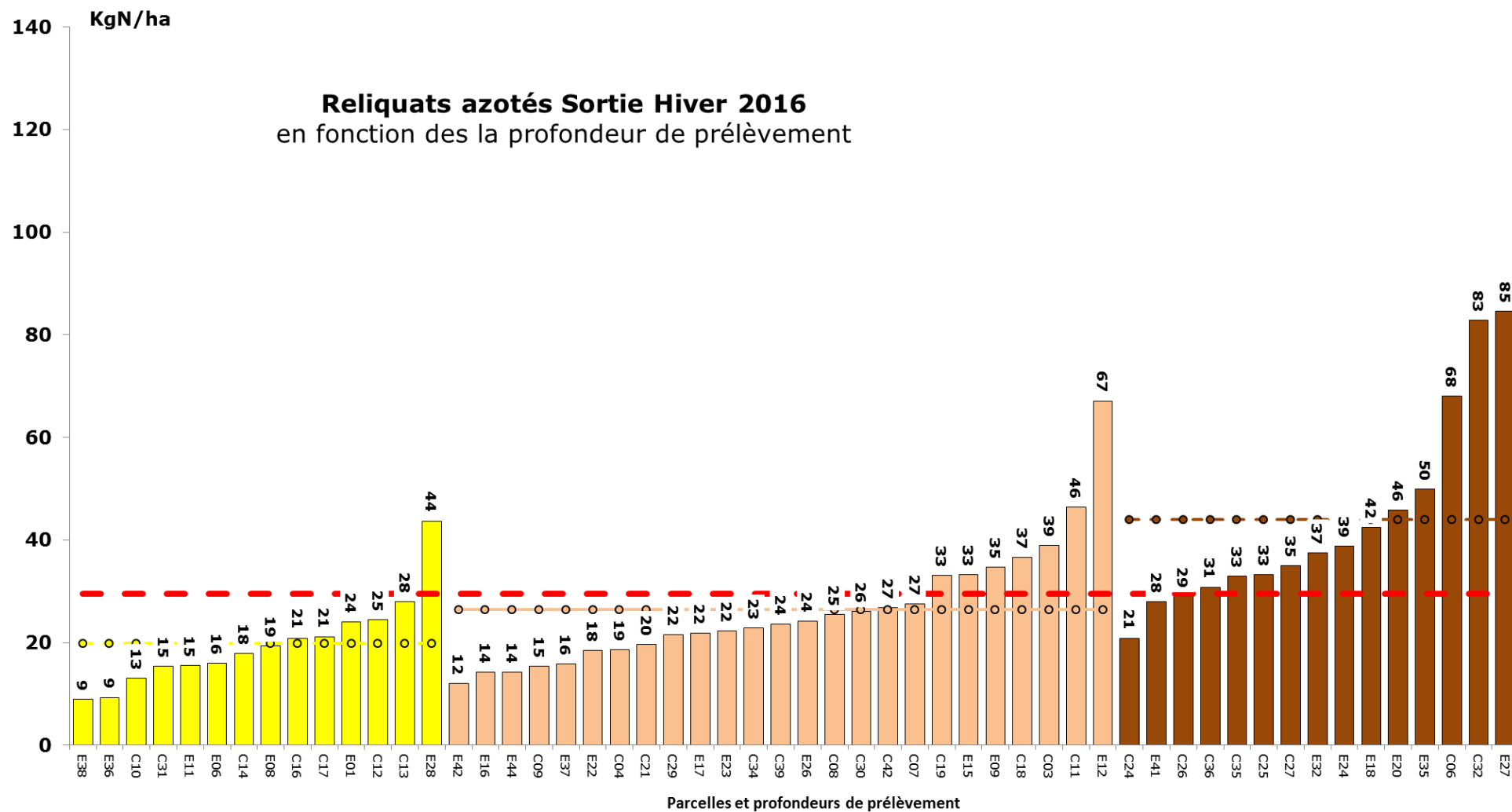
Reliquats azotés Entrée Hiver 2018 (réalisés du 25/10 au 15/11)



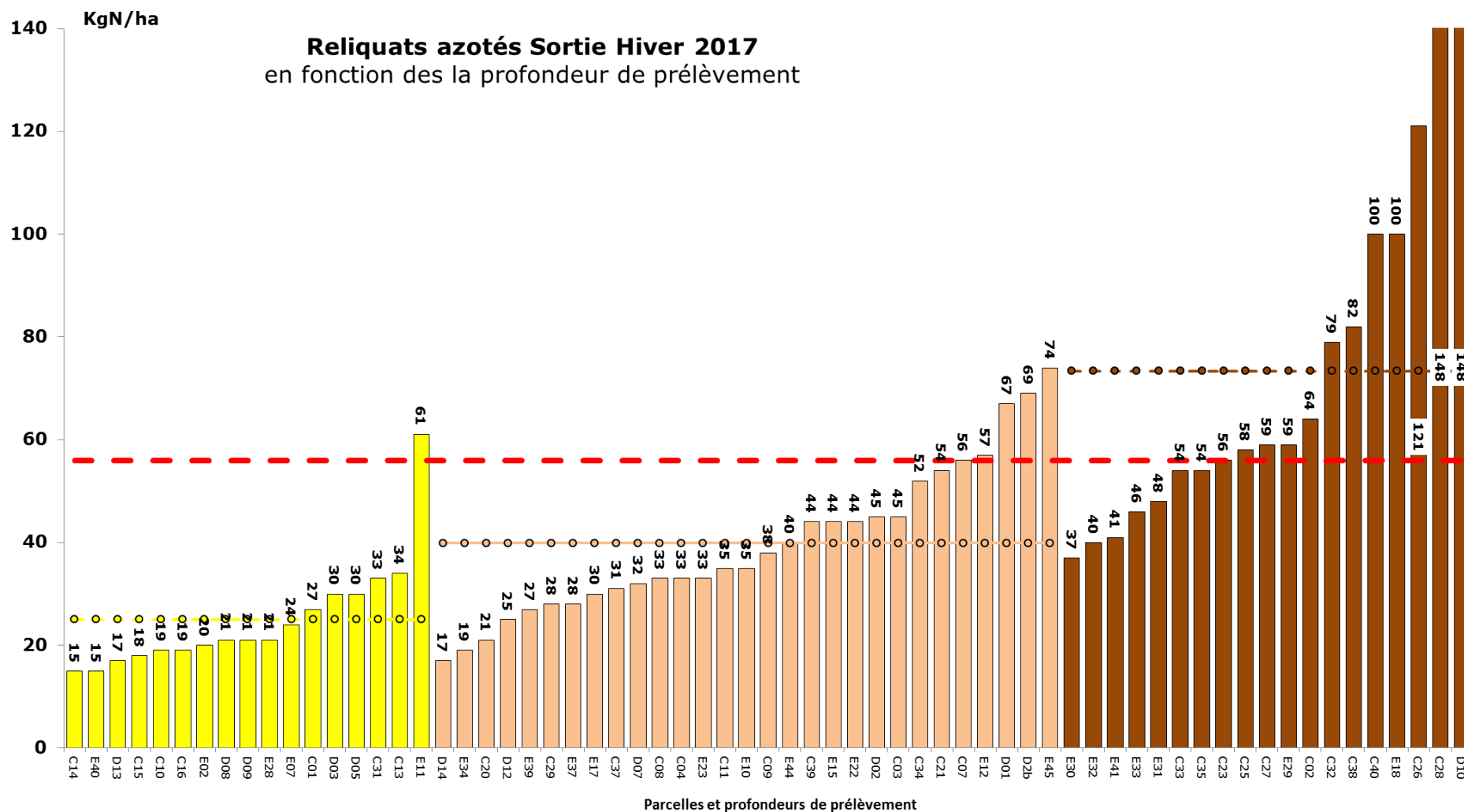
Reliquats azotés Sortie Hiver 2015(réalisé du 21/01 au 23/01)



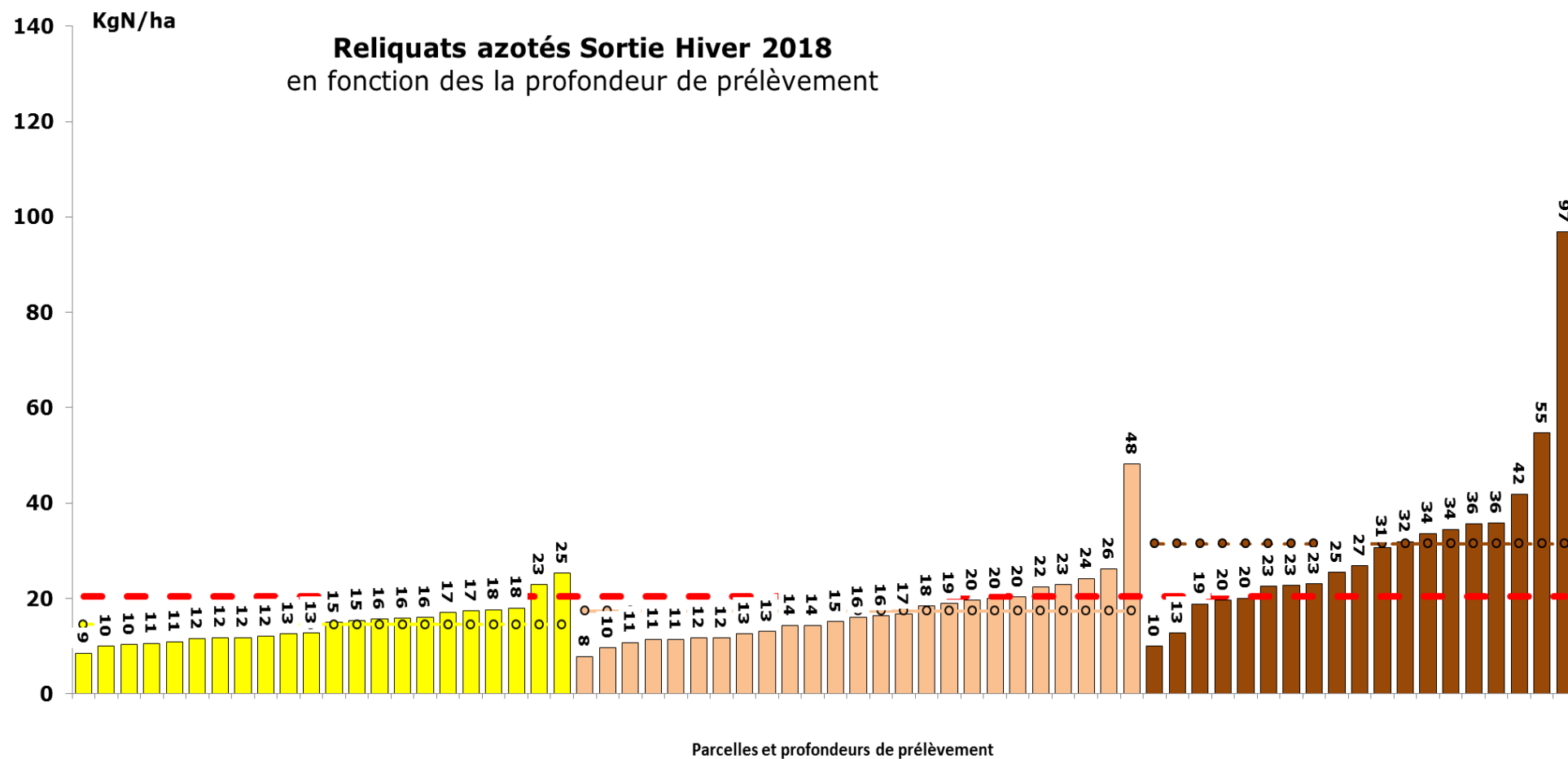
Reliquats azotés Sortie Hiver 2016(réalisé du 25/01 au 26/01)



Reliquats azotés Sortie Hiver 2017(réalisé du 25/01 au 27/01)



Reliquats azotés Sortie Hiver 2018 (réalisé du 12/01 au 24/01)



Reliquats azotés Sortie Hiver 2019 (réalisé du 11/01 au 17/01)

