

## Technique d'échantillonnage sur blé tendre d'hiver

### Optimiser les procédures d'échantillonnage pour mesurer la biomasse, le nombre de plantes et le poids de mille grains

*Mathieu Bazot<sup>1</sup>, David Makowski, Christine Bouchard*

**Résumé :** *L'échantillonnage des grains de blé et des plantes au champ est une étape clef de l'expérimentation en grande culture, il est donc important qu'il soit le plus représentatif possible de la population à étudier : lot de grains, peuplement ou biomasse de plantes au champ. Pour répondre à ces préoccupations, nous avons réalisé deux études pour optimiser les procédures d'échantillonnage. La première étude nous a permis de déterminer un nombre et une taille de placette optimale pour mesurer la biomasse du blé. La seconde nous a conduits à proposer un protocole de comptage du nombre de grains à partir d'un sous-échantillon équivalent à la taille d'un pilulier de 60 ml, et d'estimer ainsi le poids de mille grains du blé.*

**Mots clefs :** Echantillonnage, Biomasse, Poids de mille grains, PMG, pourcentage d'erreur.

### Introduction

Dans l'unité mixte de recherche d'Agronomie de Versailles Grignon, nos études visent à produire des connaissances et des méthodes d'évaluation et de conception des systèmes de culture durables. Ces études nous conduisent à estimer les populations de plantes au champ caractérisées par le nombre de plantes et la biomasse par m<sup>2</sup>, ainsi que les composantes du rendement telles que le poids de milles grains (PMG) et le nombre de grains par m<sup>2</sup>. Ces estimations se calculent à partir de mesures réalisées sur des échantillons. Une procédure d'échantillonnage, au sens où nous l'entendons, a pour objectif d'optimiser le temps de travail tout en maintenant le niveau d'erreur de mesure le plus faible possible. Mais minimiser le risque d'erreur, impose de disposer d'échantillons de tailles suffisantes : plus l'échantillon est grand, plus ce risque est faible. Or, l'utilisation d'échantillons de grandes tailles est trop coûteuse en temps de travail et en personnel. **Il est donc primordial de déterminer une procédure d'échantillonnage optimale conduisant à un bon compromis entre précision et faisabilité.**

Pour répondre à ces préoccupations, nous avons mis en place en 2005, dans la démarche qualité de notre unité, deux études :

- la première visait à définir une méthode pour déterminer le nombre et la taille des placettes à prélever de façon à estimer au plus juste la biomasse et le nombre de plantes d'un peuplement de blé ;
- l'objectif de la deuxième était de vérifier la pertinence de l'utilisation du pilulier (60 ml), outil classiquement utilisé pour déterminer le nombre de grains ou le PMG d'un lot de grains de blé.

C'est ainsi que lors de la première étude nous avons mis au point une série de graphiques simples à utiliser afin de déterminer l'échantillonnage optimal correspondant à un seuil

---

<sup>1</sup> UMR Agronomie - Inra-AgroParisTech 78850 Thiverval-Grignon ☎01 30 81 54 20 ✉ [bazot@grignon.inra.fr](mailto:bazot@grignon.inra.fr)

d'erreur fixé. Par ailleurs, la seconde étude a confirmé la pertinence de l'utilisation du pilulier (60ml) pour déterminer un nombre de grains ou un PMG avec une erreur d'estimation inférieure à 3%.

## 1. Plan d'expérience numéro 1 : détermination de la taille des placettes à prélever au champ

Nous avons mené la première étude sur un essai implanté en 2004 et situé sur le domaine expérimental de Grignon. Nous avons prélevé les échantillons à la sortie de l'hiver, c'est-à-dire à la fin du mois de janvier 2005.

Pour notre étude, nous avons retenu la variété Isengrain qui est présente sur les trois blocs de l'essai. Et sur deux traitements expérimentaux notés ITK2 (250 plantes/m<sup>2</sup>) et ITK4 (150 plantes/m<sup>2</sup>) soit au total six parcelles expérimentales élémentaires. Chaque parcelle présente une taille de 30 m de long sur 1,75 m de large et est caractérisée par neuf rangs de semis.

### 1.1 Prélèvements et mesures

Afin de déterminer la taille optimale d'une placette et le nombre d'échantillons à prélever dans un peuplement de blé, nous avons prélevé, sur chaque parcelle expérimentale, six placettes de un mètre de long sur deux rangs contigus (rangs 3 et 4), les rangs 1 et 2 servent de bordure (**figure 1a**).

Ensuite, chacune de ces placettes a été divisée en huit sous-placettes de 0.25 m de long sur 1 rang. Chaque sous-placette est identifiée par un code (**figure 1b**).

Pour chaque sous-placette, on compte le nombre de plantes et on pèse la biomasse sèche (balance sartorius max=202 g min=5 mg) après étuvage 48 h à 80°C (étuve ventilée fisherbrand). Nous disposons ainsi pour chaque traitement expérimental de 3 blocs \* 6 placettes \* 8 sous-placettes = 144 mesures de placette de 1 m sur 2 rangs.

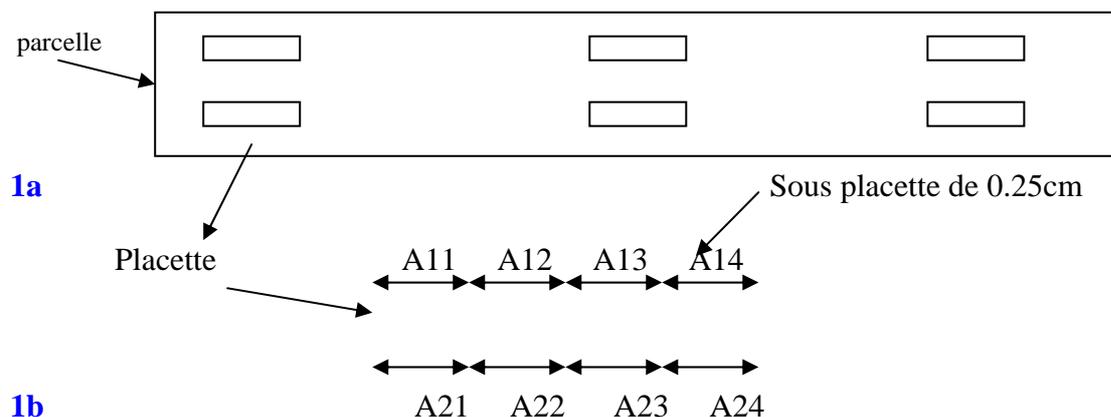


Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental

### 1.2 Procédure de calcul d'erreur

Nous avons développé un programme R (<http://www.r-project.org/>) pour calculer les niveaux de précision de diverses procédures d'échantillonnage ; ce programme permet dans un premier temps de choisir la variable à analyser ainsi que le traitement expérimental et le numéro du bloc.

Ensuite, il calcule une mesure de référence  $y_{ref}$ , basée sur l'ensemble des placettes et sous-placettes disponibles (ici les 6 placettes de 2 fois 1 mètre de long). L'utilisateur choisit ensuite le nombre de placettes et de sous-placettes de la procédure d'échantillonnage qu'il souhaite tester. Mille tirages aléatoires sont ensuite réalisés afin de simuler 1000 échantillonnages basés sur le nombre de placettes et de sous-placettes sélectionnées. Chaque échantillon est utilisé pour estimer la biomasse moyenne ou le nombre moyen de plantes. Les 1000 estimations  $y_k$ ,  $k=1, \dots, 1000$ , sont comparées à la mesure de référence en calculant le root mean square error (RMSE) et sa valeur relative (RRMSE).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{1000} \sum_{k=1}^{1000} (y_k - y_{ref})^2}$$

$$RRMSE = \frac{RMSE}{\frac{1}{1000} \sum_{k=1}^{1000} y_k}$$

## 2. Plan d'expérience numéro 2 : détermination de la quantité de grains à compter

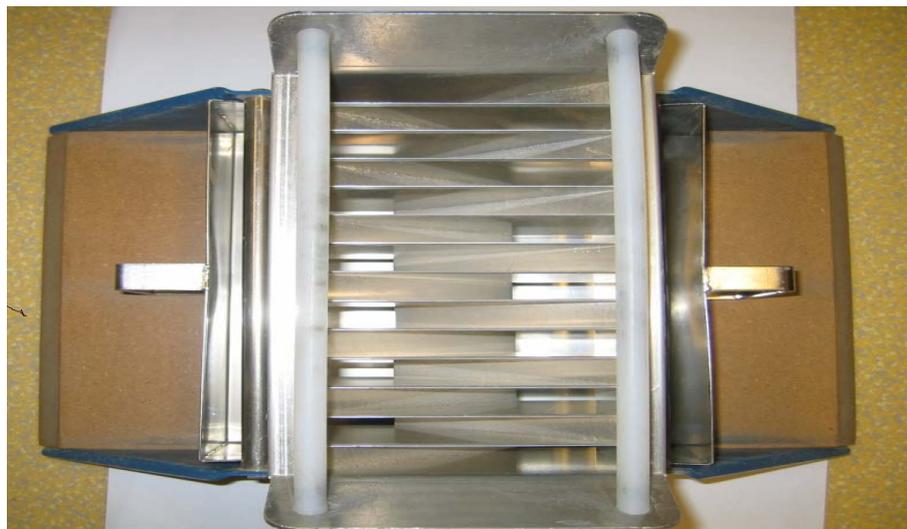
Pour l'étude portant sur l'estimation du nombre de grains à partir d'un sous-échantillon, nous avons retenu comme exemple une placette de grains de blé de la variété Récital sur un essai situé sur le domaine expérimental de Grignon. C'est une variété qui a des tailles de grains relativement variables avec un PMG plutôt faible. Cette étude a été répétée sur cinq autres lots de grains avec des PMG allant jusqu'à 45,5 g.

### 2.1 Prélèvements et mesures

L'échantillon de grains a été obtenu à partir d'une placette de 0,85 m<sup>2</sup> (soit 5 rangs \* 1m) que l'on a battu (batteuse 350C SRC). Les grains de la placette ont été comptés (compteur à grains pfeuffer contador) et pesés (balance sartorius max=202 g min=5 mg) après avoir été passés à l'étuve 48 h à 80°C (étuve ventilée fisherbrand). Le nombre total de grains de la placette (NGt) a été déterminé.

Ensuite la placette a été divisée en sous échantillons.

Pour cela, nous avons utilisé un échantillonneur à grains (**photo 1**) et nous avons rempli 13 piluliers.



**Photo 1** : échantillonneur à grains © (R. Gosse 2007)

Nous avons réalisé l'échantillonnage des grains avec le pilulier de 60 ml ; nous utilisons classiquement ce type de récipient car il s'adapte parfaitement dans la chaîne de mesure, en particulier à la sortie du broyeur et il permet une traçabilité de l'échantillon jusqu'à l'envoi au laboratoire d'analyses. De plus, il est facile à stocker du fait de sa taille et de sa nature (plastique étanche).

A chaque passage dans l'échantillonneur à grains, l'échantillon est divisé en deux parts égales. Il faut le passer autant de fois que nécessaire afin d'obtenir la valeur d'un pilulier (60 ml). Le sous-échantillon est ensuite passé au compteur à grains. Et, après un passage de 48 h à 80°C les grains sont pesés.

## 2.2 Procédure de calcul d'erreur

Lors de cette deuxième étude, le nombre de grains de la placette à partir des sous échantillons a été estimé, par le calcul suivant :

$$NGe = (Pt*NGs)/Ps$$

NGe = le nombre de grains estimé

Pt = le poids total de la placette (g)

NGs = le nombre de grains du sous échantillon

Ps = le poids du sous échantillon (g)

Puis le pourcentage d'erreur qu'il y a entre le nombre total de grains de la placette comptés (NGt) et celui estimé (NGe) a été calculé de la manière suivante :

$$\% \text{ erreur} = ((NGt-NGe)*100)/NGt$$

NGe = le nombre de grains estimé

NGt = le nombre de grains total comptés

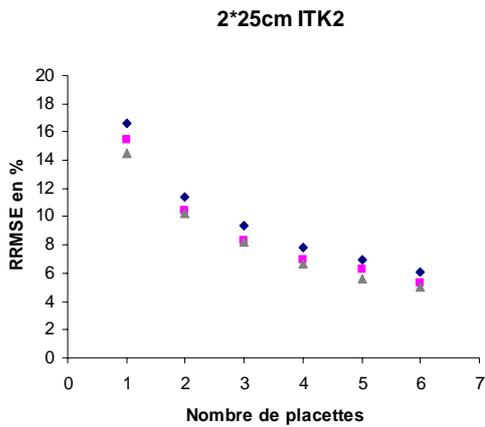
## 3. Résultats

### 3.1 Résultats de la 1<sup>ère</sup> expérience : Détermination de la taille et du nombre de placettes à prélever

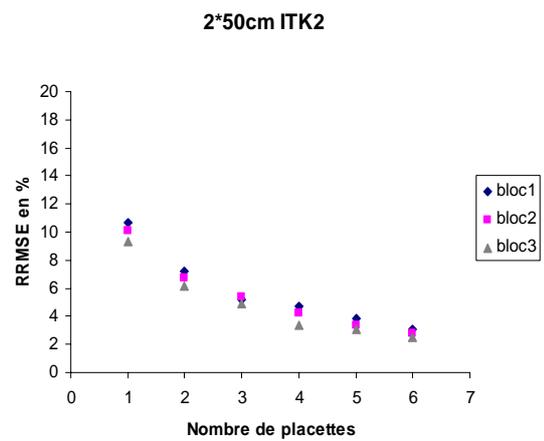
Pour une taille de placette donnée et un seuil d'erreur fixé, les graphiques ci-dessous offrent la possibilité de définir le nombre de placettes à prélever quelle que soit la densité de plantes. Les graphiques sont exprimés en RRMSE, en % ce qui correspond au pourcentage d'erreur moyen.

Pour le nombre de plantes et l'ITK2 semé à une densité classique (250plantes/m<sup>2</sup>), le prélèvement de deux placettes de 25 cm sur deux rangs donne un pourcentage d'erreur compris entre 10 et 12% (**figure 2a**). Avec deux placettes de 50 cm sur deux rangs, le pourcentage d'erreur n'est plus que de 6 à 8% (**figure 2b**). Cependant, si l'on considère l'ITK4 qui est caractérisé par une densité de semis moindre, nous constatons qu'avec deux placettes de 25 cm sur deux rangs, le pourcentage d'erreur peut atteindre 15% (**figure 2c**). Ce pourcentage est réduit à 5-9% avec deux placettes de 50 cm sur deux rangs (**figure 2d**).

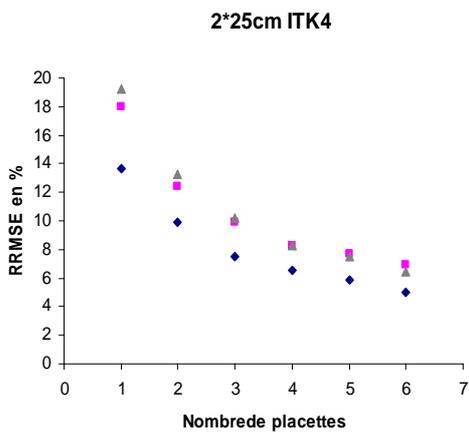
Les graphiques présentés ci-dessous peuvent être utilisés pour déterminer les caractéristiques de notre échantillonnage (taille et nombre de placettes) en fonction d'un niveau maximal d'erreurs.



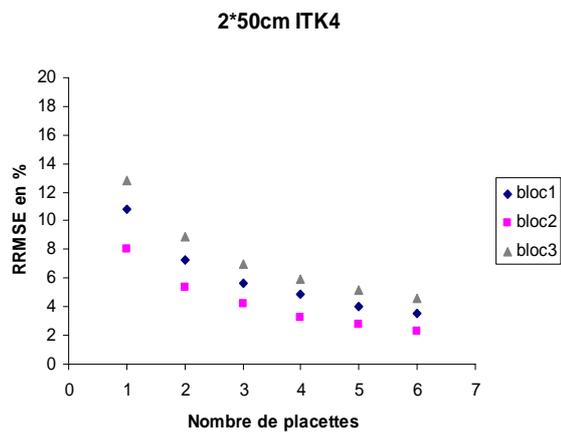
a. RRMSE en % pour des placettes de 2\*25cm pour un semis de 250pl/m<sup>2</sup>



b. RRMSE en % pour des placettes de 2\*50cm pour un semis de 250pl/m<sup>2</sup>



c. RRMSE en % pour des placettes de 2\*25cm pour un semis de 150pl/m<sup>2</sup>

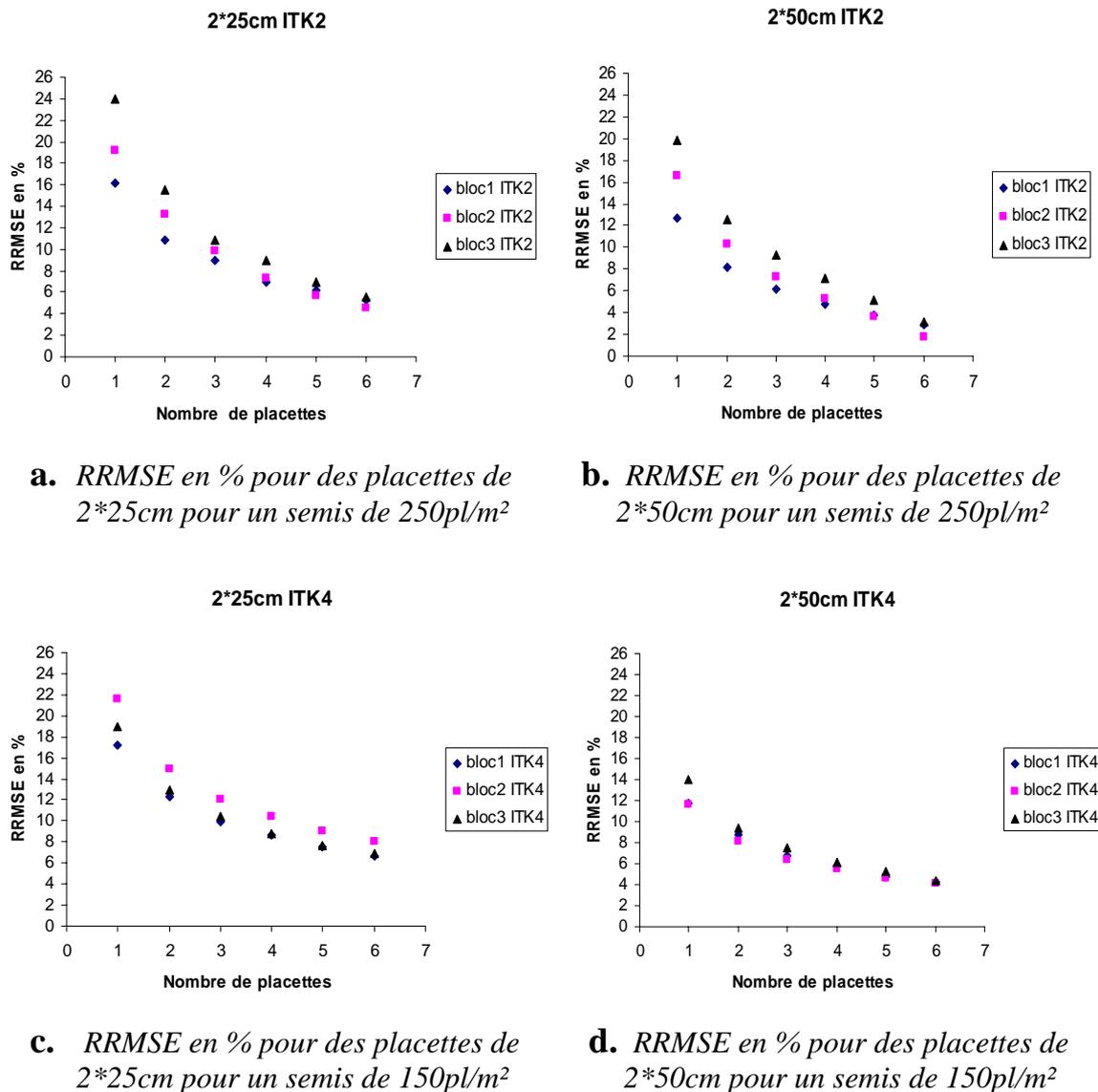


d. RRMSE en % pour des placettes de 2\*50cm pour un semis de 150pl/m<sup>2</sup>

**Figure 2 :** Détermination du nombre et de la taille des placettes selon le pourcentage d'erreur pour estimer le nombre de plantes (RRMSE en % est égal au % d'erreur)

Pour la **matière sèche** et l'ITK2, le prélèvement de deux placettes de 25cm sur deux rangs donne un pourcentage d'erreur compris entre 10 et 16% (**figure 3a**). Le pourcentage d'erreur diminue et atteint 8 - 13% (**figure 3b**) si on prélève deux placettes de 50cm sur deux rangs. Pour l'ITK4, le pourcentage d'erreur est compris entre 12 et 15% (**figure 3c**) avec deux placettes de 25cm sur deux rangs. Il est plus faible avec deux placettes de 50cm sur deux rangs : 8 et 9% (**figure 3d**).

Comme pour le nombre de plantes au champ, plus les placettes sont grandes et nombreuses, plus le pourcentage d'erreur est faible.



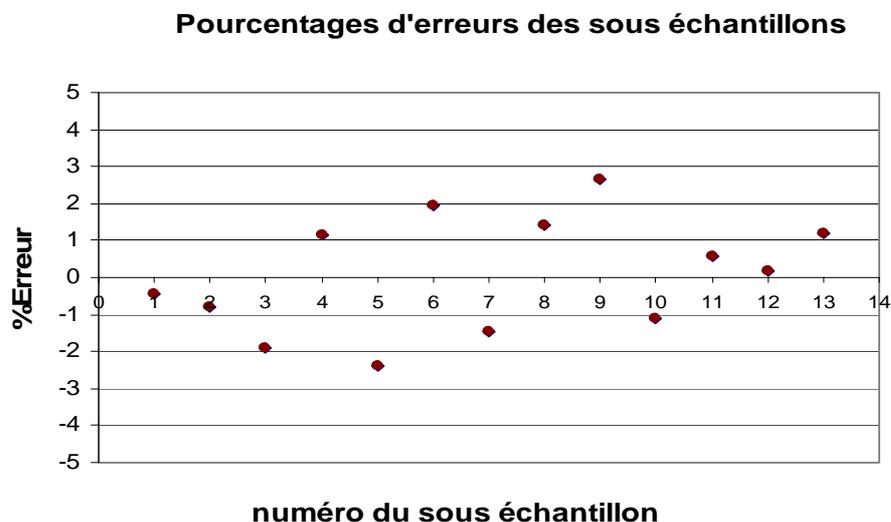
**Figure 3 :** Détermination du nombre et de la taille des placettes en fonction du pourcentage d'erreur afin d'estimer la biomasse (RRMSE en % est égal au % d'erreur)

### 3.2 Résultats de la 2<sup>ème</sup> expérience : Détermination de la quantité de grains à compter

La placette de 0,85 m<sup>2</sup> qui a été divisée en 13 piluliers par l'échantillonneur, pèse 356,31 g et compte 13030 grains ce qui nous donne un PMG de 27,35 g. Les pourcentages d'erreurs des différents piluliers sont reportés dans le **tableau 1**.

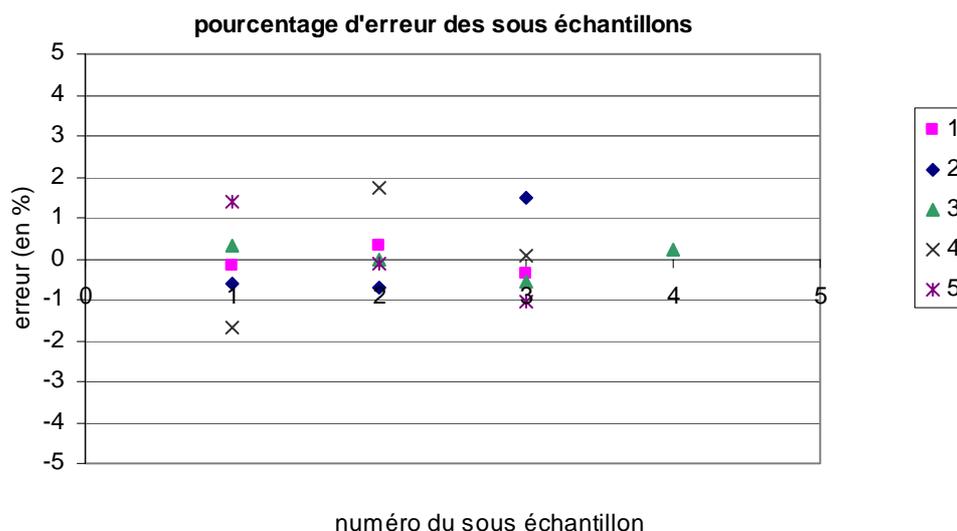
N° pilulier	Poids du sous échantillon(g)	Nombre de grains du sous échantillon	Nombre de grains estimé	%erreur du nombre de grains	PMG du sous échantillon
1	29,3	1076	13085	-0,42	27,23
2	22,76	839	13135	-0,80	27,13
3	23,64	881	13279	-1,91	26,83
4	20,64	746	12878	1,16	27,67
5	35,22	1319	13344	-2,41	26,70
6	34,08	1222	12776	1,95	27,89
7	29,08	1079	13221	-1,46	26,95
8	27,1	977	12846	1,42	27,74
9	24,94	888	12687	2,64	28,09
10	32,73	1210	13172	-1,09	27,05
11	23,63	859	12953	0,59	27,51
12	33,07	1207	13005	0,19	27,40
13	20,12	727	12875	1,19	27,68

**Tableau 1** : Estimation du nombre de grains et du PMG à partir des sous échantillons, calcul des pourcentages d'erreurs



**Figure 4** : Pourcentages d'erreurs par piluliers

Cette étude montre que l'erreur induite par le sous échantillonnage est globalement plutôt faible quand on prend l'équivalent d'un pilulier ; elle ne dépasse jamais 3% (**figure 4**). La répartition des points (**figure 4**) nous montre qu'il n'existe aucun biais, en effet ils sont répartis aléatoirement autour de 0 tantôt au dessus tantôt au dessous. Nous n'avons observé aucune corrélation avec l'ordre de prise des sous échantillons dans le lot de grains.



**Figure 5:** Pourcentages d'erreurs par piluliers pour d'autres placettes sous échantillonnées

Le **figure 5** présente les pourcentages d'erreurs de 5 autres lots de grains avec des PMG allant de 36,5 à 45,5 g. Le pourcentage d'erreur ne dépasse jamais 1,7%. Nous avons ainsi échantillonné 6 lots avec des tailles de grains bien différents et les 3% d'erreur n'ont jamais été dépassés.

Le mode opératoire a donc été validé. Une fois les placettes battues nous prenons la valeur d'un pilulier par échantillon à l'aide de l'échantillonneur afin d'estimer le nombre de grains et le PMG.

## 4 Conclusion

Maintenant nous proposons une méthode capable de déterminer un nombre et une taille de placette optimale en tenant compte du niveau de précision recherchée et du temps de travail. Nos travaux confirment également la pertinence de l'utilisation du pilulier dans la détermination du nombre de grains et du PMG.

Cependant, ces résultats sont valables pour une culture de blé exclusivement ; c'est pourquoi nous pourrions élargir nos recherches à d'autres cultures (colza, maïs, pois...) également manipulées dans notre unité et les répéter à d'autres stades plus avancés au moins pour l'estimation de la biomasse.

Enfin, ces études ont été conduites sur des plantes ou des grains issus de parcelles expérimentales ; en parcelles agricoles, les peuplements sont souvent beaucoup plus hétérogènes et par conséquent, il serait intéressant de tester la robustesse de nos résultats dans ces conditions.

Bien que le domaine de validité des ces premiers résultats reste à élargir, nous avons établi une méthodologie qui pourra être transféré dans de nouvelles conditions.

**Remerciements :** Nous tenons à remercier les membres de l'équipe technique qui ont contribué à ces études. Merci à Béatrice Lefouillen, Christine Souin, Véronique Tanneau.