

**GESTION ADAPTIVE DE LA FERTILISATION AZOTÉE DANS LE MAÏS GRAIN PAR LE FRACTIONNEMENT
DES APPORTS AVEC LES TECHNOLOGIES SCAN ET YDROP**

16-GES-09

DURÉE DU PROJET : 2017 / 2020

RAPPORT D'ÉTAPE

Réalisé par :
Raphaëlle Gendron, agr., Groupe ProConseil

31 janvier 2018

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

**TITRE DU PROJET :
GESTION ADAPTIVE DE LA FERTILISATION AZOTÉE DANS LE MAÏS GRAIN
PAR LE FRACTIONNEMENT DES APPORTS AVEC LES TECHNOLOGIES
SCAN ET YDROP**

**NUMÉRO DU PROJET :
16-GES-09**

RÉSUMÉ DU PROJET ET DE SON AVANCEMENT

Durant la saison de croissance 2017, quatre (4) sites ont été mis en place chez différents producteurs de maïs grain conventionnel de la Montérégie. Chez chaque producteur, les parcelles de maïs ont été fertilisées avec des doses d'azote variées à différents stades (V6 et V10) afin de déterminer si le fait de retarder l'application d'une partie de l'azote en post-levée permet de maintenir le rendement en appliquant moins d'azote ou d'obtenir de meilleurs rendements avec une même quantité d'azote. En cours de saison, différentes données ont été prises afin d'expliquer les résultats obtenus : analyse chimique et granulométrique du sol ainsi qu'une analyse de santé globale des sols.

Pour l'instant, les résultats obtenus n'ont pas permis d'obtenir un gain de rendement par le double fractionnement de l'azote en post-levée. Cependant, il n'y a eu aucune perte de rendement en retardant l'application d'une partie de l'azote. De plus, une réduction de 15 unité d'azote (ou 15 kg de N/ha) au stade V10 n'a pas provoqué de diminution de rendement. Cependant, il demeure important de considérer qu'une différence de 15 kg de N/ha est faible ce qui peut expliquer l'absence de baisse de rendement observée.

Une analyse économique a été réalisée afin de déterminer si cette pratique permet d'espérer un gain économique pour les producteurs de grandes cultures de la Montérégie. En l'absence d'augmentation significative de rendement, le principal scénario où un gain économique a été obtenu est celui où la dose d'azote à V10 avait été réduite de 15 kg/ha. Les résultats varient de -163,23\$/ha à 92,97\$/ha ce qui montre pour le moment que le gain économique associé à cette pratique est incertain.

À l'été 2017, le projet a été présenté à des agriculteurs lors d'une journée champ. Un texte a été publié dans le journal Nouvelles de Pro. Des détails sur l'activité ainsi que l'article publié sont présentés en Annexe I.

Vous trouverez en Annexe II un plan de localisation des sites pour l'année 2017.

L'état d'avancement du projet est conforme au plan de travail initial.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Le principal objectif du projet est de réduire les pertes d'azote dans l'environnement en maximisant l'efficacité de l'utilisation de l'azote dans la culture de maïs grain par le fractionnement de la dose SCAN à des stades tardifs de développement du maïs. Les objectifs spécifiques sont 1) de vérifier la capacité de SCAN à ajuster sa dose à des stades plus avancés du maïs, 2) de diffuser les connaissances acquises sur la gestion adaptative de la fertilisation azotée du maïs ainsi que les nouvelles technologies SCAN et Y-Drop et 3) d'évaluer l'intérêt économique d'intégrer une gestion adaptative de l'azote à la ferme.

Le premier objectif a été réalisé par l'implantation de parcelles d'essais chez des producteurs. Le dispositif expérimental comprenait les cinq (5) traitements différents suivants répétés quatre (4) fois par site pour un total de 20 parcelles sur quatre (4) sites :

- Traitement 1 (T1): Témoin (seulement le démarreur d'environ 50N)
- Traitement 2 (T2): Démarreur + dose SCAN appliquée en post-levée (V6)
- Traitement 3 (T3): Démarreur + 2/3 de la dose SCAN à V6 et 1/3 de la même dose SCAN à V10 appliquée avec YDrop
- Traitement 4 (T4): Démarreur + 2/3 de la dose SCAN à V6 et 1/3 d'une nouvelle dose SCAN à V10 appliquée avec YDrop
- Traitement 5 (T5): Démarreur + dose SCAN + 30 kg N/ha appliquée en post-levée (V6)

Les rendements des parcelles ont été mesurés. Des analyses statistiques ont été faites dans le but d'évaluer l'intérêt agronomique du fractionnement de l'azote.

Le second objectif spécifique (diffusion de l'information) est entamé et se poursuivra au cours des prochaines années du projet. Puisque les résultats de la première année du projet viennent d'être analysés, ils pourront être diffusés au courant de l'hiver soit lors d'un webinaire prévu pour le 9 février, et dans une journée organisée par le club soit Retour-Regard prévue pour le 13 mars 2018.

Enfin, le troisième objectif spécifique a également été réalisé. Un budget partiel a été produit afin d'évaluer l'intérêt économique pour les producteurs agricoles de l'intégration de cette nouvelle régie de fertilisation.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Le Tableau 1 présente quelques caractéristiques générales des sites 2017.

Tableau 1. Quelques caractéristiques des sites 2017.

Site	Municipalité	Type de sol	Population moyenne	AWDR	
				À V6	À V10
N7	Saint-Charles-sur-Richelieu	Aston loam sableux fin	78 700	75	55
N8	Richelieu	Saint-Urbain argile limoneuse	84 900	95	65
N9	Marieville	Sainte-Rosalie argile limoneuse	70 300	65	70
N10	Mont-Saint-Grégoire	Saint-Jude loam sableux	66 800	75	100

Note : L'AWDR (*Abundant and Well Distributed Rainfall*) est un indicateur de la pluviométrie. Un AWDR élevé indique beaucoup de précipitations bien réparties dans le temps. Un AWDR faible indique une faible pluviométrie, plus sporadique.

La Figure 1 montre les doses d'azote appliquées aux différents moments selon le traitement et le site et le rendement obtenu. Les données chiffrées sont également présentées dans le Tableau 2.



Figure 1. Dose d'azote reçu par traitement (kg de N/ha) et rendements obtenus (kg/ha) aux différents sites.

Les AWDR à V6 cette année étaient élevés, indiquant des précipitations abondantes et régulières. Ce facteur a influencé à la hausse les doses d'azote recommandées par SCAN à ce stade de la culture. En effet, les doses d'azote recommandées par SCAN au stade V6 ont donné des doses d'azote totales de 200 kg/ha ou plus à tous nos sites, ce qui est élevé lorsqu'on les compare aux doses économiques optimales d'azote moyennes qui tournent généralement autour de 170 kg/ha en Montérégie. Les doses d'azote recalculées au stade V10 par l'équipe d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) étaient plus faibles que celles de V6 à deux (2) sites sur quatre (4), égale à un site et supérieure à un autre site. En effet, les AWDR étaient plus bas au stade V10 aux sites N7 et N8 ce qui indique qu'à ces sites, le mois de juillet été plus sec que le mois de juin. Cependant, même dans les sites où la dose SCAN avait diminué à V10 par rapport à V6, la dose totale d'azote recommandée par SCAN dépassait ou égalait toujours les 200 kg d'azote total/ha.

On constate que le potentiel de rendement était plus élevé dans les sites N7 et N10 que dans les sites N8 et N9. Au site N9, l'inégalité de la levée était marquée et expliquerait le faible rendement observé. Aux autres sites, la levée était assez uniforme pour assurer un bon potentiel de rendement. Les rapports d'Évaluation de la Santé Globale des Sols des différents sites sont présentés en Annexe III. Les résultats de ces analyses ne semblent pas expliquer le fait que de meilleurs rendements ont été obtenus aux sites N7 et N10 qu'au site N8. Cependant, on dénote que les sites N7 et N10 sont des loams sableux alors que les sites N8 et N9 sont des argiles limoneuses. En cette saison pluvieuse, les terres plus légères (plus sableuses) pourraient avoir été avantagées par leur meilleur égouttement produisant ainsi de meilleurs rendements.

Les résultats ont été analysés avec le logiciel SAS au moyen d'un test de comparaison des moyennes de Waller-Duncan ($\alpha = 0,05$) ainsi que d'une analyse de contrastes (voir les sorties de SAS en Annexe IV).

On peut voir que, d'après le test de comparaison des moyennes de Waller-Duncan, dans la plupart des cas (3 sites sur 4), seul le T1 (démarreur seulement) a donné un rendement significativement différent. Le site N9 est celui où il y a eu un rendement significativement différent pour un autre traitement en plus du T1, soit le T4. Pour ce site en particulier, aucun azote n'avait été ajouté au stade V10 parce que le calcul de la dose SCAN au stade V10 avait donné une dose d'azote identique à celle calculée au stade V6, ce qui aurait fait en sorte que le T3 soit identique au T4. Ce T4 a donné un rendement différent du T3 et du T5 mais pas du T2.

Tableau 2. Doses d'azote appliquées aux différents stades du maïs selon le traitement et rendement moyen obtenu.

Traitement à chaque site	Dose d'azote reçue à différents stades (kg/ha)				Rendement moyen (kg/ha)
	Démarreur	V6	V10	Total	
<u>Site N7</u>					
T1 :	51	-	-	51	14642.3b
T2 :	51	165	-	216	17114.5a
T3 :	51	110	55	216	16724.3a
T4 :	51	109	40	201	17668.3a
T5 :	51	195	-	246	17001.3a
<u>Site N8</u>					
T1 :	51	-	-	51	9485.3b
T2 :	51	175	-	226	13878.0a
T3 :	51	117	58	226	13988.5a
T4 :	51	117	43	211	14225.5a
T5 :	51	205	-	256	14639.3a
<u>Site N9</u>					
T1 :	50	-	-	50	7302.0c
T2 :	50	150	-	200	11250.0ab
T3 :	50	100	50	200	11663.8a
T4 :	50	100	-	150	9989.5b
T5 :	50	180	-	230	11847.8a
<u>Site N10</u>					
T1 :	50	-	-	50	14416.3b
T2 :	50	165	-	215	16826.5a
T3 :	50	110	55	215	16080.8a
T4 :	50	110	70	230	16310.5a
T5 :	50	195	-	245	16247.5a

Note :

Pour un même site, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes les unes des autres au seuil de signification 5% selon le test de Waller-Duncan-K-Ratio-Test.

Des analyses de contrastes ont été faites afin de comparer un à un de façon plus précise les rendements obtenus pour certains traitements en particulier. Les résultats par site sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 3. Analyses de contraste entre le rendement obtenu pour différents traitements.

Site	Contraste	Pr > F	Seuil de signification
N7	T2 VS T3	0.5867	ns
	T2 VS T4	0.4434	ns
	T2 VS T5	0.8739	ns
	T3 VS T4	0.2015	ns
N8	T2 VS T3	0.7816	ns
	T2 VS T4	0.3901	ns
	T2 VS T5	0.0745	0,1
	T3 VS T4	0.5544	ns
N9	T2 VS T3	0.5759	ns
	T2 VS T4	0.1053	ns
	T2 VS T5	0.4224	ns
	T3 VS T4	0.0383	0,05
N10	T2 VS T3	0.1594	ns
	T2 VS T4	0.3197	ns
	T2 VS T5	0.2667	ns
	T3 VS T4	0.6522	ns

Le T2 représente le scénario de fertilisation le plus largement pratiqué, c'est-à-dire qu'une partie de l'azote a été appliqué au démarreur (40 à 60 kg de N/ha) et le reste de la dose au stade V6. Pour le T3, la même dose totale a été appliquée dans les parcelles mais l'azote en post-levé a été appliqué en deux temps soit 66,7% au stade V6 et 33,3% au stade V10. On constate qu'à tous les sites, l'analyse de contraste T2 vs. T3 n'a pas donné de différence significative. Ainsi, il n'y a pas eu de gain ni de perte de rendement lié au fait de retarder l'application d'un tiers de l'azote. Ces résultats indiquent que la dose totale d'azote apportée serait plus importante que la manière dont l'azote est apporté pour l'atteinte du plein potentiel de rendement.

Le T4 se distingue du T2 par le moment d'application de l'azote ainsi que la dose totale d'azote appliquée. Les parcelles fertilisées selon T4 ont reçu la même dose au démarreur et 66,7% de la dose SCAN calculée au stade V6. Aux sites N7, N8 et N10, elles ont reçu en plus une dose au stade V10, mais cette dose représentait environ 33,3% d'une nouvelle dose SCAN calculée au stade V10. Aux sites N7 et N8, la dose SCAN V10 a été inférieure à la dose SCAN V6, résultant en une dose totale d'azote de 15 kg/ha plus faible au T4 qu'au T2. Au site N10, ce fut le contraire; la dose calculée au stade V10 a fait en sorte que la dose totale d'azote a été de 15 kg/ha supérieure pour T4 versus T2. Enfin, au site N9, les parcelles T4 n'ont reçu aucun azote à V10 (pour les raisons expliquées précédemment). Les parcelles fertilisées selon T4 au site N9 ont donc reçu au total 50 kg de N/ha de moins que le T2.

Par l'analyse de contraste entre T2 et T4 aux sites N7 et N8, on constate qu'il n'y a pas eu de perte de rendement malgré que moins d'azote au total a été appliqué au T4 qu'au T2 pour ces sites. Au site N10, on constate qu'il n'y a pas eu de gain de rendement malgré que plus d'azote au total ait été appliqué au T4 qu'au T2. De plus, autant pour les sites N7, N8 que N10, le fait d'avoir retardé l'application d'une partie de l'azote en post-levé jusqu'au stade V10 n'a pas eu d'effet significatif, positif ou négatif, sur le rendement. Enfin, au site N9, malgré que le T4 ait reçu seulement 66,6% de la dose SCAN au stade V6 et aucun azote au stade V10, le rendement n'a pas été significativement différent du T2.

Le T5 se distingue du T2 par le fait qu'on y a appliqué systématiquement 30 kg d'azote par hectare de plus que le T2 au stade V6. Le T5 n'a été significativement différent de T2 qu'à un seul site (N8) où le rendement du T5 a été supérieur au T2. À ce site, le maïs aurait bénéficié d'une plus grosse dose d'azote appliquée au stade V6. Aux autres sites, il n'y a pas eu de gain à appliquer plus d'azote et le T2 est donc jugé adéquat pour atteindre le potentiel maximal de rendement pour tous les sites.

Les traitements 3 et 4 ont tous deux reçu une dose d'azote égale au démarreur et au stade V6 mais ont reçu des doses d'azote différentes au stade V10. Pour les sites N7 et N8, la dose au stade V10 reçue à T4 est inférieure à celle de T3 d'environ 15 unités. Pour le site N9, aucun azote n'a été appliqué au stade V10 pour le T4. Au site N10, la dose au stade V10 reçue à T4 est supérieure à celle de T3 d'environ 15 unités. Par les analyses de contrastes, on constate qu'aux sites N7 et N8, il n'y a pas eu d'effet négatif sur le rendement par le fait d'appliquer moins d'azote au T4. Cependant, au site N9, le fait de n'appliquer aucun azote au stade V10 a eu un effet négatif significatif sur le rendement. Enfin, au site N10, le fait d'appliquer plus d'azote n'a pas eu d'effet positif sur le rendement.

Une analyse économique a été réalisée à partir des rendements obtenus aux différents sites. Les résultats détaillés sont présentés en annexe VI. Dans cette analyse, on a comparé le T2, qui représente le scénario le plus répandu, aux T3 et T4 qui intègrent une fertilisation tardive à V10 (sauf pour le T4 du site N9). Dans cette analyse, l'application tardive est faite à forfait. On peut voir que l'utilisation de Y-drop aurait donné des pertes ou des gains économiques allant de -163,23\$/ha à 92,97\$/ha. Pour le traitement T3, c'est-à-dire, lorsque le système Y-Drop était utilisé pour appliquer la même quantité d'azote que T2, le résultat a été économiquement négatif à trois sites sur quatre. Quand Y-Drop a été utilisé pour mettre moins d'azote que T2, le résultat a été économiquement positif à deux sites sur deux. Quand Y-Drop a été utilisé pour mettre plus d'azote que T2 (un seul site), le résultat a été économiquement négatif.

Une analyse de la réduction potentielle des émissions de GES a été faite pour les sites N7 et N8 seulement pour les traitements T2 versus T4. Ce choix a été établi parce qu'aucune différence significative de rendement n'a été obtenue entre le T2 et T4 de ces sites malgré une diminution de la dose d'azote appliquée au T4 de 15 kg de N/ha. Ce sont donc les seuls traitements mis à l'essai où la technique d'application tardive permettait d'anticiper une réduction des émissions de GES par économie d'engrais azoté en maintenant le rendement. L'ajout d'un passage de machinerie dans le T4 versus le T2 a également été pris en considération. Les résultats sont présentés en annexe VII. On peut y voir que pour ces sites, le T4 aurait permis de réduire les émissions de GES d'environ 230 kg équivalent de CO₂/ha aux deux sites. Cela représente environ 6,5% des GES émis par la fertilisation azotée associée au T2.

En résumé, les essais effectués en 2017 ont permis d'établir qu'aucune perte de rendement n'a été observée par le fait de retarder l'application d'une partie de l'azote au stade V10. De plus, aucune perte de rendement n'a eu lieu en appliquant des doses moindres d'azote au stade V10 que celle recommandée au stade V6. Cependant, l'analyse économique des résultats préliminaires du projet indiquent une incertitude pour ce qui est de la rentabilité de l'introduction de cette pratique sur les fermes de la Montérégie.

ÉLÉMENTS JUSTIFIANT LA POURSUITE DU PROJET

En raison des pluies abondantes de la saison 2017, les doses SCAN étaient élevées. Ces doses élevées n'ont pas permis d'obtenir des différences de rendement significatives entre les traitements. Le fait de poursuivre le projet permettra d'obtenir des scénarios différents au niveau de la météo qui pourraient avoir des effets plus marqués sur les rendements obtenus pour les différents traitements.

Les principales étapes à venir sont la présentation des résultats obtenus lors d'un webinaire qui aura lieu le 9 février prochain, la préparation de fiches personnalisées pour les producteurs ayant participé à cette première année du projet et la sélection des sites pour la saison 2018. Les producteurs et l'ensemble de la communauté agricole pourront également très prochainement consulter les résultats partiels du projet sur le site internet du Groupe ProConseil.

MODIFICATIONS PROPOSÉES

Deux demandes de modification au projet ont été faites au cours de la première année. La première concernait la modification du mode d'application de l'engrais. Le mode d'application utilisé a été documenté et est présenté en Annexe V. La seconde demande de modification concernait une problématique avec le traitement 4. En effet, selon ce qui était prévu dans le formulaire de demande pour ce projet, les traitements devaient recevoir une dose d'azote à V10 selon la règle suivante:

- T3: Démarreur + 2/3 de la dose SCAN à V6 et 1/3 de la même dose SCAN à V10 appliquée avec YDrop
- T4: Démarreur + 2/3 de la dose SCAN à V6 et 1/3 d'une nouvelle dose SCAN à V10 appliquée avec YDrop

Lorsque la nouvelle dose SCAN (V10) est similaire à la première (V6), les doses totales d'azote à appliquer à V10 pour les traitements T3 et T4 sont trop similaires pour qu'il soit possible de mesurer une différence de rendement entre ces traitements.

Ainsi, il a été décidé avec l'équipe d'AAC de :

- Quand la nouvelle dose d'azote calculée (à V10) fait en sorte que la différence entre T3 et T4 est de l'ordre de 5 à 14 kg/ha, arrondir la dose d'azote du T4 pour qu'il y ait au moins 15 kg/ha d'azote¹ de différence en T3 et T4.
- Quand la nouvelle dose d'azote calculée fait en sorte que la différence entre T3 et T4 est de l'ordre de moins de 5 kg/ha, ne pas mettre d'azote au T4.

Cependant, à la lumière des résultats obtenus nous proposons de modifier le protocole à nouveau afin de pouvoir faire une meilleure analyse :

- Quand la nouvelle dose d'azote calculée fait en sorte que la différence entre T3 et T4 est de l'ordre de 1 à 29 kg/ha, arrondir la dose d'azote du T4 pour qu'il y ait au moins 30 kg/ha d'azote de différence en T3 et T4.
- Quand la nouvelle dose d'azote calculée fait en sorte qu'il n'y a aucune différence entre T3 et T4, mettre 30 kg de N/ha de moins au T4 qu'au T3.
- Ajouter un traitement T6 qui serait: démarreur + SCAN-30N à V6.

¹ À noter que dans le courriel envoyé à MAPAQ « Prime-Vert/Volet 4 », la différence proposée était plus grande soit de 30 kg de N/ha. Cependant, l'équipe scientifique du projet s'était ralliée vers la dose de 15 kg de N/ha de différence.

Le fait d'établir une différence minimale de 30 kg de N/ha entre la fertilisation de deux traitements offre de meilleures chances de pouvoir mesurer une différence de rendement significative. De plus, l'ajout du traitement T6 permettrait de confirmer si le maintien du rendement maximal obtenu malgré le fait de réduire la dose d'azote appliquée à V10 dans le T4 est réellement dû au fait de retarder l'application d'une partie de l'azote.

Aussi, nous proposons d'ajouter les traitements T7 et T8 qui sont des doses intermédiaires d'azote qui permettront d'établir l'ensemble de la courbe de réponse du maïs à l'azote et de comparer les traitements SCAN et Y-Drop à cette courbe. Un résumé des traitements proposés est présenté dans le tableau ci-dessous. Le nombre de répétition de chaque traitement serait réduit à trois au lieu de quatre afin de limiter le nombre de parcelles par site.

Tableau 4. Ensemble des traitements proposés pour la suite du projet (année 2 et 3).

Traitement	Dose d'azote au démarreur	Dose d'azote au stade V6	Dose d'azote au stade V10
T1 :	Démarreur du producteur	-	-
T2 :	Démarreur du producteur	SCAN	-
T3 :	Démarreur du producteur	2/3 SCAN (calculé à V6)	1/3 SCAN (calculé à V6)
T4 :	Démarreur du producteur	2/3 SCAN (calculé à V6)	1/3 SCAN (calculé à V10)*
T5 :	Démarreur du producteur	SCAN + 30 kg de N/ha	-
T6 :	Démarreur du producteur	SCAN - 30 kg de N/ha	-
T7 :	Démarreur du producteur	50 kg de N/ha	-
T8 :	Démarreur du producteur	200 kg de N/ha	-

* Dose arrondie afin que la différence entre 1/3 SCAN (calculé à V6) - 1/3 SCAN (calculé à V10) = ± 30 kg de N/ha.

L'échéancier du projet et le budget sont en voie d'être respectés.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Raphaëlle Gendron
 Groupe ProConseil
 450-864-0180 poste 114
 347 rue Duvernay, bureau 203, Beloeil, Qc, J3G 5S8
raphaelle.gendron@groupeproconseil.com

ANNEXE I
Diffusion

1- Article paru dans le Journal Nouvelle de Pro

Agroenvironnement



Élise Tremblay

**Un nouveau projet pour le
Groupe ProConseil :
la fertilisation azotée avec
YDrop et SCAN**

*Gestion adaptative de la fertilisation
azotée dans le maïs-grain par le
fractionnement des apports avec les
technologies SCAN et YDrop*

Connaissez-vous les pendillards YDrop? Récemment introduit au Québec, ce dispositif s'installe sur des pulvérisateurs à haut dégagement permettant de réaliser une application tardive d'azote dans le maïs. En effet, il semblerait avantageux de retarder la fertilisation azotée dans le maïs, car environ 70 % de l'azote appliqué est accumulé dans la plante avant la sortie des soies et 30 % entre la sortie des soies et la maturité des grains. Pour l'instant, la plupart des producteurs de maïs-grain de la Montérégie font une application d'azote au démarreur et une en post-levée avant que le maïs atteigne 8 feuilles. La fenêtre de temps pour l'application ainsi que l'incertitude venant du

facteur météo encouragent les producteurs à mettre des doses souvent trop tôt et trop élevées afin de sécuriser leurs rendements. De plus, plusieurs études ont démontré que moins de la moitié de l'azote minéral appliqué dans le maïs est réellement absorbé par la plante. Le reste est en partie retenu par le sol ou perdu dans l'environnement, notamment sous forme de N_2O , un gaz à effet de serre 310 fois plus puissant que le CO_2 , sans compter la valeur économique de cet azote perdu.



Photo : OMAFRA



Photo : OMAFRA

Récemment, deux technologies sont devenues disponibles au Québec afin

de revoir la gestion azotée de l'azote au champ : les pendillards YDrop, qui permettent de retarder l'application de l'azote, et le système d'aide à la décision SCAN, qui permet d'obtenir une recommandation d'azote en fonction du type de sol et de la pluviométrie. Ce projet, qui se déroulera de 2017 à 2019, mettra à l'essai différents scénarios d'application basés sur SCAN afin d'évaluer l'intérêt écologique et économique. Pour les producteurs intéressés à participer, n'hésitez pas à manifester votre intérêt à votre agronome, car quatre sites par année seront retenus pour la conduite des essais. Des activités d'informations/démonstrations sont également prévues.

Ce projet bénéficie d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) par l'entremise du Fonds vert et de Prime-Vert.

Élise Tremblay, agr.
Conseillère en agroenvironnement

2- Journée champ



Optimiser sa fertilisation: la précision avant tout!
Matinée de démonstrations au champ

 **Mardi 11 juillet** 

9h30 Démonstration des technologies YDrop et SCAN
Agri-Vallée Inc., 101 rang des Trente, St-Marc-sur-Richelieu

11h00 Visite de parcelles du projet placement d'engrais
Cérom, 740 chemin Trudeau, St-Mathieu-de-Beloeil

11h45 La fertilisation et la qualité de l'eau: démonstration
d'un simulateur d'érosion

12h30 Dîner à l'AéroPaul (non inclus)

Beau temps, mauvais temps.
Activité gratuite. Aucune inscription requise.

Photos: msue.anr.msu.edu

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, en vertu du Programme Prime-Vert -Volet 4.

Québec 

Résumé de la journée :

Nombre de participants : 20, dont 8 producteurs agricoles, 10 intervenants, 2 étudiants et 4 conférenciers.

Les sujets suivants ont été abordés en lien avec le projet :

Présentation du projet " Gestion adaptative de la fertilisation azotée dans le maïs grain par le fractionnement des apports avec les technologies SCAN et Y-Drop" par Raphaëlle Gendron, agronome. Protocole, sélection des sites, résultats attendus.

Démonstration de l'utilisation de la technologie YDrop au champ et présentation du producteur Alain Lavallée qui utilise, depuis l'an passé des pendillards Y-drop.

Quelques photos prises lors de la journée du 11 juillet 2017



ANNEXE II

Localisation des sites



ANNEXE III

Analyse de santé globale des sols

Site N7



Évaluation de la Santé Globale des Sols

Numéro du champ:	22	<i>Provenance</i>	<i>Échantillons</i>
Numéro du lab:	SG-0517601	Groupe ProConseil	
Date de réception:	22 novembre 2017	347, Duvernay, bureau 203	
Date du rapport:	5 décembre 2017	Beloil	
Échantillonné le:	17 novembre 2017	J3G5S8	
Par:	Patricia Harvey		

Texture en laboratoire	Sable %	32,0	Classe texturale	Groupe textural	Humidité du sol échantillonnage (%)	26,9
	Limon %	34,0				
	Argile %	34,0	Loam argileux	G2	Série de sol	

Indicateur	Valeur	Évaluation /100	Problèmes possibles (mots clés)
------------	--------	-----------------	---------------------------------

Physique	Stabilité des agrégats (%) agrégats stables / ag. totaux :25 à 2 mm	26,2	33	Risque de détérioration de la structure: compaction, limite des mouvements de l'eau (infiltration, perméabilité et drainage), porosité, croûte de battance et érosion
	Proportion d'agrégats (%) agrégats totaux / sol total :25 à 2 mm	69,4	10	Détérioration de la structure: compaction, limite des mouvements de l'eau (infiltration, perméabilité et drainage), porosité
	Réserve en eau utile (%) estimée	8,2	10	Manque d'eau pour la culture (baisse des rendements et de l'efficacité des engrais)

Biologique	SOLVITA®	Respiration C-CO ₂ (ppm)	123	60	Faible activité microbienne et diminution de la disponibilité des éléments nutritifs pour les cultures
		Azote labile N-NH ₃ (kg/ha)	134	40	Risque de difficulté du sol à fournir l'azote aux cultures et aux microorganismes
	Matière organique (%)	3,2	65	Peut mener à des problèmes d'absorption d'éléments nutritifs, de structure et de biologie du sol	
	Carbone actif (ppm) Matière organique labile	471	12	Source d'énergie (nourriture) absente pour les microorganismes	


Chimique	pH	5,8	54	Faible disponibilité des éléments nutritifs, équilibre de la biologie du sol (organismes bénéfiques/pathogènes), détérioration de la structure
	Phosphore (kg/ha)	221	87	
	Potassium (kg/ha)	231	72	
	Magnésium (kg/ha)	183	50	Risque de diminution de la capacité de photosynthèse et synthèse protéique (décoloration des feuilles)
	Calcium (kg/ha)	2205	32	Risque détérioration de la structure du sol, résistance et soutien des tiges, développement du réseau racinaire

Évaluation globale (%)	42	Sol comportant des problèmes à solutionner
------------------------	----	---------------------------------------------------

N.B. La couleur du paramètre Valeur /100 est donnée selon les valeurs suivantes: 0 à 30 % = Rouge, 30 à 70 % = Jaune, > 70 % = Vert




Michel Champagne, agr.


Karin Arseneault, M.Sc. Chimiste



Évaluation de la Santé Globale des Sols

Numéro du champ:	6	<i>Provenance</i>	<i>Échantillons</i>
Numéro du lab:	SG-0517604	Groupe ProConseil	
Date de réception:	22 novembre 2017	347, Duvernay, bureau 203	
Date du rapport:	5 décembre 2017	Beloeil	
Échantillonné le:	10 novembre 2017	J3G5S8	
Par:	Patricia Harvey		

Texture en laboratoire	Sable %	22,0	Classe texturale	Groupe textural	Humidité du sol échantillonnage (%)	31,8
	Limons %	13,0				
	Argile %	65,0	Argile lourde	G1	Série de sol	

Indicateur	Valeur	Évaluation /100	Problèmes possibles (mots clés)
------------	--------	-----------------	---------------------------------

Physique	Stabilité des agrégats (%) agrégats stables / ag. totaux ,25 à 2 mm	48,7	47	Risque de détérioration de la structure: compaction, limite des mouvements de l'eau (infiltration, perméabilité et drainage), porosité, croûte de battance et érosion
	Proportion d'agrégats (%) agrégats totaux / sol total ,25 à 2 mm	88,6	36	Risque de détérioration de la structure: compaction, problèmes d'eau (infiltration, perméabilité et drainage), porosité
	Réserve en eau utile (%) estimée	12,4	43	Risque de manque d'eau pour la culture (baisse des rendements et de l'efficacité des engrais)

Biologique	SOLVITA*	Respiration C-CO ₂ (ppm)	118	60	Faible activité microbienne et diminution de la disponibilité des éléments nutritifs pour les cultures
		Azote labile N-NH ₃ (kg/ha)	185	40	Risque de difficulté du sol à fournir l'azote aux cultures et aux microorganismes
	Matière organique (%)	5,5	85		
	Carbone actif (ppm) Matière organique labile	661	46	Source d'énergie (nourriture) peu élevée pour les microorganismes	

Chimique	pH	6,3	87	
	Phosphore (kg/ha)	68	37	Risque de difficulté d'enracinement des cultures et de la formation des fruits
	Potassium (kg/ha)	405	63	Risque de diminution de la résistance des cultures aux maladies, au gel et à la sécheresse
	Magnésium (kg/ha)	1061	100	
	Calcium (kg/ha)	6561	72	

Évaluation globale (%)	58	Bon sol avec quelques problèmes à solutionner
------------------------	----	-----------------------------------------------

N.B. La couleur du paramètre Valeur /100 est donnée selon les valeurs suivantes: 0 à 30 % = Rouge, 30 à 70 % = Jaune, > 70 % = Vert



Michel Champagne, agr.

Karin Arseneault, M.Sc. Chimiste



Évaluation de la Santé Globale des Sols

Numéro du champ:	45	<u>Provenance</u>	<u>Échantillons</u>
Numéro du lab:	SG-0517602	Groupe ProConseil	
Date de réception:	22 novembre 2017	347, Duvernay, bureau 203	
Date du rapport:	5 décembre 2017	Beloil	
Échantillonné le:	17 novembre 2017	J3G5S8	
Par:	Patricia Harvey		

Texture en laboratoire	Sable %	22,0	Classe texturale	Groupe textural	Humidité du sol échantillonnage (%)	35,3
	Limon %	13,0				
	Argile %	65,0	Argile lourde	G1	Série de sol	

Indicateur	Valeur	Évaluation /100	Problèmes possibles (mots clés)
------------	--------	-----------------	---------------------------------

Physique	Stabilité des agrégats (%) agrégats stables / ag. totaux >25 à 2 mm	61,9	67	Risque de détérioration de la structure: compaction, limite des mouvements de l'eau (infiltration, perméabilité et drainage), porosité, croûte de battance et érosion
	Proportion d'agrégats (%) agrégats totaux / sol total >25 à 2 mm	96,1	70	Risque de détérioration de la structure: compaction, problèmes d'eau (infiltration, perméabilité et drainage), porosité
	Réserve en eau utile (%) estimée	13,8	57	Risque de manque d'eau pour la culture (baisse des rendements et de l'efficacité des engrais)


Biologique	SOLVITA®	Respiration C-CO ₂ (ppm)	128	60	Faible activité microbienne et diminution de la disponibilité des éléments nutritifs pour les cultures
		Azote labile N-NH ₃ (kg/ha)	224	60	Risque de difficulté du sol à fournir l'azote aux cultures et aux microorganismes
	Matière organique (%)	6,4	94		
	Carbone actif (ppm) Matière organique labile	770	69	Source d'énergie (nourriture) peu élevée pour les microorganismes	

Chimique	pH	6,5	97	
	Phosphore (kg/ha)	73	40	Risque de difficulté d'enracinement des cultures et de la formation des fruits
	Potassium (kg/ha)	615	85	
	Magnésium (kg/ha)	1235	100	
	Calcium (kg/ha)	6538	72	

Évaluation globale (%)	72	Sol en santé
------------------------	----	--------------

N.B. La couleur du paramètre Valeur /100 est donnée selon les valeurs suivantes: 0 à 30 % = Rouge, 30 à 70 % = Jaune, > 70 % = Vert




Michel Champagne, agr.


Karin Arseneault, M.Sc. Chimiste



Évaluation de la Santé Globale des Sols

Numéro du champ:	19	<i>Provenance</i>	<i>Échantillons</i>
Numéro du lab:	SG-0517603	Groupe ProConseil	
Date de réception:	22 novembre 2017	347, Duvernay, bureau 203	
Date du rapport:	5 décembre 2017	Beloil	
Échantillonné le:	10 novembre 2017	J3G5S8	
Par:	Patricia Harvey		

Texture en laboratoire	Sable %	82,0	Classe texturale	Groupe textural	Humidité du sol échantillonnage (%)	28,0
	Limons %	7,0				
	Argile %	11,0	Sable loameux	G3	Série de sol	

Indicateur	Valeur	Évaluation /100	Problèmes possibles (mots clés)
------------	--------	-----------------	---------------------------------

Physique	Stabilité des agrégats (%) agrégats stables / ag. totaux ,25 à 2 mm	24,2	29	Détérioration de la structure: mouvement de l'eau rapide (sécheresse) et érosion
	Proportion d'agrégats (%) agrégats totaux / sol total ,25 à 2 mm	66,1	49	Détérioration de la structure: mouvement de l'eau rapide (sécheresse) et érosion
	Réserve en eau utile (%) estimée	8,3	27	Manque d'eau pour la culture (baisse des rendements et de l'efficacité des engrais)

Biologique	SOLVITA®	Respiration C-CO ₂ (ppm)	98	60	Faible activité microbienne et diminution de la disponibilité des éléments nutritifs pour les cultures
		Azote labile N-NH ₃ (kg/ha)	174	40	Risque de difficulté du sol à fournir l'azote aux cultures et aux microorganismes
	Matière organique (%)	4,0	76		
	Carbone actif (ppm) Matière organique labile	483	31	Source d'énergie (nourriture) peu élevée pour les microorganismes	

Chimique	pH	5,6	34	Faible disponibilité des éléments nutritifs, équilibre de la biologie du sol (organismes bénéfiques/pathogènes), détérioration de la structure
	Phosphore (kg/ha)	130	63	Risque de difficulté d'enracinement des cultures et de la formation des fruits
	Potassium (kg/ha)	189	62	Risque de diminution de la résistance des cultures aux maladies, au gel et à la sécheresse
	Magnésium (kg/ha)	199	54	Risque de diminution de la capacité de photosynthèse et synthèse protéique (décoloration des feuilles)
	Calcium (kg/ha)	2209	43	Risque détérioration de la structure du sol, résistance et soutien des tiges, développement du réseau racinaire

Évaluation globale (%)	45	Sol comportant des problèmes à solutionner
------------------------	----	---------------------------------------------------

N.B. La couleur du paramètre Valeur /100 est donnée selon les valeurs suivantes: 0 à 30 % = Rouge, 30 à 70 % = Jaune, > 70 % = Vert



Michel Champagne, agr.

Karin Arseneault, M.Sc. Chimiste

ANNEXE IV

Analyse statistique

Site N7

Le Système SAS

Obs.	ANN	PRO	ESS	PAR	REP	TRA	TEE	PSP	EPIS	RATIO	GRAINS	REND
1	2017	433	7	101	1	3	268	6348	16400	877	14378	16385
2	2017	433	7	102	1	4	287	6216	17200	872	14994	16648
3	2017	433	7	103	1	5	302	6189	19650	801	15731	17101
4	2017	433	7	104	1	2	300	6206	19600	796	15603	17013
5	2017	433	7	105	1	1	296	6304	16600	876	14536	15940
6	2017	433	7	106	2	2	287	6213	16050	863	13848	15382
7	2017	433	7	107	2	5	274	6239	16700	881	14706	16623
8	2017	433	7	108	2	1	271	6342	13500	872	11776	13359
9	2017	433	7	109	2	4	293	6253	19550	876	17123	18848
10	2017	433	7	110	2	3	291	6225	18600	799	14861	16416
11	2017	433	7	111	3	5	301	6212	18300	870	15927	17343
12	2017	433	7	112	3	1	274	6275	14400	874	12583	14218
13	2017	433	7	113	3	4	286	6205	18950	876	16608	18452
14	2017	433	7	114	3	3	274	6226	19400	800	15528	17551
15	2017	433	7	115	3	2	303	6170	20170	804	16226	17608
16	2017	433	7	116	4	4	270	6258	16850	874	14723	16725
17	2017	433	7	117	4	2	298	6259	19350	873	16887	18455
18	2017	433	7	118	4	3	281	6263	17000	869	14779	16545
19	2017	433	7	119	4	1	283	6253	15700	858	13475	15052
20	2017	433	7	120	4	5	277	6214	17200	875	15045	16938

Le Système SAS

Procédure CORR

12 Variables : ANN PRO ESS PAR REP TRA TEE PSP EPIS RATIO GRAINS REND

Statistiques simples

Variable	N	Moyenne	Ecart-type	Somme	Minimum	Maximum
ANN	20	2017	0	40340	2017	2017
PRO	20	433.00000	0	8660	433.00000	433.00000
ESS	20	7.00000	0	140.00000	7.00000	7.00000
PAR	20	110.50000	5.91608	2210	101.00000	120.00000
REP	20	2.50000	1.14708	50.00000	1.00000	4.00000
TRA	20	3.00000	1.45095	60.00000	1.00000	5.00000
TEE	20	285.80000	11.78134	5716	268.00000	303.00000

Statistiques simples

Variable	N	Moyenne	Ecart-type	Somme	Minimum	Maximum
PSP	20	6244	46.88452	124870	6170	6348
EPIS	20	17559	1860	351170	13500	20170
RATIO	20	854.30000	32.56588	17086	796.00000	881.00000
GRAINS	20	14967	1355	299337	11776	17123
REND	20	16630	1367	332602	13359	18848

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 20
 Proba > |r| sous H0: Rho=0

	ANN	PRO	ESS	PAR	REP	TRA	TEE	PSP	EPIS	RATIO	GRAINS	REND
ANN
PRO
ESS
PAR	.	.	.	1.00000	0.96946	-0.04905	-0.13290	-0.16451	0.04048	0.09698	0.09873	0.13486
					<.0001	0.8373	0.5765	0.4882	0.8654	0.6842	0.6788	0.5708
REP	.	.	.	0.96946	1.00000	0.00000	-0.21420	-0.11352	-0.03984	0.22120	0.06025	0.10787
				<.0001		1.0000	0.3645	0.6337	0.8676	0.3486	0.8008	0.6508
TRA	.	.	.	-0.04905	0.00000	1.00000	0.02463	-0.43017	0.40326	0.06238	0.50754	0.55951
				0.8373	1.0000		0.9179	0.0583	0.0779	0.7939	0.0223	0.0103
TEE	.	.	.	-0.13290	-0.21420	0.02463	1.00000	-0.56952	0.66649	-0.42674	0.59739	0.45999
				0.5765	0.3645	0.9179		0.0088	0.0013	0.0606	0.0054	0.0413

Le Système SAS

The GLM Procedure

Informations sur les niveaux de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
REP	4	1 2 3 4
TRA	5	1 2 3 4 5

Number of Observations Read 20

Number of Observations Used 20

Le Système SAS

The GLM Procedure

Dependent Variable: REND

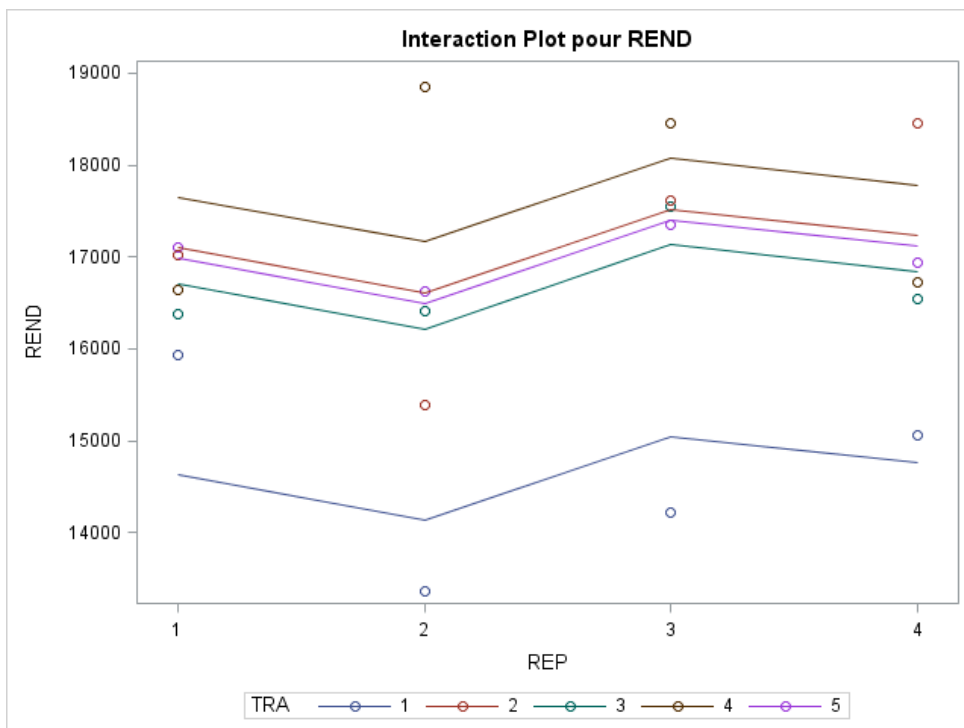
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
Model	7	23796684.00	3399526.29	3.48	0.0282
Error	12	11712953.80	976079.48		
Corrected Total	19	35509637.80			

r-carré Coef de Var Racine MSE REND Moyenne
 0.670147 5.940838 987.9673 16630.10

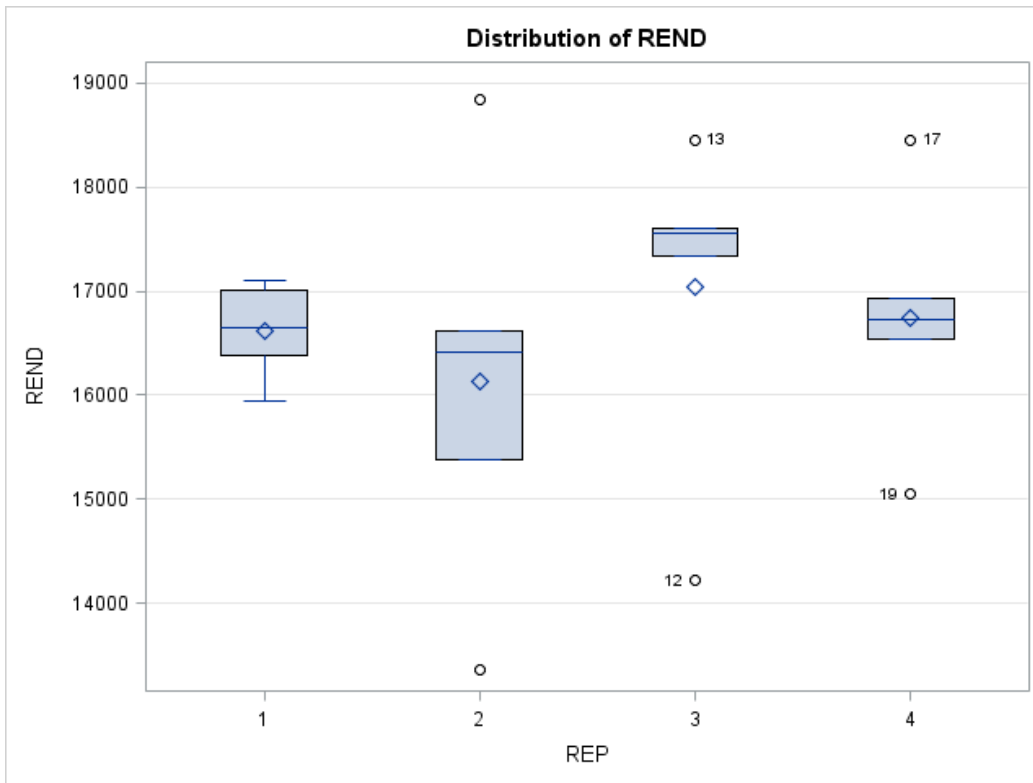
Source	DDL	Type I SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
REP	3	2154432.20	718144.07	0.74	0.5506
TRA	4	21642251.80	5410562.95	5.54	0.0092

Source	DDL	Type III SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
REP	3	2154432.20	718144.07	0.74	0.5506
TRA	4	21642251.80	5410562.95	5.54	0.0092

Contraste	DDL	SC contrastée	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
T2 VS T3	1	304590.125	304590.125	0.31	0.5867
T2 VS T4	1	613278.125	613278.125	0.63	0.4434
T2 VS T5	1	25651.125	25651.125	0.03	0.8739
T3 VS T4	1	1782272.000	1782272.000	1.83	0.2015



The GLM Procedure



The GLM Procedure

Test t de Waller-Duncan K-ratio pour REND

Note: This test minimizes the Bayes risk under additive loss and certain other assumptions.

Kratio	100
Degrés de liberté de l'erreur	12
Erreur quadratique moyenne	976079.5
Valeur F	0.74
Valeur critique de t	2.75919
Différence significative minimale	1724.1

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

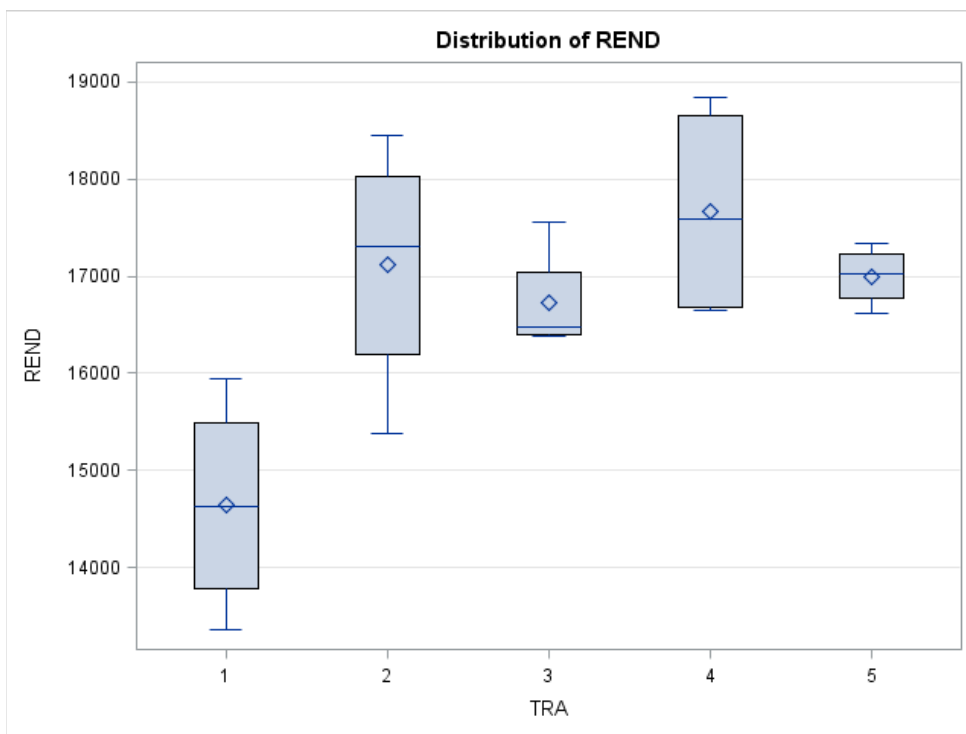
Waller Groupement	Moyenne	N	REP
A	17034.4	5	3
A			

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

Waller Groupement	Moyenne	N	REP
A	16743.0	5	4
A			
A	16617.4	5	1
A			
A	16125.6	5	2

Le Système SAS

The GLM Procedure



Le Système SAS

The GLM Procedure

Test t de Waller-Duncan K-ratio pour REND

Note: This test minimizes the Bayes risk under additive loss and certain other assumptions.

Kratio	100
Degrés de liberté de l'erreur	12
Erreur quadratique moyenne	976079.5
Valeur F	5.54

Valeur critique de t 2.25253

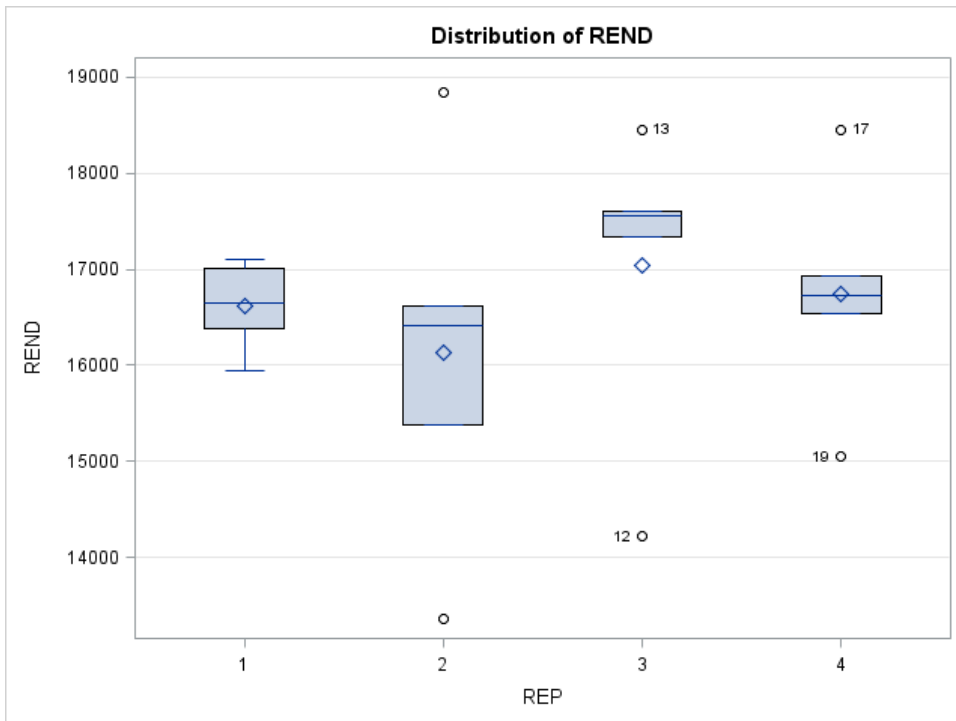
Différence significative minimale 1573.6

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

Waller Groupement	Moyenne	N	TRA
A	17668.3	4	4
A			
A	17114.5	4	2
A			
A	17001.3	4	5
A			
A	16724.3	4	3
B	14642.3	4	1

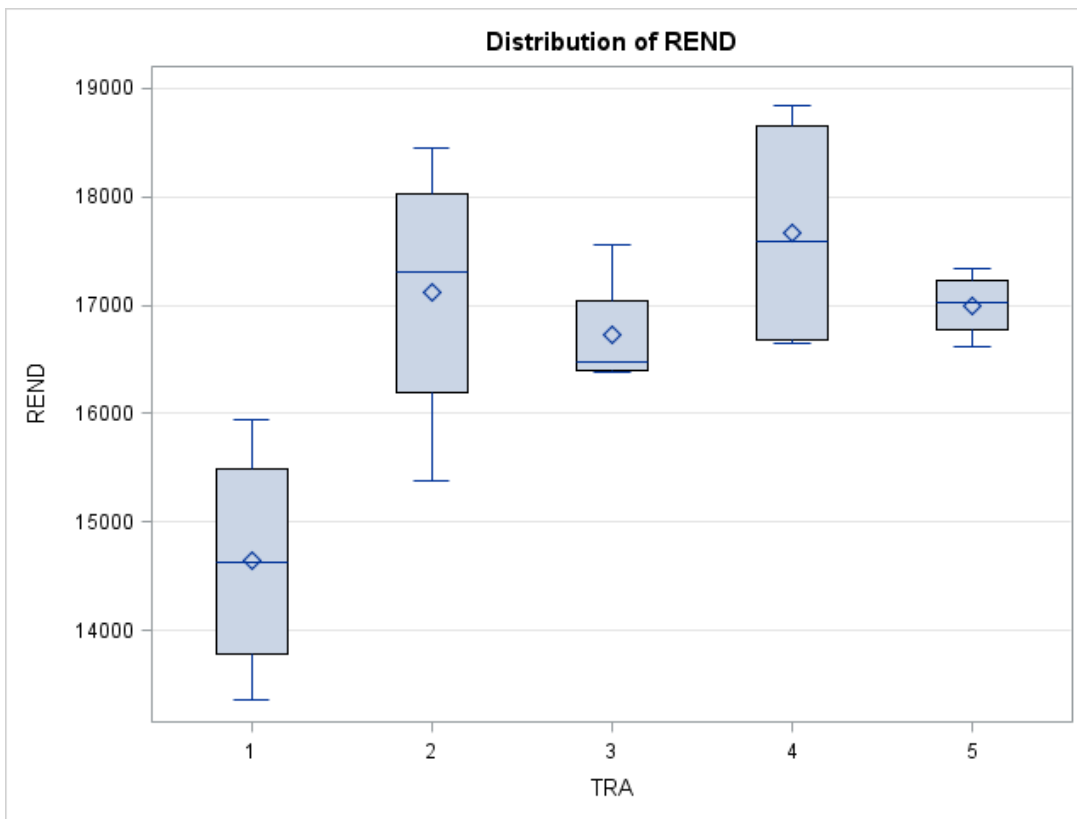
Le Système SAS

The GLM Procedure



Niveau de REP	N	REND Moyenne	REND Ecart-type
1	5	16617.4000	475.44327
2	5	16125.6000	1996.88615

Niveau de REP	N	REND	Moyenne	Ecart-type
3	5	17034.4000	1630.40066	
4	5	16743.0000	1211.19548	



Niveau de TRA	N	REND	Moyenne	Ecart-type
1	4	14642.2500	1107.36455	
2	4	17114.5000	1297.73405	
3	4	16724.2500	555.50420	
4	4	17668.2500	1145.52823	
5	4	17001.2500	302.11298	

Le Système SAS

Obs.	ANN	PRO	ESS	PAR	REP	TRA	TEE	PSP	EPIS	RATIO	GRAINS	REND
1	2017	433	8	101	1	3	391	6106	17830	843	15028	14244
2	2017	433	8	102	1	4	395	6182	17000	861	14639	13788
3	2017	433	8	103	1	1	359	6150	11060	829	9173	9152
4	2017	433	8	104	1	2	391	6070	17030	858	14604	13857
5	2017	433	8	105	1	5	394	6110	17600	863	15190	14326
6	2017	433	8	106	2	2	362	6373	16150	870	14058	13976
7	2017	433	8	107	2	5	369	6254	17580	875	15382	15110
8	2017	433	8	108	2	1	363	6135	11060	824	9115	9044
9	2017	433	8	109	2	4	360	6236	17610	873	15373	15322
10	2017	433	8	110	2	3	363	6268	15860	867	13748	13632
11	2017	433	8	111	3	5	364	6245	16910	895	15131	14988
12	2017	433	8	112	3	1	350	6151	10960	859	9411	9525
13	2017	433	8	113	3	4	358	6175	16680	868	14483	14478
14	2017	433	8	114	3	3	358	6206	17000	818	13914	13907
15	2017	433	8	115	3	2	363	6194	16010	879	14065	13941
16	2017	433	8	116	4	4	396	6100	16350	866	14158	13314
17	2017	433	8	117	4	2	391	6073	17060	849	14478	13738
18	2017	433	8	118	4	3	368	6162	16490	873	14404	14171
19	2017	433	8	119	4	1	354	6175	11510	883	10163	10220
20	2017	433	8	120	4	5	379	6134	16800	870	14622	14133

Le Système SAS

Procédure CORR

12 Variables : ANN PRO ESS PAR REP TRA TEE PSP EPIS RATIO GRAINS REND

Statistiques simples

Variable	N	Moyenne	Ecart-type	Somme	Minimum	Maximum
ANN	20	2017	0	40340	2017	2017
PRO	20	433.00000	0	8660	433.00000	433.00000
ESS	20	8.00000	0	160.00000	8.00000	8.00000
PAR	20	110.50000	5.91608	2210	101.00000	120.00000
REP	20	2.50000	1.14708	50.00000	1.00000	4.00000
TRA	20	3.00000	1.45095	60.00000	1.00000	5.00000
TEE	20	371.40000	15.65886	7428	350.00000	396.00000
PSP	20	6175	74.26019	123499	6070	6373
EPIS	20	15728	2411	314550	10960	17830

Statistiques simples

Variable	N	Moyenne	Ecart-type	Somme	Minimum	Maximum
RATIO	20	861.15000	19.79706	17223	818.00000	895.00000
GRAINS	20	13557	2158	271139	9115	15382
REND	20	13243	2001	264866	9044	15322

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 20
Proba > |r| sous H0: Rho=0

	ANN	PRO	ESS	PAR	REP	TRA	TEE	PSP	EPIS	RATIO	GRAINS	REND
ANN
PRO
ESS
PAR	.	.	.	1.00000	0.96946	0.00000	-0.25282	-0.09003	-0.07553	0.30355	-0.03754	0.00498
	.	.	.		<.0001	1.0000	0.2822	0.7058	0.7516	0.1932	0.8752	0.9834
REP	.	.	.	0.96946	1.00000	0.00000	-0.21976	-0.06704	-0.07262	0.31404	-0.03295	0.00438
	.	.	.	<.0001		1.0000	0.3519	0.7788	0.7609	0.1775	0.8903	0.9854
TRA	.	.	.	0.00000	0.00000	1.00000	0.37527	0.12065	0.75226	0.41776	0.77962	0.77264
	.	.	.	1.0000	1.0000		0.1030	0.6124	0.0001	0.0668	<.0001	<.0001
TEE	.	.	.	-0.25282	-0.21976	0.37527	1.00000	-0.55611	0.53912	-0.05250	0.50596	0.36895
	.	.	.	0.2822	0.3519	0.1030		0.0109	0.0142	0.8260	0.0228	0.1094
PSP	.	.	.	-0.09003	-0.06704	0.12065	-0.55611	1.00000	0.07981	0.34534	0.12676	0.23610
	.	.	.	0.7058	0.7788	0.6124	0.0109		0.7380	0.1359	0.5944	0.3163
EPIS	.	.	.	-0.07553	-0.07262	0.75226	0.53912	0.07981	1.00000	0.28354	0.99103	0.97305
	.	.	.	0.7516	0.7609	0.0001	0.0142	0.7380		0.2257	<.0001	<.0001
RATIO	.	.	.	0.30355	0.31404	0.41776	-0.05250	0.34534	0.28354	1.00000	0.40711	0.44518
	.	.	.	0.1932	0.1775	0.0668	0.8260	0.1359	0.2257		0.0748	0.0492
GRAINS	.	.	.	-0.03754	-0.03295	0.77962	0.50596	0.12676	0.99103	0.40711	1.00000	0.98831
	.	.	.	0.8752	0.8903	<.0001	0.0228	0.5944	<.0001	0.0748		<.0001
REND	.	.	.	0.00498	0.00438	0.77264	0.36895	0.23610	0.97305	0.44518	0.98831	1.00000
	.	.	.	0.9834	0.9854	<.0001	0.1094	0.3163	<.0001	0.0492	<.0001	

Informations sur les niveaux de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
REP	4	1 2 3 4
TRA	5	1 2 3 4 5

Number of Observations Read 20

Number of Observations Used 20

Le Système SAS

The GLM Procedure

Dependent Variable: REND

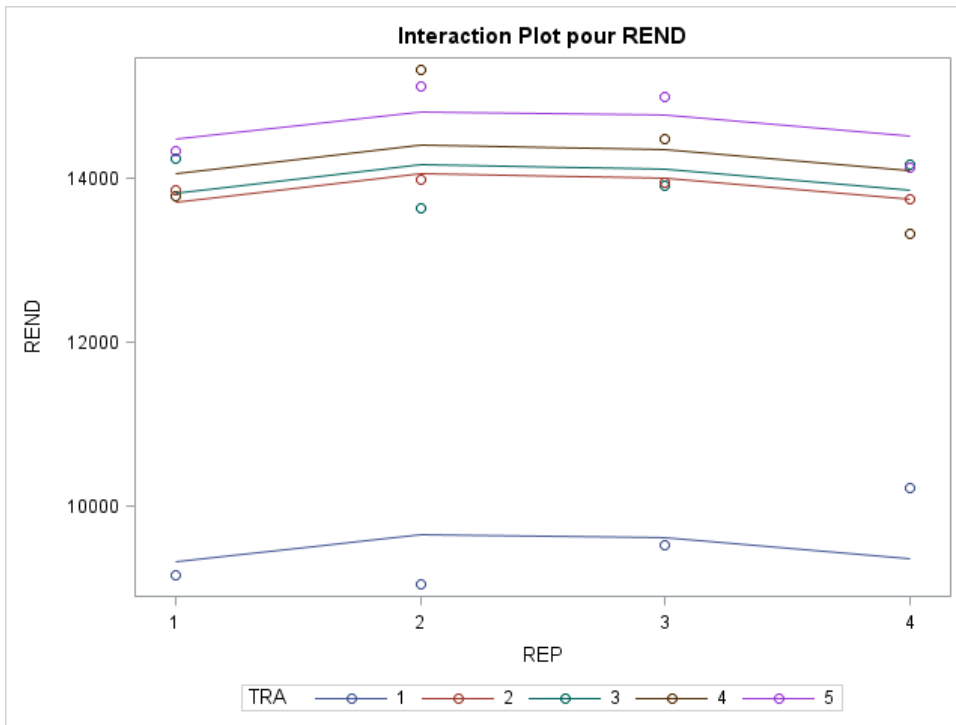
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
Model	7	72432391.30	10347484.47	34.07	<.0001
Error	12	3644692.90	303724.41		
Corrected Total	19	76077084.20			

r-carré	Coef de Var	Racine MSE	REND Moyenne
0.952092	4.161440	551.1120	13243.30

Source	DDL	Type I SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
REP	3	454390.60	151463.53	0.50	0.6901
TRA	4	71978000.70	17994500.18	59.25	<.0001

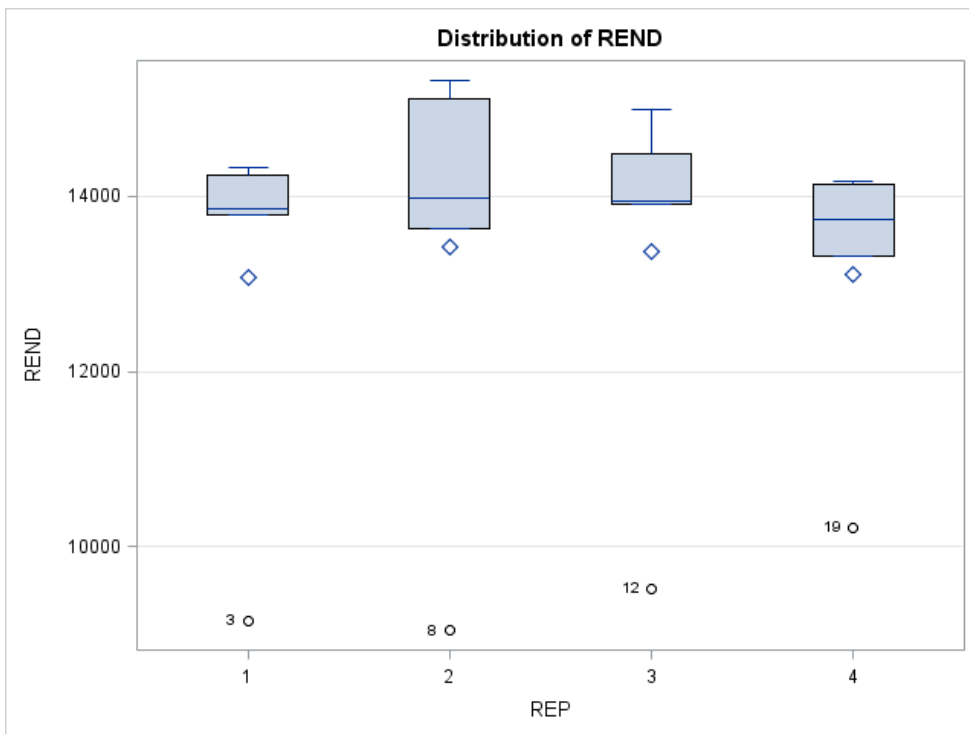
Source	DDL	Type III SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
REP	3	454390.60	151463.53	0.50	0.6901
TRA	4	71978000.70	17994500.18	59.25	<.0001

Contraste	DDL	SC contrastée	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
T2 VS T3	1	24420.500	24420.500	0.08	0.7816
T2 VS T4	1	241512.500	241512.500	0.80	0.3901
T2 VS T5	1	1159003.125	1159003.125	3.82	0.0745
T3 VS T4	1	112338.000	112338.000	0.37	0.5544



Le Système SAS

The GLM Procedure



Le Système SAS

The GLM Procedure

Test t de Waller-Duncan K-ratio pour REND

Note: This test minimizes the Bayes risk under additive loss and certain other assumptions.

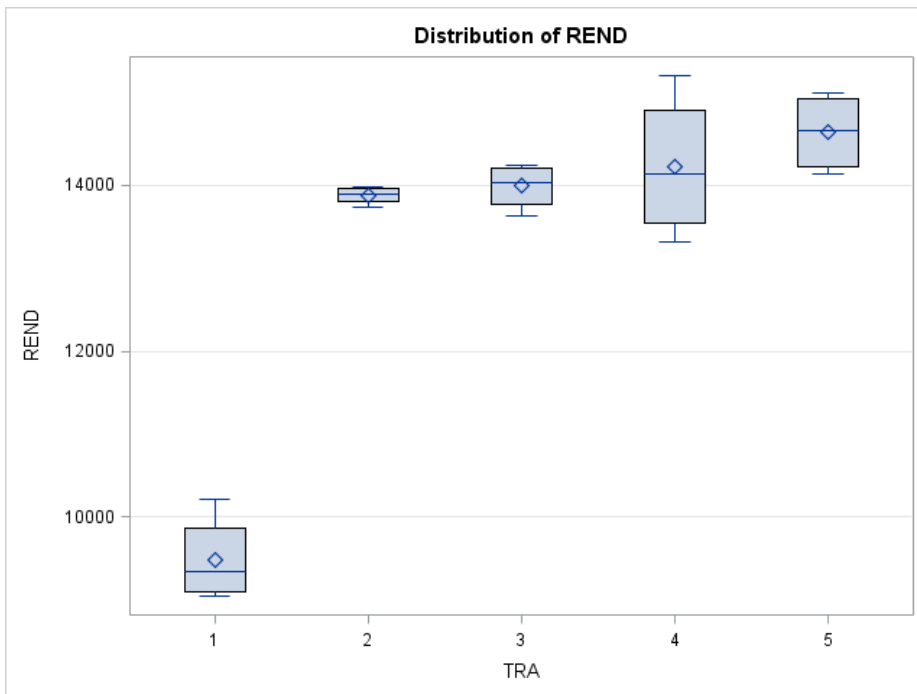
Kratio	100
Degrés de liberté de l'erreur	12
Erreur quadratique moyenne	303724.4
Valeur F	0.50
Valeur critique de t	2.81614
Différence significative minimale	981.58

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

Waller Groupement	Moyenne	N	REP
A	13416.8	5	2
A			
A	13367.8	5	3
A			
A	13115.2	5	4
A			
A	13073.4	5	1

Le Système SAS

The GLM Procedure



Le Système SAS

The GLM Procedure

Test t de Waller-Duncan K-ratio pour REND

Note: This test minimizes the Bayes risk under additive loss and certain other assumptions.

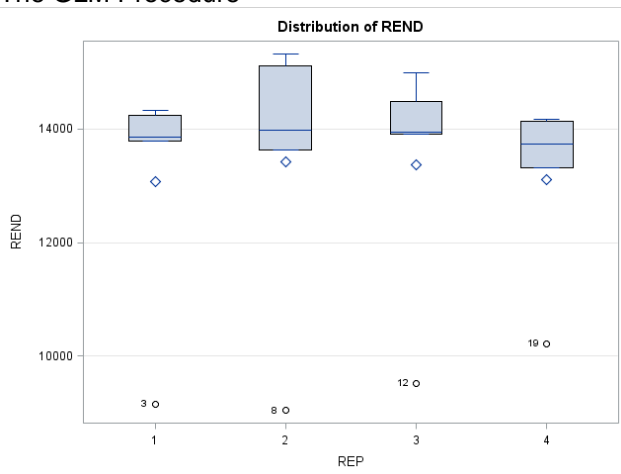
Kratio	100
Degrés de liberté de l'erreur	12
Erreur quadratique moyenne	303724.4
Valeur F	59.25
Valeur critique de t	1.99626
Différence significative minimale	777.93

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

Waller Groupement	Moyenne	N	TRA
A	14639.3	4	5
A			
A	14225.5	4	4
A			
A	13988.5	4	3
A			
A	13878.0	4	2
B	9485.3	4	1

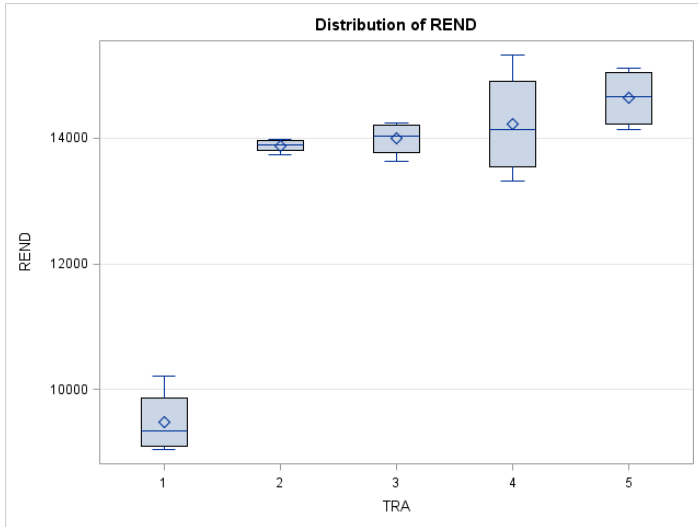
Le Système SAS

The GLM Procedure



Niveau de N REND

REP		Moyenne	Ecart-type
1	5	13073.4000	2204.61852
2	5	13416.8000	2548.38718
3	5	13367.8000	2193.39912
4	5	13115.2000	1655.31076



Niveau de TRA	N	REND	
		Moyenne	Ecart-type
1	4	9485.2500	531.411564
2	4	13878.0000	105.852098
3	4	13988.5000	278.281033
4	4	14225.5000	873.366475
5	4	14639.2500	482.233260

Obs.	ANN	PRO	ESS	PAR	REP	TRA	TEE	PSP	EPIS	RATIO	GRAINS	REND
1	2017	433	9	101	1	1	286	6138	5720	798	4564	5072
2	2017	433	9	102	1	4	318	6139	8550	810	6929	7356
3	2017	433	9	103	1	3	339	5998	9200	831	7645	7863
4	2017	433	9	104	1	2	323	6076	9200	825	7586	8002
5	2017	433	9	105	1	5	313	6023	10700	836	8944	9562
6	2017	433	9	106	2	2	313	6198	12900	849	10948	11706
7	2017	433	9	107	2	5	315	6177	12500	857	10715	11426
8	2017	433	9	108	2	1	293	6203	9050	828	7495	8253
9	2017	433	9	109	2	4	319	6180	11800	848	10008	10612
10	2017	433	9	110	2	3	314	6183	13900	859	11942	12750
11	2017	433	9	111	3	5	316	6182	13750	876	12051	12831
12	2017	433	9	112	3	1	287	6173	9200	783	7207	7996
13	2017	433	9	113	3	4	298	6188	14150	858	12146	13268
14	2017	433	9	114	3	3	292	6146	14800	864	12790	14091
15	2017	433	9	115	3	2	290	6121	13700	875	11989	13252
16	2017	433	9	116	4	4	292	6212	9400	841	7907	8722
17	2017	433	9	117	4	3	306	6184	13150	841	11061	11951
18	2017	433	9	118	4	2	304	6179	13200	842	11115	12040
19	2017	433	9	119	4	1	298	6185	8950	807	7219	7887
20	2017	433	9	120	4	5	322	6235	14900	863	12864	13572

12 Variables : ANN PRO ESS PAR REP TRA TEE PSP EPIS RATIO GRAINS REND

Statistiques simples

Variable	N	Moyenne	Ecart-type	Somme	Minimum	Maximum
ANN	20	2017	0	40340	2017	2017
PRO	20	433.00000	0	8660	433.00000	433.00000
ESS	20	9.00000	0	180.00000	9.00000	9.00000
PAR	20	110.50000	5.91608	2210	101.00000	120.00000
REP	20	2.50000	1.14708	50.00000	1.00000	4.00000
TRA	20	3.00000	1.45095	60.00000	1.00000	5.00000
TEE	20	306.90000	14.48011	6138	286.00000	339.00000

Statistiques simples

Variable	N	Moyenne	Ecart-type	Somme	Minimum	Maximum
PSP	20	6156	60.79733	123120	5998	6235
EPIS	20	11436	2608	228720	5720	14900
RATIO	20	839.55000	25.35532	16791	783.00000	876.00000
GRAINS	20	9656	2424	193125	4564	12864
REND	20	10411	2610	208212	5072	14091

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 20
Proba > |r| sous H0: Rho=0

	ANN	PRO	ESS	PAR	REP	TRA	TEE	PSP	EPIS	RATIO	GRAINS	REND
ANN
PRO
ESS
PAR	.	.	.	1.00000	0.96946	0.01839	-	0.57185	0.5442	0.3275	0.5273	0.5541
					<.0001	0.9386	0.32870	0.0084	5	3	1	5
							0.1571	0.0131	0.1586	0.0169	0.0112	
REP	.	.	.	0.96946	1.00000	0.00000	-	0.65356	0.4762	0.2687	0.4597	0.4890
				<.0001		1.0000	0.38341	0.0018	1	3	5	8
							0.0952	0.0338	0.2519	0.0414	0.0286	
TRA	.	.	.	0.01839	0.00000	1.00000	0.50352	-	0.4556	0.5693	0.4719	0.4353
				0.9386	1.0000		0.0236	0.01134	1	9	1	3
								0.9622	0.0435	0.0088	0.0357	0.0551
TEE	.	.	.	-	-	0.50352	1.00000	-	0.1378	0.2226	0.1407	0.0670
				0.32870	0.38341	0.0236		0.38059	3	4	6	3
				0.1571	0.0952			0.0978	0.5623	0.3454	0.5539	0.7789
PSP	.	.	.	0.57185	0.65356	-	-	1.00000	0.3323	0.1831	0.3236	0.3443
				0.0084	0.0018	0.01134	0.38059		1	4	8	1
						0.9622	0.0978		0.1523	0.4396	0.1639	0.1371
EPIS	.	.	.	0.54425	0.47621	0.45561	0.13783	0.33231	1.0000	0.8574	0.9981	0.9953
				0.0131	0.0338	0.0435	0.5623	0.1523	0	5	0	8
										<.0001	<.0001	<.0001
RATIO	.	.	.	0.32753	0.26873	0.56939	0.22264	0.18314	0.8574	1.0000	0.8854	0.8766
				0.1586	0.2519	0.0088	0.3454	0.4396	5	0	1	2
									<.0001		<.0001	<.0001

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 20
 Proba > |r| sous H0: Rho=0

	AN N	PR O	ES S	PAR	REP	TRA	TEE	PSP	EPIS	RATIO	GRAINS	REND
GRAINS	.	.	.	0.52731	0.45975	0.47191	0.14076	0.32368	0.99810	0.88541	1.00000	0.99704
	.	.	.	0.0169	0.0414	0.0357	0.5539	0.1639	<.0001	<.0001		<.0001
REND	.	.	.	0.55415	0.48908	0.43533	0.06703	0.34431	0.99538	0.87662	0.99704	1.00000
	.	.	.	0.0112	0.0286	0.0551	0.7789	0.1371	<.0001	<.0001	<.0001	

Le Système SAS

The GLM Procedure

Informations sur les niveaux de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
REP	4	1 2 3 4
TRA	5	1 2 3 4 5

Number of Observations Read 20

Number of Observations Used 20

Le Système SAS

The GLM Procedure

Dependent Variable: REND

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
Model	7	117006231.5	16715175.9	16.14	<.0001
Error	12	12428847.3	1035737.3		
Corrected Total	19	129435078.8			

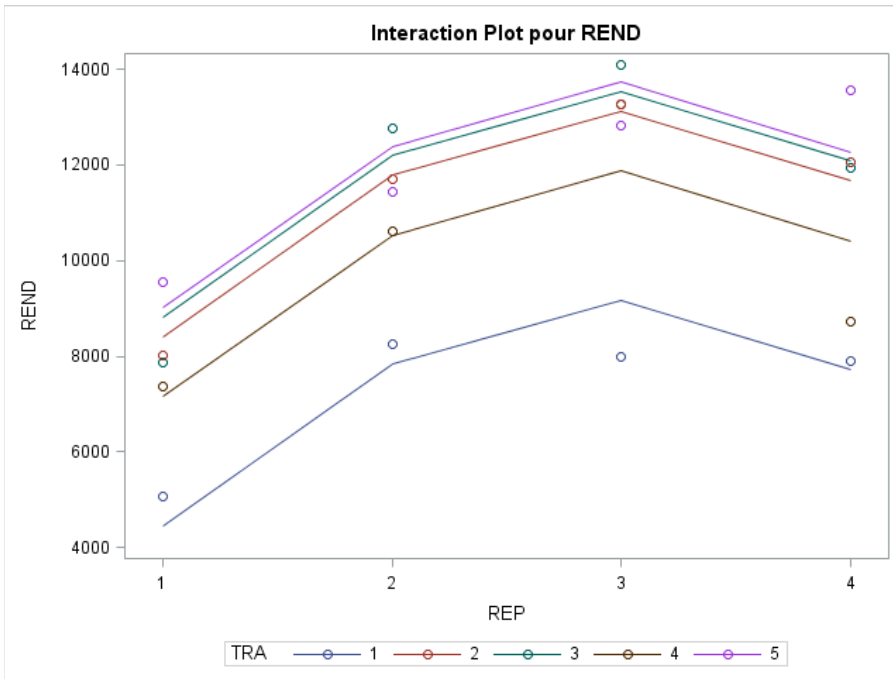
r-carré	Coef de Var	Racine MSE	REND Moyenne
0.903976	9.775727	1017.712	10410.60

Source	DDL	Type I SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
REP	3	60281845.20	20093948.40	19.40	<.0001
TRA	4	56724386.30	14181096.58	13.69	0.0002

Source	DDL	Type III SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
REP	3	60281845.20	20093948.40	19.40	<.0001
TRA	4	56724386.30	14181096.58	13.69	0.0002

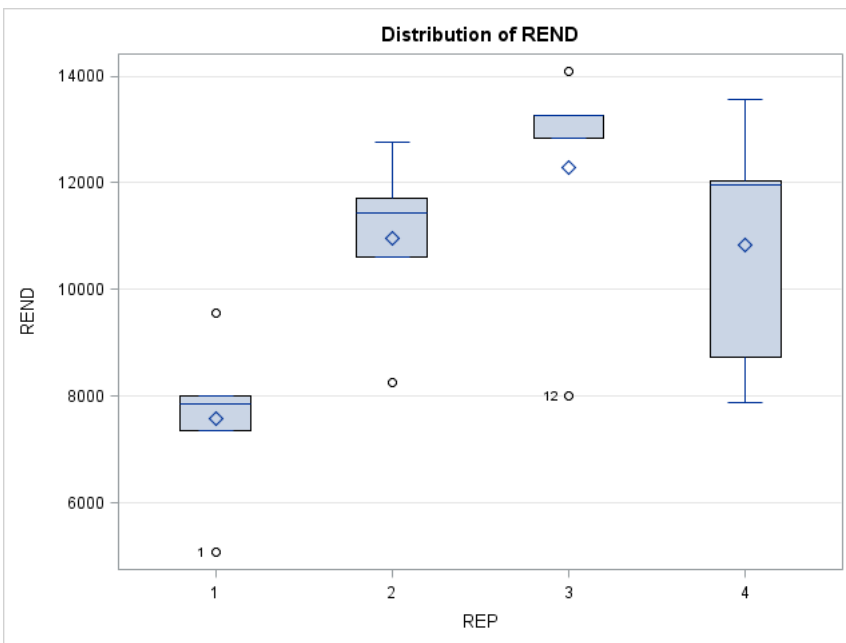
Contraste	DDL	SC contrastée	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
-----------	-----	---------------	---------------------	----------	--------

Contraste	DDL	SC contrastée	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
T2 VS T3	1	342378.125	342378.125	0.33	0.5759
T2 VS T4	1	3177720.500	3177720.500	3.07	0.1053
T2 VS T5	1	714610.125	714610.125	0.69	0.4224
T3 VS T4	1	5606226.125	5606226.125	5.41	0.0383



Le Système SAS

The GLM Procedure



Le Système SAS

The GLM Procedure

Test t de Waller-Duncan K-ratio pour REND

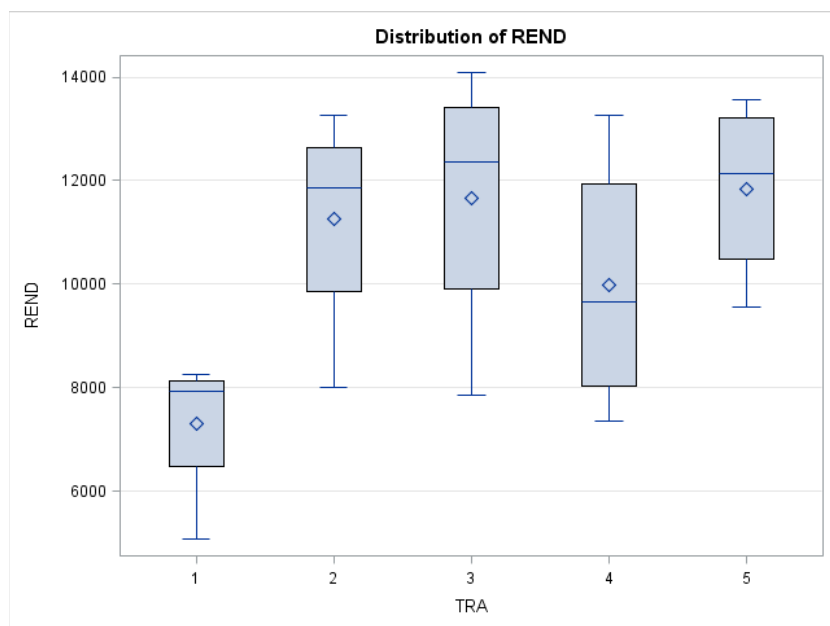
Note: This test minimizes the Bayes risk under additive loss and certain other assumptions.

Kratio	100
Degrés de liberté de l'erreur	12
Erreur quadratique moyenne	1035737
Valeur F	19.40
Valeur critique de t	2.04889
Différence significative minimale	1318.8

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

Waller Groupement	Moyenne	N	REP
A	12287.6	5	3
B	10949.4	5	2
B	10834.4	5	4
C	7571.0	5	1

The GLM Procedure



The GLM Procedure

Test t de Waller-Duncan K-ratio pour REND

Note: This test minimizes the Bayes risk under additive loss and certain other assumptions.

Kratio	100
Degrés de liberté de l'erreur	12
Erreur quadratique moyenne	1035737
Valeur F	13.69
Valeur critique de t	2.08299
Différence significative minimale	1499

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

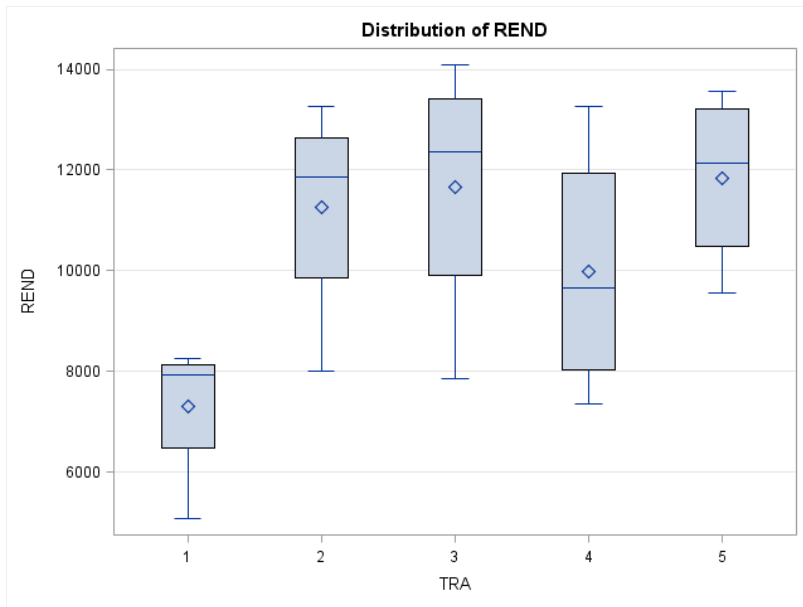
Waller	Groupement	Moyenne	N	TRA
	A	11847.8	4	5
	A			
	A	11663.8	4	3
	A			
B	A	11250.0	4	2
B				
B		9989.5	4	4
	C	7302.0	4	1

Le Système SAS

The GLM Procedure

«

Niveau de REP	N	REND	
		Moyenne	Ecart-type
1	5	7571.0000	«
2	5	10949.4000	1690.13041
3	5	12287.6000	2442.16181
4	5	10834.4000	2415.78772



Niveau de TRA		N	REND Moyenne	Ecart-type
1	4	4	7302.0000	1494.56370
2	4	4	11250.0000	2264.91678
3	4	4	11663.7500	2683.26261
4	4	4	9989.5000	2561.11610
5	4	4	11847.7500	1764.68550

Le Système SAS

Obs.	ANN	PRO	ESS	PAR	REP	TRA	TEE	PSP	EPIS	RATIO	GRAINS	REND
1	2017	433	10	101	1	1	293	6526	14050	947	13310	14662
2	2017	433	10	102	1	4	288	6516	16450	912	15007	16630
3	2017	433	10	103	1	3	294	6559	15850	887	14054	15447
4	2017	433	10	104	1	2	294	6544	16540	925	15294	16821
5	2017	433	10	105	1	5	294	6555	15990	890	14227	15650
6	2017	433	10	106	2	2	290	6570	17150	923	15828	17496
7	2017	433	10	107	2	5	295	6574	16900	923	15600	17123
8	2017	433	10	108	2	1	291	6459	15350	911	13984	15441
9	2017	433	10	109	2	4	287	6557	17100	906	15497	17195
10	2017	433	10	110	2	3	301	6560	16970	927	15737	17125
11	2017	433	10	111	3	3	301	6535	14700	912	13405	14584
12	2017	433	10	112	3	1	307	6453	12600	933	11762	12700
13	2017	433	10	113	3	4	286	6558	15450	909	14045	15622
14	2017	433	10	114	3	5	289	6415	17100	880	15051	16655
15	2017	433	10	115	3	2	291	6599	16350	904	14775	16314
16	2017	433	10	116	4	4	295	6566	15900	905	14384	15795
17	2017	433	10	117	4	3	302	6552	17700	893	15802	17167
18	2017	433	10	118	4	2	288	6519	16650	904	15048	16675
19	2017	433	10	119	4	1	301	6496	15900	859	13663	14862
20	2017	433	10	120	4	5	292	6578	15730	898	14123	15562

Le Système SAS

Procédure CORR

12 Variables : ANN PRO ESS PAR REP TRA TEE PSP EPIS RATIO GRAINS REND

Statistiques simples

Variable	N	Moyenne	Ecart-type	Somme	Minimum	Maximum
ANN	20	2017	0	40340	2017	2017
PRO	20	433.00000	0	8660	433.00000	433.00000
ESS	20	10.00000	0	200.00000	10.00000	10.00000
PAR	20	110.50000	5.91608	2210	101.00000	120.00000
REP	20	2.50000	1.14708	50.00000	1.00000	4.00000
TRA	20	3.00000	1.45095	60.00000	1.00000	5.00000
TEE	20	293.95000	5.76263	5879	286.00000	307.00000
PSP	20	6535	46.87663	130691	6415	6599

Statistiques simples

Variable	N	Moyenne	Ecart-type	Somme	Minimum	Maximum
EPIS	20	16022	1199	320430	12600	17700
RATIO	20	907.40000	20.00105	18148	859.00000	947.00000
GRAINS	20	14530	1038	290596	11762	15828
REND	20	15976	1185	319526	12700	17496

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 20
 Proba > |r| sous H0: Rho=0

	ANN	PRO	ESS	PAR	REP	TRA	TEE	PSP	EPIS	RATIO	GRAINS	REND
ANN
PRO
ESS
PAR	.	.	.	1.00000	0.96946	0.05518	0.17677	-0.03995	0.10237	-0.49906	-0.04592	-0.06559
					<.0001	0.8173	0.4560	0.8672	0.6676	0.0251	0.8476	0.7835
REP	.	.	.	0.96946	1.00000	0.00000	0.21896	-0.06215	0.03311	-0.41063	-0.09339	-0.11520
				<.0001		1.0000	0.3537	0.7946	0.8898	0.0721	0.6953	0.6287
TRA	.	.	.	0.05518	0.00000	1.00000	-0.32103	0.26387	0.41907	-0.25753	0.36888	0.38516
				0.8173	1.0000		0.1676	0.2609	0.0659	0.2730	0.1095	0.0935
TEE	.	.	.	0.17677	0.21896	-0.32103	1.00000	-0.13004	-0.37634	0.04767	-0.38815	-0.47891
				0.4560	0.3537	0.1676		0.5848	0.1020	0.8418	0.0908	0.0327
PSP	.	.	.	-0.03995	-0.06215	0.26387	-0.13004	1.00000	0.32564	0.13717	0.39551	0.38994
				0.8672	0.7946	0.2609	0.5848		0.1612	0.5641	0.0843	0.0892
EPIS	.	.	.	0.10237	0.03311	0.41907	-0.37634	0.32564	1.00000	-0.35033	0.95772	0.95214
				0.6676	0.8898	0.0659	0.1020	0.1612		0.1299	<.0001	<.0001
RATIO	.	.	.	-0.49906	-0.41063	-0.25753	0.04767	0.13717	-0.35033	1.00000	-0.06662	-0.06453
				0.0251	0.0721	0.2730	0.8418	0.5641	0.1299		0.7802	0.7869
GRAINS	.	.	.	-0.04592	-0.09339	0.36888	-0.38815	0.39551	0.95772	-0.06662	1.00000	0.99488
				0.8476	0.6953	0.1095	0.0908	0.0843	<.0001	0.7802		<.0001
REND	.	.	.	-0.06559	-0.11520	0.38516	-0.47891	0.38994	0.95214	-0.06453	0.99488	1.00000
				0.7835	0.6287	0.0935	0.0327	0.0892	<.0001	0.7869	<.0001	

Informations sur les niveaux de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
REP	4	1 2 3 4
TRA	5	1 2 3 4 5

Number of Observations Read 20

Number of Observations Used 20

Le Système SAS

The GLM Procedure

Dependent Variable: REND

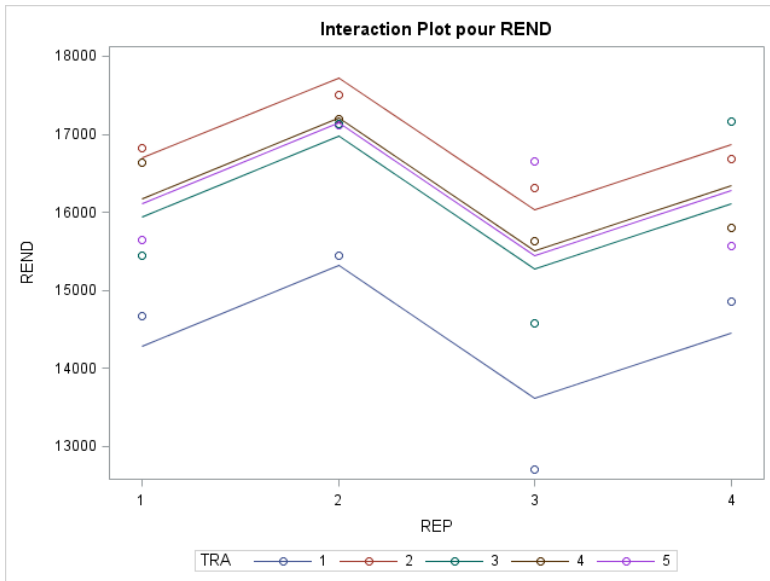
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
Model	7	20765315.10	2966473.59	6.00	0.0035
Error	12	5930209.10	494184.09		
Corrected Total	19	26695524.20			

r-carré	Coef de Var	Racine MSE	REND Moyenne
0.777858	4.400157	702.9823	15976.30

Source	DDL	Type I SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
REP	3	7354335.40	2451445.13	4.96	0.0182
TRA	4	13410979.70	3352744.93	6.78	0.0043

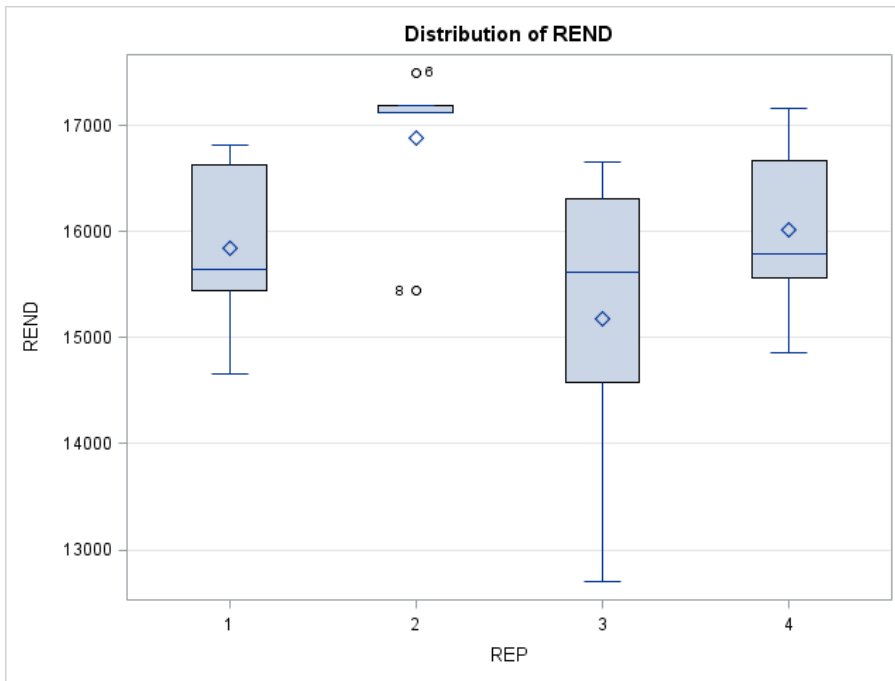
Source	DDL	Type III SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
REP	3	7354335.40	2451445.13	4.96	0.0182
TRA	4	13410979.70	3352744.93	6.78	0.0043

Contraste	DDL	SC contrastée	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
T2 VS T3	1	1112286.125	1112286.125	2.25	0.1594
T2 VS T4	1	532512.000	532512.000	1.08	0.3197
T2 VS T5	1	670482.000	670482.000	1.36	0.2667
T3 VS T4	1	105570.125	105570.125	0.21	0.6522



Le Système SAS

The GLM Procedure



Le Système SAS

The GLM Procedure

Test t de Waller-Duncan K-ratio pour REND

Note: This test minimizes the Bayes risk under additive loss and certain other assumptions.

Kratio	100
Degrés de liberté de l'erreur	12
Erreur quadratique moyenne	494184.1

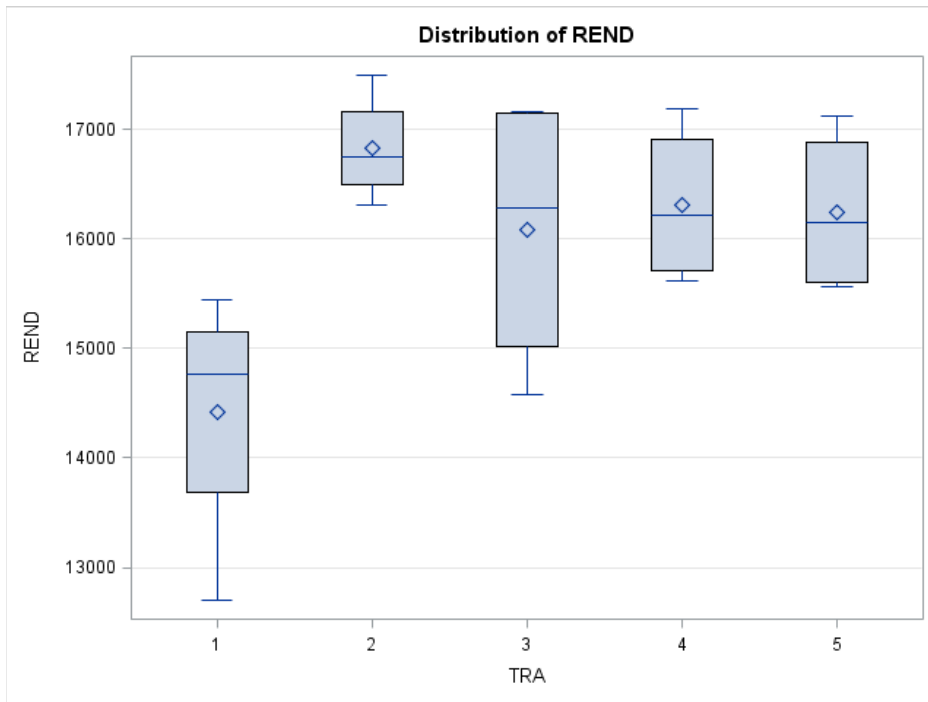
Valeur F 4.96
 Valeur critique de t 2.27096
 Différence significative minimale 1009.7

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

Waller Groupement	Moyenne	N	REP
A	16876.0	5	2
A			
B	16012.2	5	4
B			
B	15842.0	5	1
B			
B	15175.0	5	3

Le Système SAS

The GLM Procedure



Le Système SAS

The GLM Procedure

Test t de Waller-Duncan K-ratio pour REND

Note: This test minimizes the Bayes risk under additive loss and certain other assumptions.

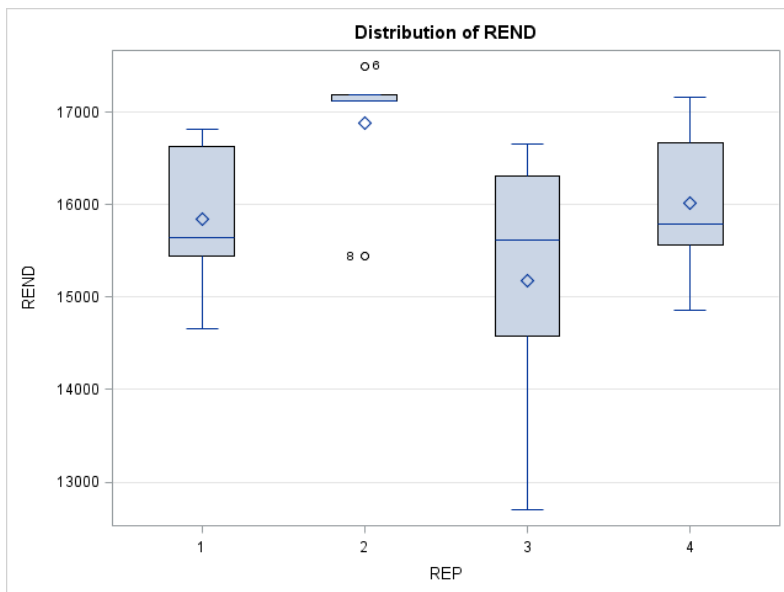
Degrés de liberté de l'erreur 12
Erreur quadratique moyenne 494184.1
Valeur F 6.78
Valeur critique de t 2.20223
Différence significative minimale 1094.7

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

Waller Groupement	Moyenne	N	TRA
A	16826.5	4	2
A			
A	16310.5	4	4
A			
A	16247.5	4	5
A			
A	16080.8	4	3
B	14416.3	4	1

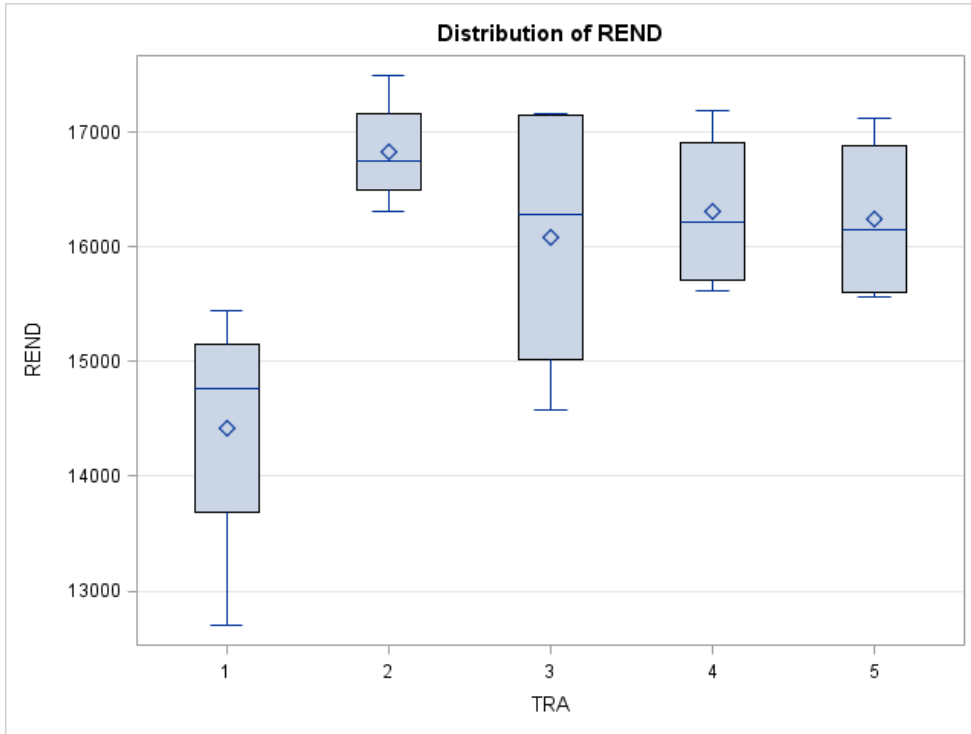
Le Système SAS

The GLM Procedure



Niveau de REP	N	REND Moyenne	Ecart-type
1	5	15842.0000	889.47653
2	5	16876.0000	816.76129
3	5	15175.0000	1593.92879

Niveau de REP	N	REND	Moyenne	Ecart-type
4	5	16012.2000	914.56039	



Niveau de TRA	N	REND	Moyenne	Ecart-type
1	4	14416.2500	1190.89781	
2	4	16826.5000	494.59377	
3	4	16080.7500	1279.62192	
4	4	16310.5000	735.79730	
5	4	16247.5000	765.82700	

ANNEXE V

Méthode d'application de l'azote

Le volume d'azote 32% nécessaire pour fertiliser un rang d'une longueur de 12 mètres (longueur d'une parcelle) a été calculé de la façon suivante pour chaque traitement :

Formule pour calculer le volume d'engrais à mettre dans une bouteille pour obtenir le volume nécessaire pour fertiliser un rang de 12 mètre :

$$\frac{\text{Dose d'azote} \times \text{Concentration de l'engrais} \times \text{Surface fertilisée}}{\text{Densité de l'engrais}} =$$

Exemple pour la fertilisation à V10 pour le traitement T3 pour le site N8 :

$$\frac{58 \text{ kg d'azote}}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ L d'engrais}}{1,32 \text{ kg d'engrais}} \times \frac{100 \text{ kg d'engrais}}{32 \text{ kg d'azote}} \times \frac{1000 \text{ ml d'engrais}}{\text{L d'engrais}} \times \frac{12 \text{ m} \times 0,76 \text{ m}}{\text{rang}} \times \frac{1 \text{ ha}}{10\,000 \text{ m}^2} = 125 \text{ ml/rang}$$

De petites bouteilles comme celle photographiée à la Figure 2 ont été utilisées pour fertiliser chaque rang de chaque parcelle. Le volume nécessaire pour fertiliser un rang de 12 mètres pour un traitement donné a été mesuré avec de l'eau dans un cylindre gradué. L'eau était versée dans la bouteille et, à l'aide d'un marqueur à encre permanente, la hauteur d'eau (correspondant au volume d'engrais nécessaire pour fertiliser 1 rang de maïs de 12 m de long pour un traitement donné) a été tracée avec minutie. Au champ, l'azote était versé dans la bouteille avant de fertiliser chaque rang.



Figure 2. Modèle de bouteille utilisée pour fertiliser un rang de 12 mètres de maïs. La ligne noire indique le volume d'engrais à appliquer. Le volume a été mesuré préalablement à l'aide d'un cylindre gradué.

Pour le traitement à V6, l'engrais liquide a été appliqué de façon à imiter l'application d'engrais normalement faite avec l'équipement utilisé à ce stade (incorporé). Un opérateur creusait un sillon près du rang de maïs à fertiliser à l'aide d'une bêche à jardin (voir Figure 3). L'engrais était ensuite placé dans le sillon puis le sillon était refermé toujours à l'aide de la bêche à jardin.



Figure 3. L'engrais placé au stade V6 était incorporé.

Le placement de l'engrais au stade V10 de façon à imiter l'application faite par le dispositif Y-drop (voir Figure 4). L'engrais était placé près du rang de maïs et laissé en surface comme c'est le cas avec les dispositifs Y-drop. La seule distinction est que, dans les parcelles du projet, le maïs recevait de l'azote d'un seul côté au lieu de deux côtés comme c'est le cas avec le Y-Drop.



Image de l'application d'engrais réalisée dans les parcelles du projet pour imiter l'application faite par le Y-drop.



Image de l'application d'engrais réalisé par le Y-Drop (source : http://www.agrocentre.qc.ca/blogue/la-quete-du-rendement-2016/les-entreprises-cerealieres-daoust/?ancre=observation_69&tk=1471985557)

Figure 4. Placement de l'engrais effectué dans les parcelles (à gauche) imitant l'application réalisée par le dispositif Y-drop (à droite).

Parfois, spécialement au stade V10, la quantité d'engrais à placer était très petite de sorte qu'il était difficile de bien l'étendre uniformément d'un bout à l'autre du rang. Dans ce cas, une fois la quantité d'engrais à appliquer mesurée, une quantité d'eau était ajoutée dans la bouteille, le couvercle refermé et la solution bien agitée pour assurer un bon mélange de la solution. Le fait d'avoir un plus grand volume à appliquer rendait une application uniforme plus facile à réaliser. À noter que le premier rang qui était fertilisé pour chaque parcelle était un des deux rangs de bordure de la parcelle. Cependant, le rang récolté était toujours l'un des deux du centre. Ainsi, le premier rang pouvait permettre à la personne qui appliquait l'engrais de se pratiquer et de s'ajuster pour faire une application plus uniforme dans les deux rangs du centre.

ANNEXE VI

Budgets partiels par site

Les budgets partiels (tableaux 4 à 7) ont été établis pour chaque site selon les rendements obtenus et à partir des coûts moyens suivants :

- Coût de l'azote : 1.34\$/kg de N ce qui donne 2148\$ pour 1000 gallons US de 32%
- Prix de l'application d'azote par Y-Drop à forfait : 27\$/ha
- Coût du séchage à 10\$/t
- Frais de mise en marché : 1,30\$/t; et frais de transport = 10,20\$/t
- Coût d'une recommandation SCAN de 140\$ pour 186 ha (moyenne des superficies en maïs sur les fermes membres du Groupe ProConseil ayant participé à l'Analyse de groupe Grandes Cultures en 2016).

Tableau 5. Budget partiel pour chacun des traitements pour le site N7.

Traitement	T2	T3	T4
Rendements (kg/ha)	17114.5	16724.3	17668.3
Agri-investissement & Agri-Qc		-3.20	4.54
Revenus supplémentaires \$/ha)	0	-79.28	112.53
Coûts supplémentaires (\$/ha)			
Coût de la dose	0	0.00	-20.10
Coût d'application	0	27.00	27.00
Frais de séchage	0	-3.90	5.54
Frais de transport + mise en marché	0	-4.49	6.37
2e recommandation	0	0.75	0.75
Total des coûts	0	19.36	19.56
Profit des traitements selon T2	0	-98.64	92.97

Tableau 6. Budget partiel pour chacun des traitements pour le site N8.

Traitement	T2	T3	T4
Rendements (kg/ha)	13878	13988.5	14225.5
Agri-investissement & Agri-Qc		0.90	2.85
Revenus supplémentaires \$/ha)	0	22.45	70.61
Coûts supplémentaires (\$/ha)			
Coût de la dose	0	0.00	-20.10
Coût d'application	0	27.00	27.00
Frais de séchage	0	1.11	3.48
Frais de transport + mise en marché	0	1.27	4.00
2e recommandation	0	0.75	0.75
Total des coûts	0	30.12	15.12
Profit des traitements selon T2	0	-7.67	55.49

Tableau 7. Budget partiel pour chacun des traitements pour le site N9.

Traitement	T2	T3	T4
Rendements (kg/ha)	11250	11663.8	9989.5
Agri-investissement & Agri-Qc		3.39	-10.32
Revenus supplémentaires \$/ha)	0	84.08	-256.12
Coûts supplémentaires (\$/ha)			
Coût de la dose	0	0.00	-67.00
Coût d'application	0	27.00	0.00
Frais de séchage	0	4.14	-12.61
Frais de transport + mise en marché	0	4.76	-14.50
2e recommandation	0	0.75	0.00
Total des coûts	0	36.65	-94.10
Profit des traitements selon T2	0	47.43	-162.02

Tableau 8. Budget partiel pour chacun des traitements pour le site N10.

Traitement	T2	T3	T4
Rendements (kg/ha)	16826.5	16080.8	16310.5
Agri-investissement & Agri-Qc		-6.11	-4.23
Revenus <u>supplémentaires</u> \$/ha)	0	-151.52	-104.85
Coûts <u>supplémentaires</u> (\$/ha)			
Coût de la dose	0	0.00	20.10
Coût d'application	0	27.00	27.00
Frais de séchage	0	-7.46	-5.16
Frais de transport + mise en marché	0	-8.58	-5.93
2e recommandation	0	0.75	0.75
Total des coûts	0	11.72	36.75
Profit des traitements selon T2	0	-163.23	-141.60

ANNEXE VII

Estimation de la réduction potentielle des émissions de GES

La méthode de calcul est celle utilisée dans le rapport de Gasser et al. (2014)².

Le tableau 1 présente les facteurs d'émission utilisés. Le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) pour l'oxyde nitreux (N₂O) est de 298 d'équivalent CO₂ dans le dernier Rapport d'inventaire national des sources et puits de GES (Environnement Canada, 2015). Le facteur de conversion de kg de N-N₂O à kg de N₂O est de 44/28.

Tableau 9. Facteurs d'émission utilisés pour estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) (adapté de Gasser et al. 2014)

	Facteurs d'émission		
	kg de N-N ₂ O/kg N	kg éq. CO ₂ /kg N	kg CO ₂ /ha
Dénitrification de l'azote	0.017	7.96	
Volatilisation et lessivage de l'azote	0.0085	3.98	
Carburant épandage d'engrais			4.91
Fabrication engrais		3.81	

Tableau 10. Réduction potentielles des émissions de GES du T4 versus T2 pour le site N7.

	Dose d'azote (kg N/ha)	kg éq. CO ₂ /ha				Total
		Dénitrification	Volatilisation et lessivage	Carburant épandage d'engrais	Fabrication engrais	
T2	216	1720	860	5	823	3407
T4	201	1600	800	10	766	3176
Différence (T4-T2)	-15	-119	-60	+5	-57	-231

Tableau 11. Réduction potentielles des émissions de GES du T4 versus T2 pour le site N8.

	Dose d'azote (kg N/ha)	kg éq. CO ₂ /ha				Total
		Dénitrification	Volatilisation et lessivage	Carburant épandage d'engrais	Fabrication engrais	
T2	226	1799	900	0	861	3560
T4	211	1680	840	10	804	3333
Différence (T4-T2)	-15	-119	-60	+10	-57	-226

² Gasser, M.-O., S. Martel, M.-H. Perron et C. Dufour-L'Arrivée. 2014. *Réduire les apports en azote et les émissions de GES en incorporant rapidement les lisiers en présemis des cultures annuelles*. Rapport final déposé au MAPAQ en vertu du programme Prime-Vert, sous-volet 8.4. Agrinova, Québec. 23 p. + annexe.