Ste Livrade/Lot

RAPPORT D'EXPERIMENTATION ESSAI/ACTION/PROJET N° 01957 « CONDUITE CLIMATIQUE ET FERTILISATION AZOTEE D'UNE CULTURE D'AUBERGINE DANS UNE SERRE EQUIPEE D'UN FILET»

Essai rattaché au projet : OPTIPA

Action :
Réalisé par : Henri CLERC
Ste Livrade, le 25/11/2020

Rédaction
Henri CLERC
Animateur filière Aubergine/Poivron/Melon

Relecture
Fanny THIERY
Chef de projet Fraise

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'ALIMENTATION DE LA PÊCHE DE LA RURALITÉ ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale "Développement agricole et rural"

FranceAgriMer

La responsabilité du ministère chargé de l'agriculture ne saurait être engagée

Résumé et conclusion

L'essai a été conduit sur une culture d'aubergine hors sol conduite en hors-gel et a comparé trois modalités :

- Une modalité de fertilisation azotée normale conduite dans un compartiment équipé du filet Ultra-R de Texinov (maille de 230*720µm) ainsi que de 2 ventilateurs V-Flofan
- Une modalité de fertilisation azotée réduite conduite dans ce même compartiment avec filet + ventilateurs pour limiter la croissance des plantes induite par la modification du climat avec le filet.
- Une modalité de fertilisation normale conduite dans un compartiment sans filet ni ventilateurs

Les conditions du printemps 2020 ont été relativement favorables à la croissance des plantes avec des périodes chaudes fin mai et fin juin. En juillet et août nous enregistrons des périodes caniculaires.

Les compartiments sont équipés de brumisation ce qui a bien aidé à la gestion du climat et au confort des plantes lors des épisodes caniculaires.

Pour la comparaison de 2 niveaux de fertilisation azotée :

Le protocole de l'essai de réduction de la fertilisation azotée a été bien respecté en remplaçant les ions nitrates par des ions chlorures et en gardant les mêmes apports pour les autres éléments et les mêmes Ec. **Nous notons qu'avec la fertilisation réduite en nitrates nous avons**:

- **Une limitation de la hauteur des plantes** comme recherché
- Une baisse de la vigueur en tête
- Une légère baisse des rendements mais non significative statistiquement
- Une baisse de la qualité des fruits observée lors des tests de conservation
- Un léger surcoût évalué à 300€/ha

Soit un bilan assez peu favorable à l'application d'une baisse de la fertilisation azotée

Pour la comparaison filet / sans filet, nous confirmons qu'avec le filet, nous obtenons :

- Une absence de différence notable en température malgré un ressenti plus chaud sous le filet dû sûrement à une hygrométrie plus élevée
- Des plantes plus hautes
- Une légère baisse de rendement non significative statistiquement
- Une meilleure qualité des fruits observée lors des tests de conservation

La pose d'un filet a globalement peu d'impacts négatifs sur les résultats techniques de la culture, ce qui confirme nos résultats de 2019.

Mots-clefs : Filet, climat aubergine et fertilisation azotée, développement et production

Contenu

Résumé et conclusion 2
Contenu 3
Introduction 4
Chapeau 4
Contexte 4
Objectifs 4
Matériel et méthode 4
Modalités testées 5
Conduite de l'essai 5
Résultats 7
Résultats généraux 7
1 / Climat dans les compartiments: 7
2/ Respect du protocole de l'essai fertilisation conduit sous filet (analyses laboratoire Gestasol) 9
3/ Notations de plante 11
4/ Suivi sève des plantes 15
5/ Rendement, qualité et poids moyen 16
6/ Tenue post récolte 19
7/ Coût partiel 20
Annexes 21
Listing sorties statistiques 21

Introduction

Chapeau

« Peut-on limiter l'emballement végétatif des plantes conduites dans une serre équipée d'un filet anti-insectes sur les ouvrants et de ventilateurs brasseurs d'air, par une réduction des apports azotés? » est la question à laquelle Invenio a voulu répondre dans cet essai.

Contexte

Thématique : Physiologie

En aubergine le contrôle des ravageurs et en particulier des punaises phytophages est rendu de plus en plus délicat avec l'interdiction des néonicotinoïdes et en particulier de l'acétamipride depuis septembre 2018 qui avait une efficacité secondaire intéressante sur ces ravageurs.

La pose de filet a montré son efficacité pour contrôler différents ravageurs en fonction de la taille des mailles du filet (essais Invenio 2017, 2018 et 2019 sur tunnel 5m et 8m). Mais dans notre région, des problèmes de gestion climatique de ces abris équipés de filet sont notés : augmentation des températures et des hygrométries par manque de ventilation naturelle de l'abri, avec des répercutions sur le comportement des plantes au niveau de leur croissance et de leur équilibre génératif/végétatif. C'est une des raisons qui limite l'adoption de cette technique par les producteurs dans notre région.

La réduction des apports azotés peut permettre de limiter l'emballement végétatif des plantes.

Objectifs

- L'objectif est de comparer 2 niveaux de fertilisation azotée sur les différents critères de croissance et de production des cultures et de comparer un compartiment avec filet + ventilateur avec un compartiment sans filet.
- Cadre de l'étude : Aubergine hors sol en plantation semi-précoce non chauffée

Matériel et méthode

Modalités testées

Essai à 2 facteurs et 3 modalités:

- NF 14 = Fertilisation azotée normale avec filet : compartiment équipé de filet (Ultra-R de Texinov – maille de 230*740 µm) posé à plat sur l'ouverture de l'ouvrant + 2 ventilateurs brasseurs d'air V-Flofan 6D40 (Multifan) pour un compartiment de 400m² + fertilisation normale
- RF 14 = Fertilisation azotée réduite avec filet : compartiment équipé de filet (Ultra-R de Texinov – maille de 230*740µm) posé à plat sur l'ouverture de l'ouvrant + 2 ventilateurs brasseurs d'air V-Flofan 6D40 (Multifan) pour un compartiment de 400m² + fertilisation azotée réduite mais avec même conductivité d'apport que fertilisation normale
- NSF 15 = Fertilisation azotée normale sans filet : compartiment témoin sans filet ni ventilateurs + fertilisation azotée normale

Consignes de fertilisation azotée et d'Ec prévues

	Floraison		Début production		Plein production	
	N normal	**N réduit**	**N normal**	**N réduit**	**N normal**	**N réduit**
NO3	16.6	13.0	16.6	13	11.4	9.1
Ec	2.7	2.7	2.5	2.5	2.3	2.3

Conduite de l'essai

Le dispositif expérimental

Site d'implantation : Essai mis en place en double paroi gonflable sur la station à Ste Livrade/Lot.
- **Date de plantation :** S 11 (2019)
- Dispositif expérimental : Un demi-compartiment par modalité avec des contrôles de pesées effectuées sur 4 placettes de 9 plantes par modalité.
- Observations et mesures :

- **Solutions**
  - Analyses minérales en labo des apports - drains (début floraison 30/03 – 20/04 – récolte 11/05 – pleine récolte 25/05 – pleine récolte 8/06 – pleine récolte 29/06 – 20/07 – 10/08 – 31/08 - fin de récolte 21/09) sur les 3 modalités
- **Plante :**
  - Mesure de la hauteur et du stade des plantes tous les 15 jours (sur 4 répétitions de 3 plantes repérées et qui se suivent par modalité)

- Mesure de la taille des jeunes feuilles adultes et du diamètre de tige (15 à 20cm sous l'apex) sur un bras dominant aux mêmes périodes que les analyses (sur 4 rep repérées de 3 plantes qui se suivent par modalité)

- **Fruits :**
  - Suivi des récoltes sur 4 répétitions de 9 plantes par modalité : poids, calibre, % de cat I et II, Poids moyen

Les conditions de culture

- Itinéraire technique
  - Variété Monarca greffée sur porte-greffe KNVFFr Kaiser (RZ)
  - Plantation le 10/03/2020 (S11) à la densité de 1.28 plantes / ha avec 3 rangs centraux et 2 rangs de bordure sur chapelle DPG de 8m de large
  - Substrat à base de laine de roche (Grodan Prestige 110*20*15), 3 plants par sac et 4 bras/plante.
  - Conduite de la protection en PBI
  - Equilibres de fertilisation

Stade	K+	Ca++	Mg++	NH4+	NO3 -	H2PO4 -	EC
Démarrage	5,80	7,50	5,00	1,50	15.5	1,30	2,7
Floraison	6,50	6,80	3,50	0.50	13.5	1,30	2.5
Production	6,50	6,75	4,50	0,10	12.6	1.5	2.0

  - Mise en route de la brumisation à partir du 22/05 avec comme consigne un déclenchement de 15'' toutes les 15 minutes si l'hygrométrie est inférieure à 60%
  - Début de récolte le 20/04 et arrêt des récoltes le 21/10

Problème rencontré : dans les 2 compartiments, nous avons subi une attaque assez importante *d'Agrobactérium radiobacter* qui a pu perturber le comportement des plantes, mais contrairement à 2019, nous n'observons pas de perte de plante et l'essai a pu être mené à son terme.

Suivi de la protection phytosanitaire

La protection a été réalisée en PBI :

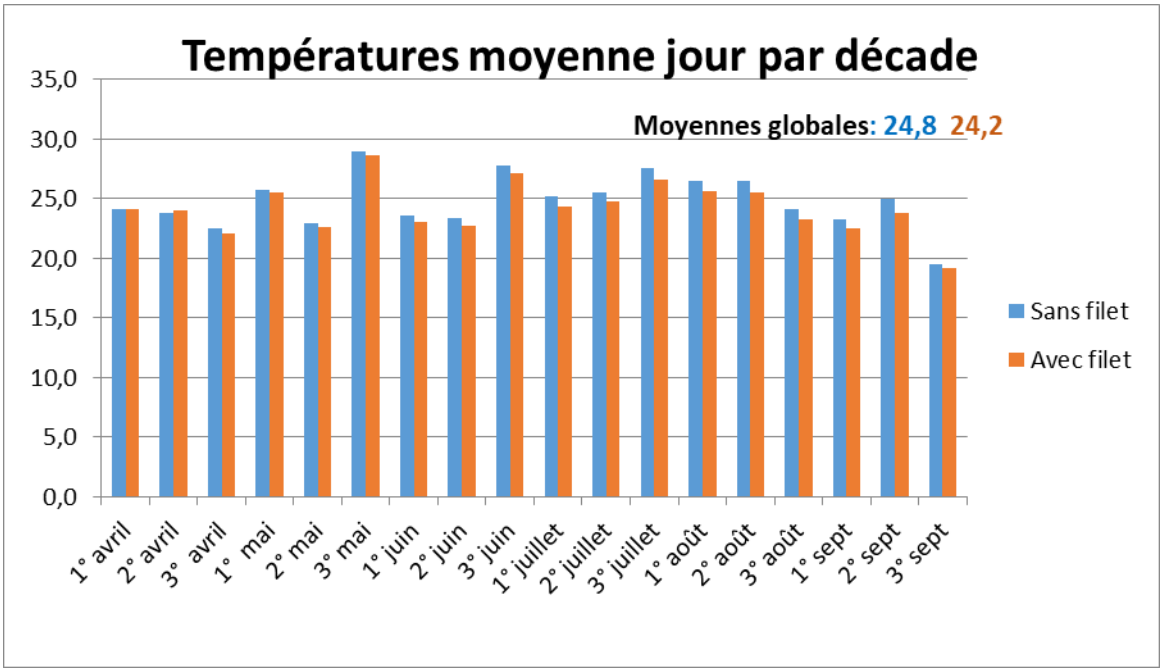
- Pucerons : plantes relais + 13 introductions d'auxiliaires parasitoïdes et coccinelles + traitements ciblés ou généralisés Teppeki et Décis
- Thrips et aleurodes : 2 introductions d'A. swirskii + parasitoïdes + effet secondaire du Teppeki
- Acariens : Introduction d'A. californicus + 2 à 3 introductions de P. persimilis + application de Nissorun
- Punaises : des interventions chimiques ciblées ou généralisées + des récoltes manuelles
- Doryphores : une intervention chimique généralisée

Résultats

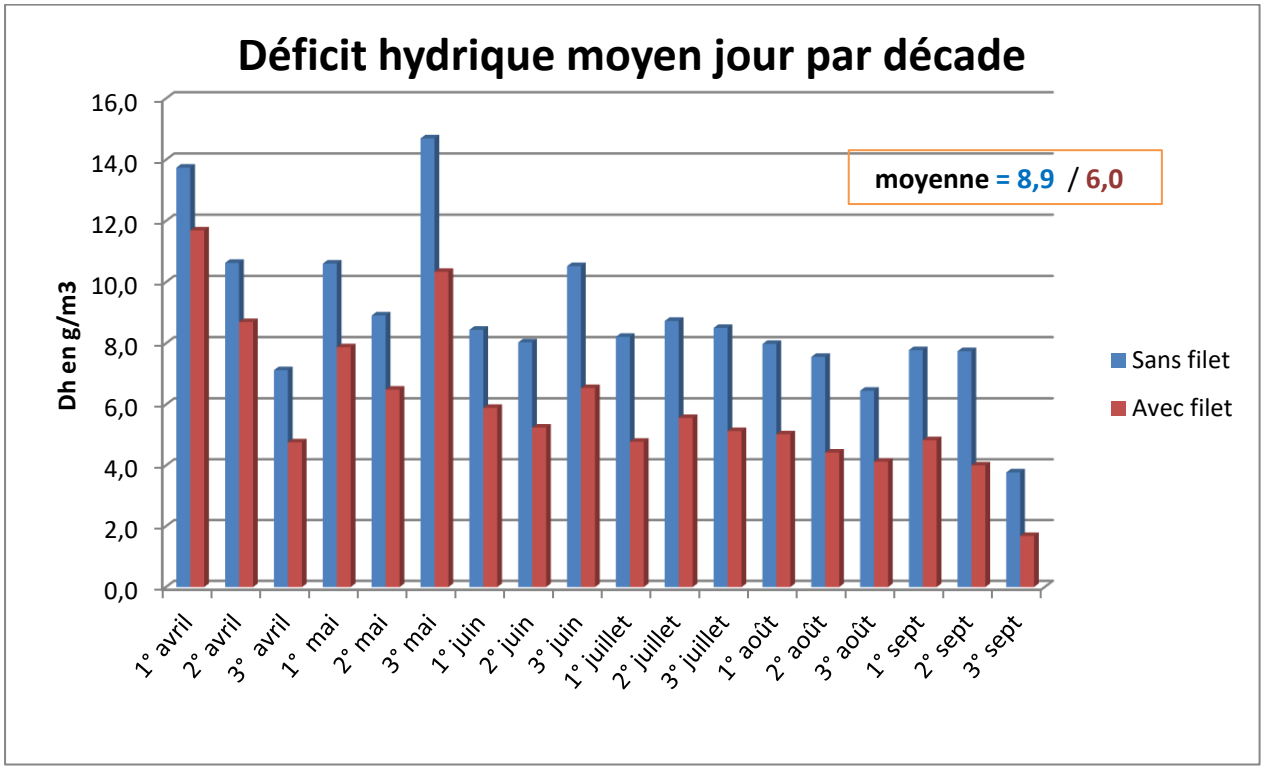
Résultats généraux

1 / Climat dans les compartiments:

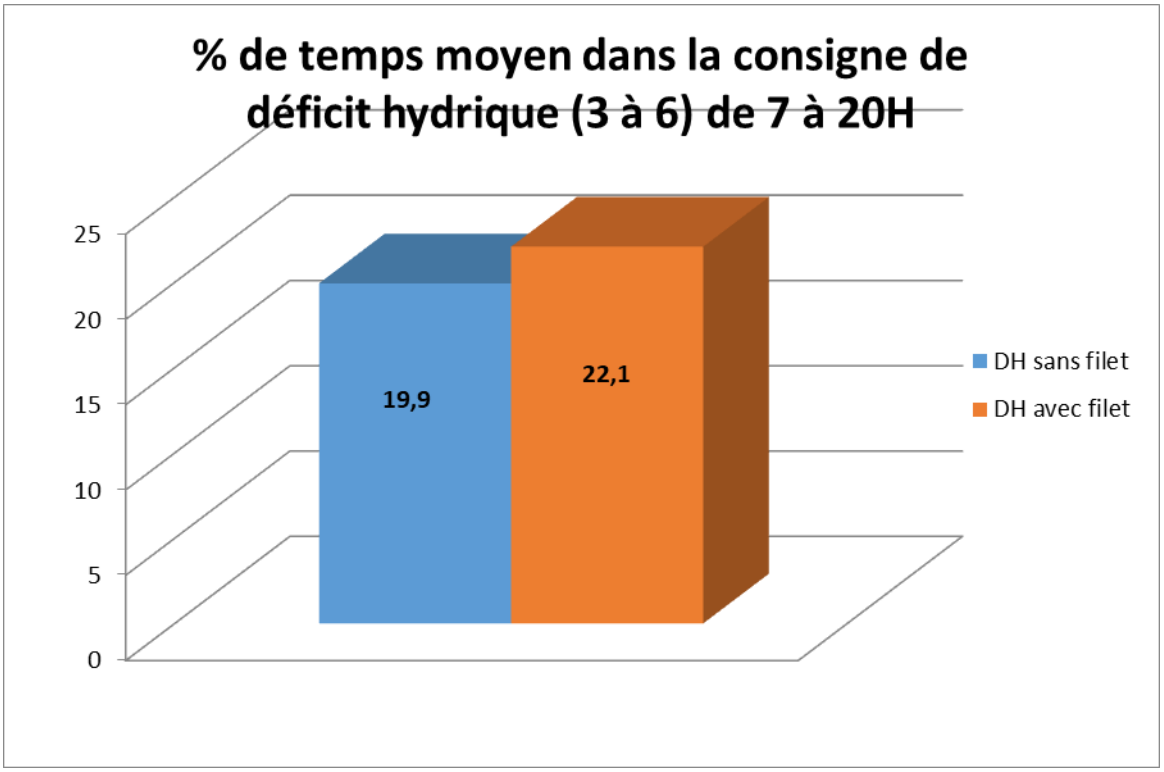
Graphique 1 : températures moyennes sur la journée (7h à 20h) par décade



Graphique 2 : déficit hydrique moyen en journée (7h à 20h) par décade



Graphique 3 : % de temps dans la consigne de déficit hydrique (entre 3 et 6) dans la journée (7h à 20h)



De ces 3 graphiques, nous pouvons noter :

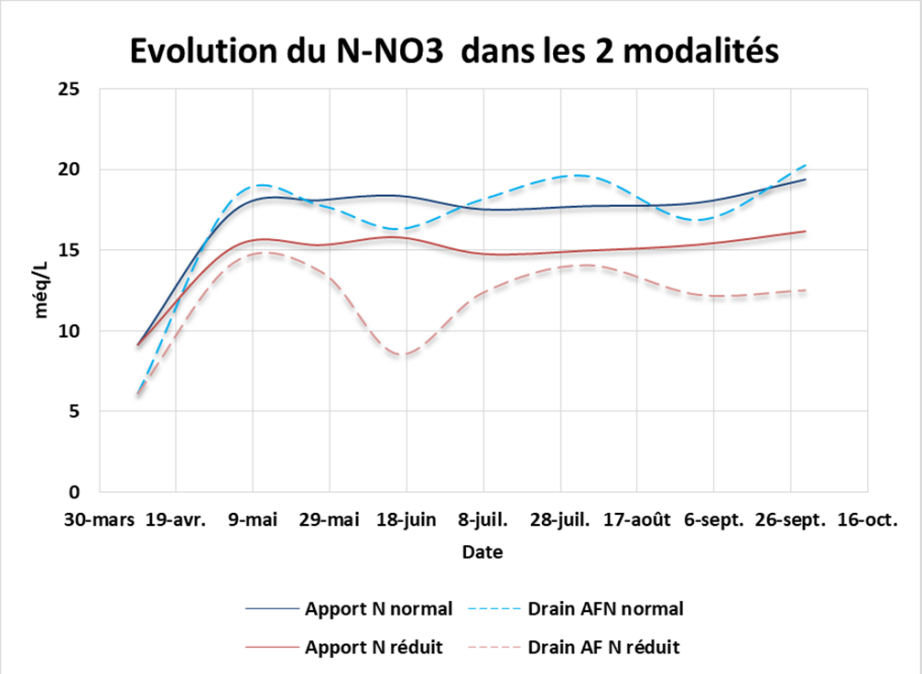
- L'influence du filet sur les températures ne ressort pas du graphique

- Le filet va avoir une influence très forte sur l'hygrométrie et le déficit hydrique, mais influence favorable en périodes chaudes avec un meilleur maintien de l'hygrométrie dans le compartiment mais une influence défavorable en périodes humides avec risque d'excès d'hygrométrie et augmentation des risques de botrytis.
- Au final le % de temps où le déficit hydrique est dans la plage prédéterminée favorable (en reprenant les données retenues pour la tomate, c.à.d. entre 3 et 6 g/m3, nous n'avons pas autant de différence entre les 2 modalités.

Si nous analysons un peu plus précisément le climat vécue en 2020 : première et dernière décade de mai ont été chaudes, première et deuxième de juin assez froides, troisième chaude, la dernière de juillet et les 2 premières d'août ont été chaudes ainsi que la seconde de septembre.

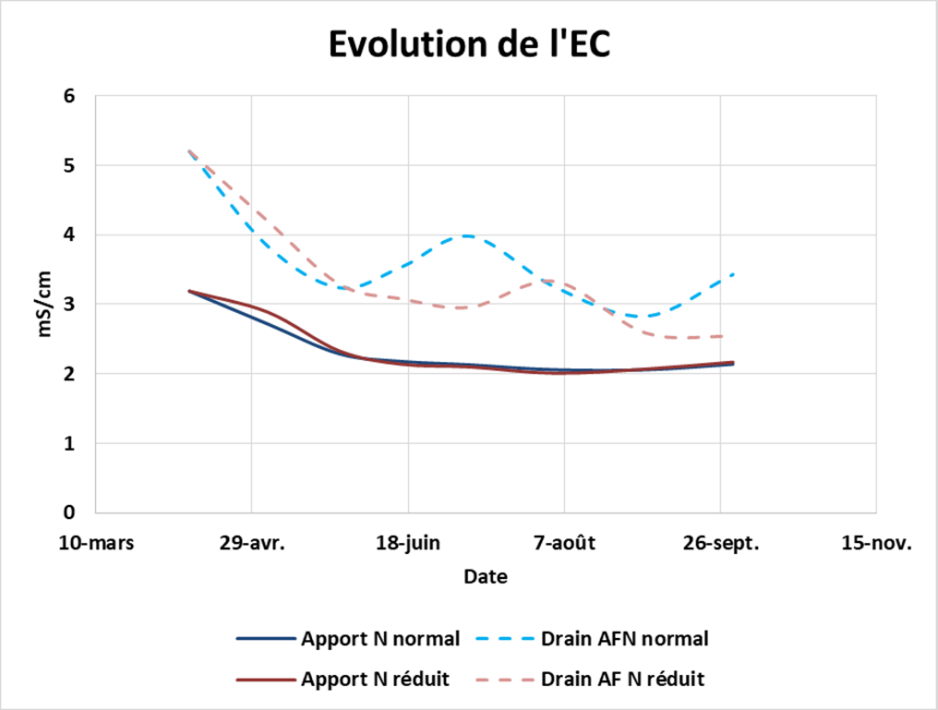
2/ Respect du protocole de l'essai fertilisation conduit sous filet (analyses laboratoire Gestasol)

Graphique 4 : Evolution des teneurs en nitrates dans les 2 modalités avec filet



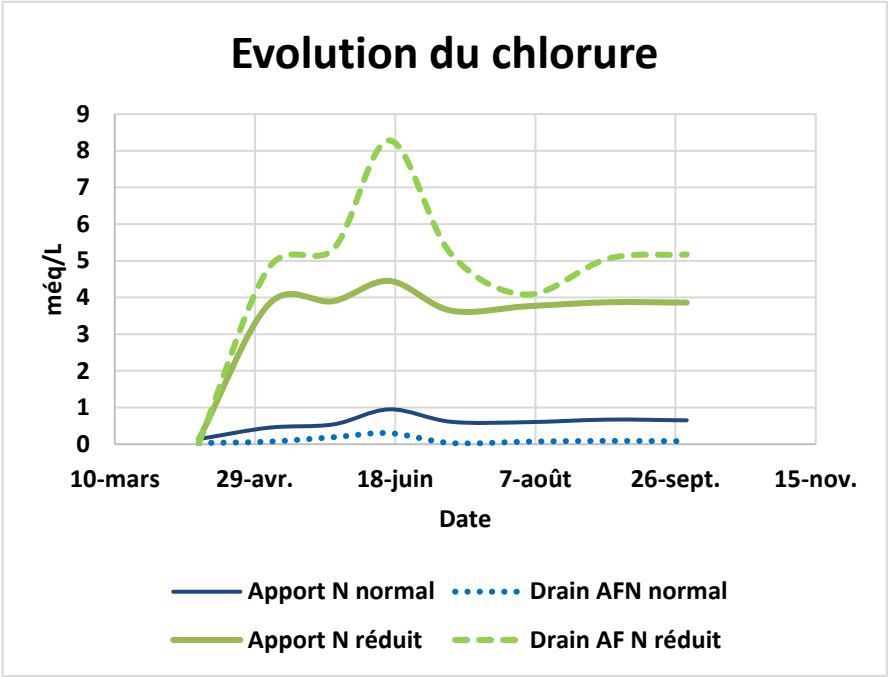
Nous avons bien le différentiel voulu entre les 2 modalités dans les apports et que l'on retrouve au niveau des drains.

Graphique 5 : Evolution de l'Ec d'apport et de drainage



Les Ec d'apport sont identiques (ce qui était recherché) et les Ec drains sont assez proches sauf sur une date en juillet.

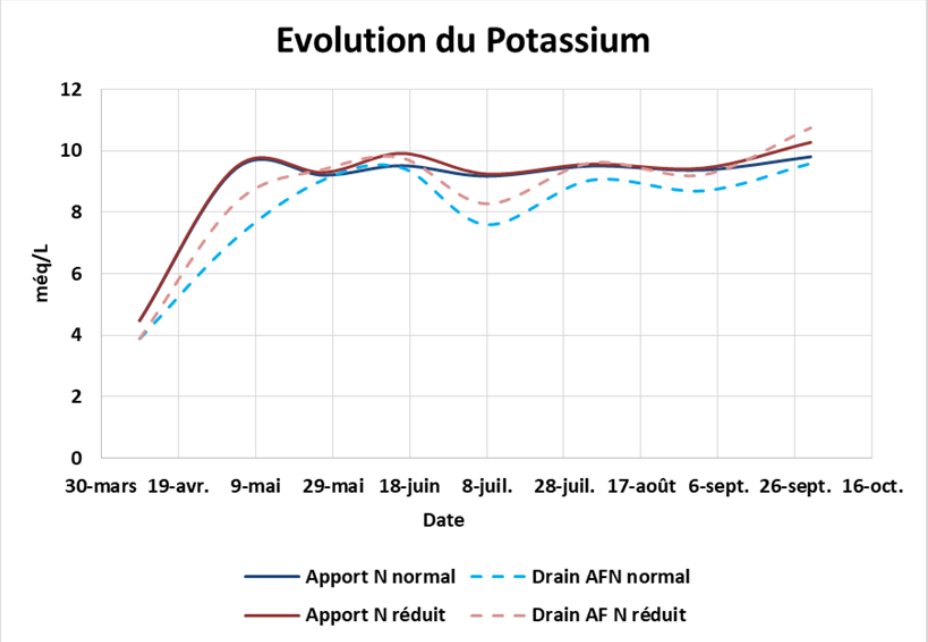
Graphique 6 : Evolution des chlorures



Le fait de remplacer les nitrates par des chlorures pour les apports de potassium en particulier augmente les teneurs des apports et des drains en cet élément. Autant dans la fertilisation normale, il y a bien une consommation par la plante de cet élément, autant dans la modalité réduite, les apports sont trop importants

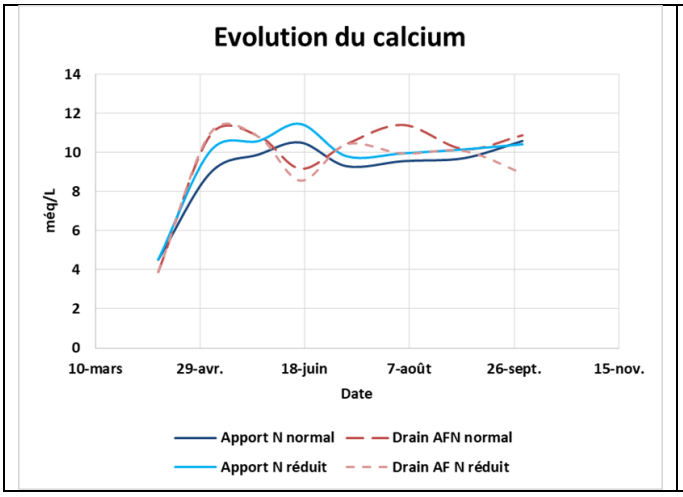
par rapport aux consommations des plantes et l'élément s'accumule dans le pain et les eaux de drainage.

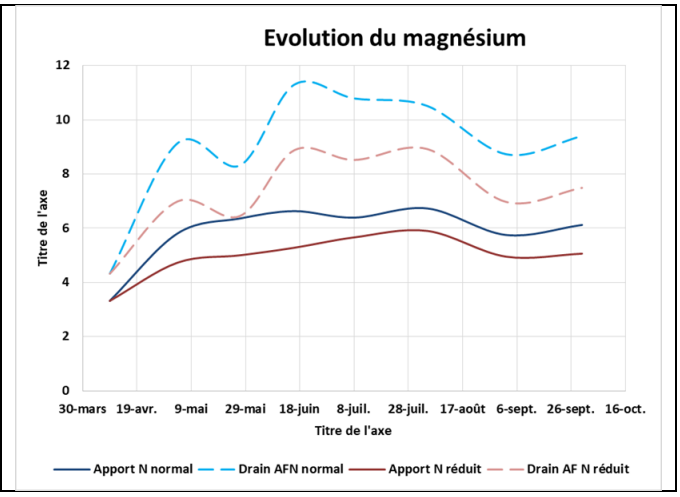
Graphique 7 : Evolution du potassium



Les teneurs sont proches au niveau des apports (ce qui était voulu) mais une petite accumulation dans la modalité réduite est observée dans les drains.

Graphique 8 : Evolution du calcium et du magnésium

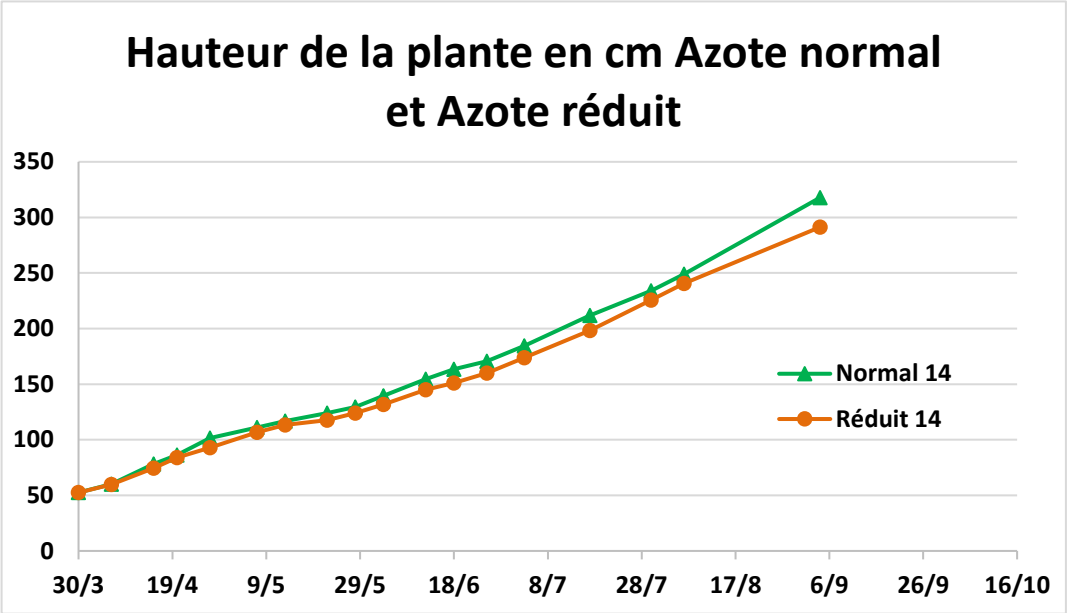




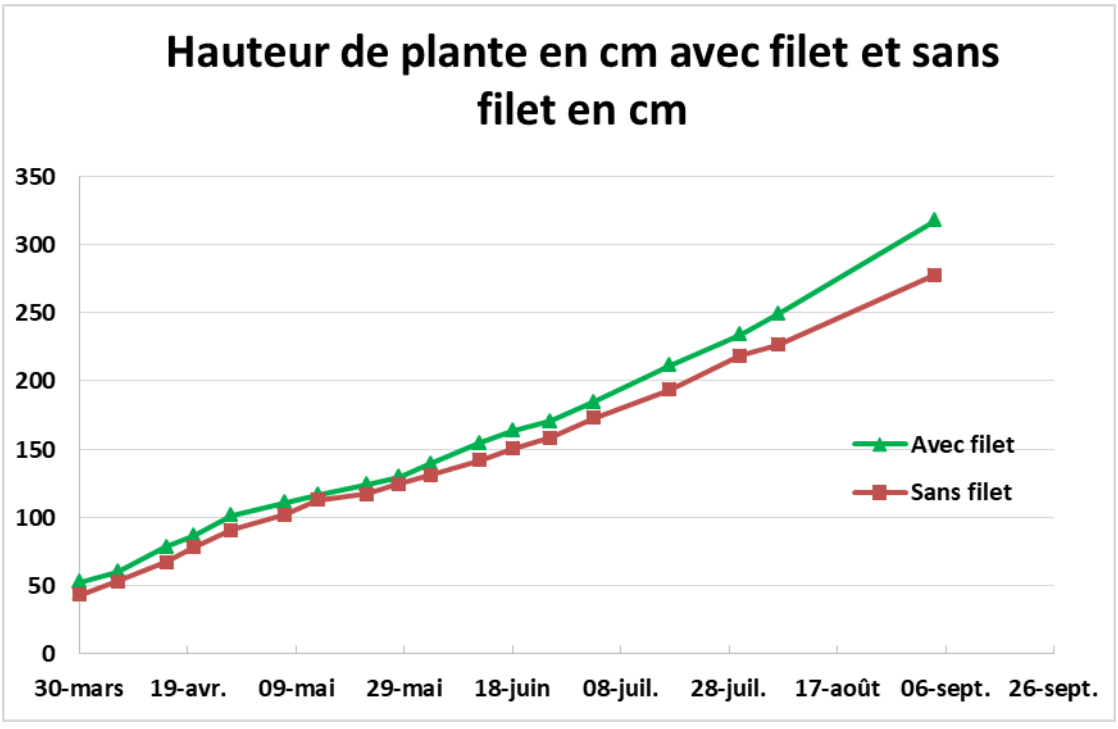
Les teneurs sont assez proches entre les deux modalités pour le calcium. Pour le magnésium, des différences sont observées entre les deux modalités au niveau des apports et des drainages.

3/ Notations de plante

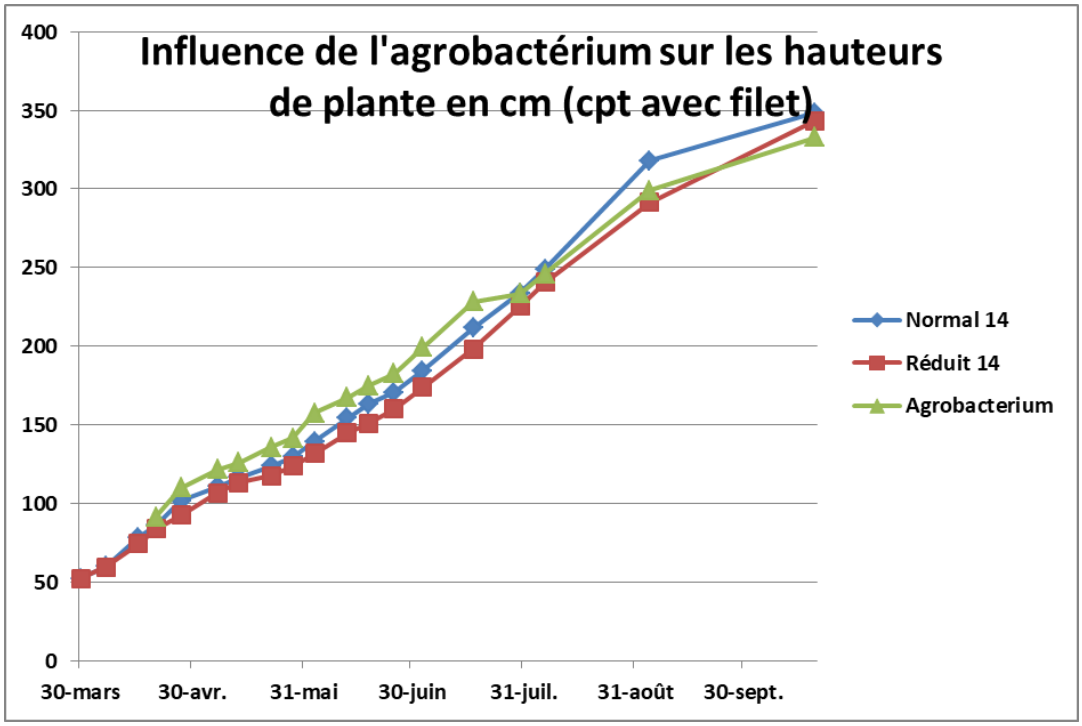
Graphiques 9, 10, 11 : évolution de la hauteur moyenne des plantes en cm



La réduction des apports azotés a permis de limiter partiellement la croissance des plantes et contrecarrer l'effet climatique du filet sur celle-ci. Les modalités ressortent différentes à l'analyse statistique aux dates du 12/06, 18/06, 25/06 et 4/09.

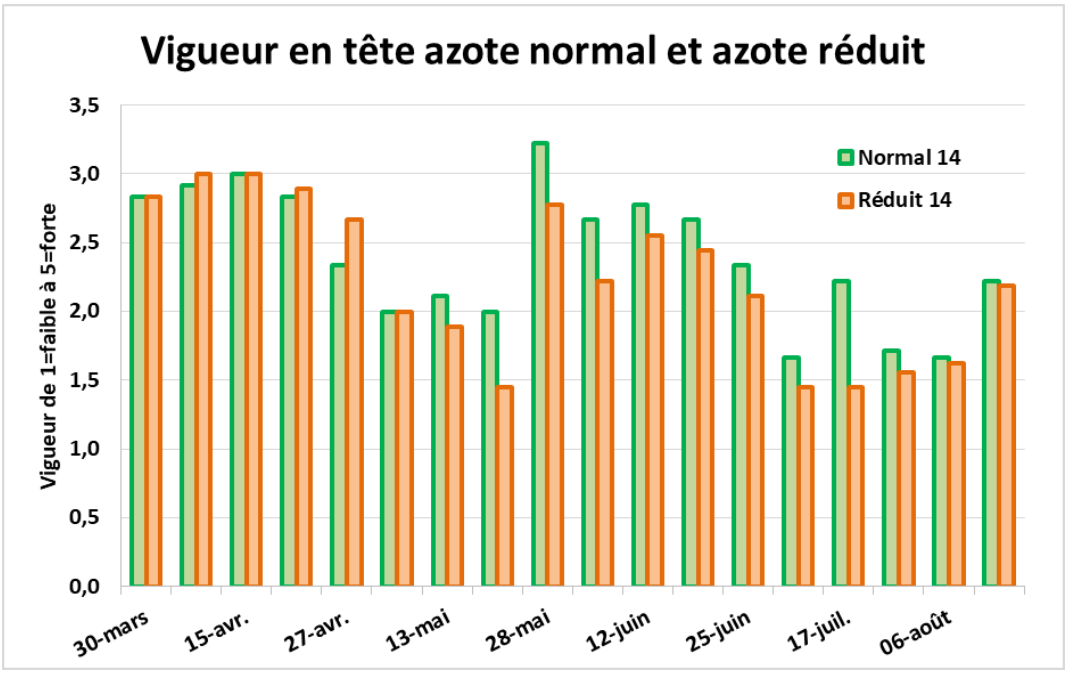


Si nous comparons les hauteurs de plante entre les 2 compartiments avec et sans filet, nous retrouvons les observations de 2019 avec des plantes plus longues sous le filet.



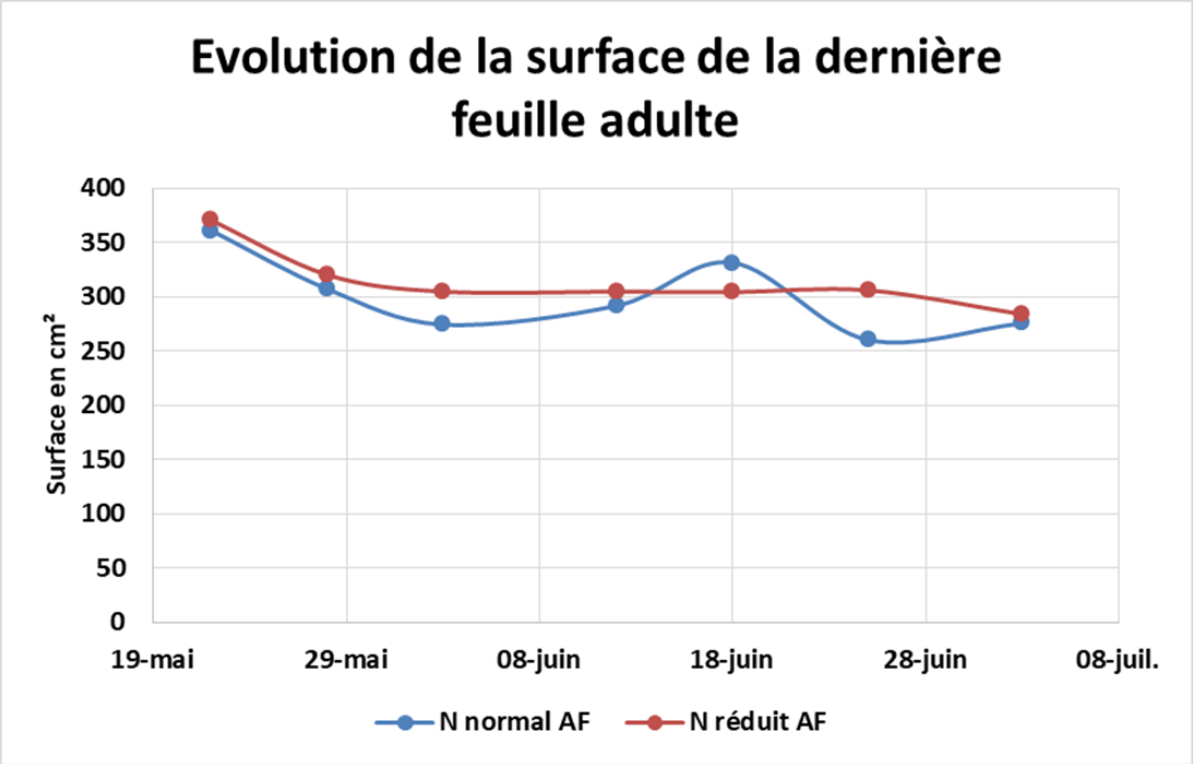
Les attaques dues à la bactérie *Agrobacterium radiobacter* sont arrivées très tôt (fin avril) et provoquent assez rapidement un allongement des plantes. Celui-ci semble se calmer en fin d'essai.

Graphique 12 : Vigueur en tête : (1=faible, 5= très forte)



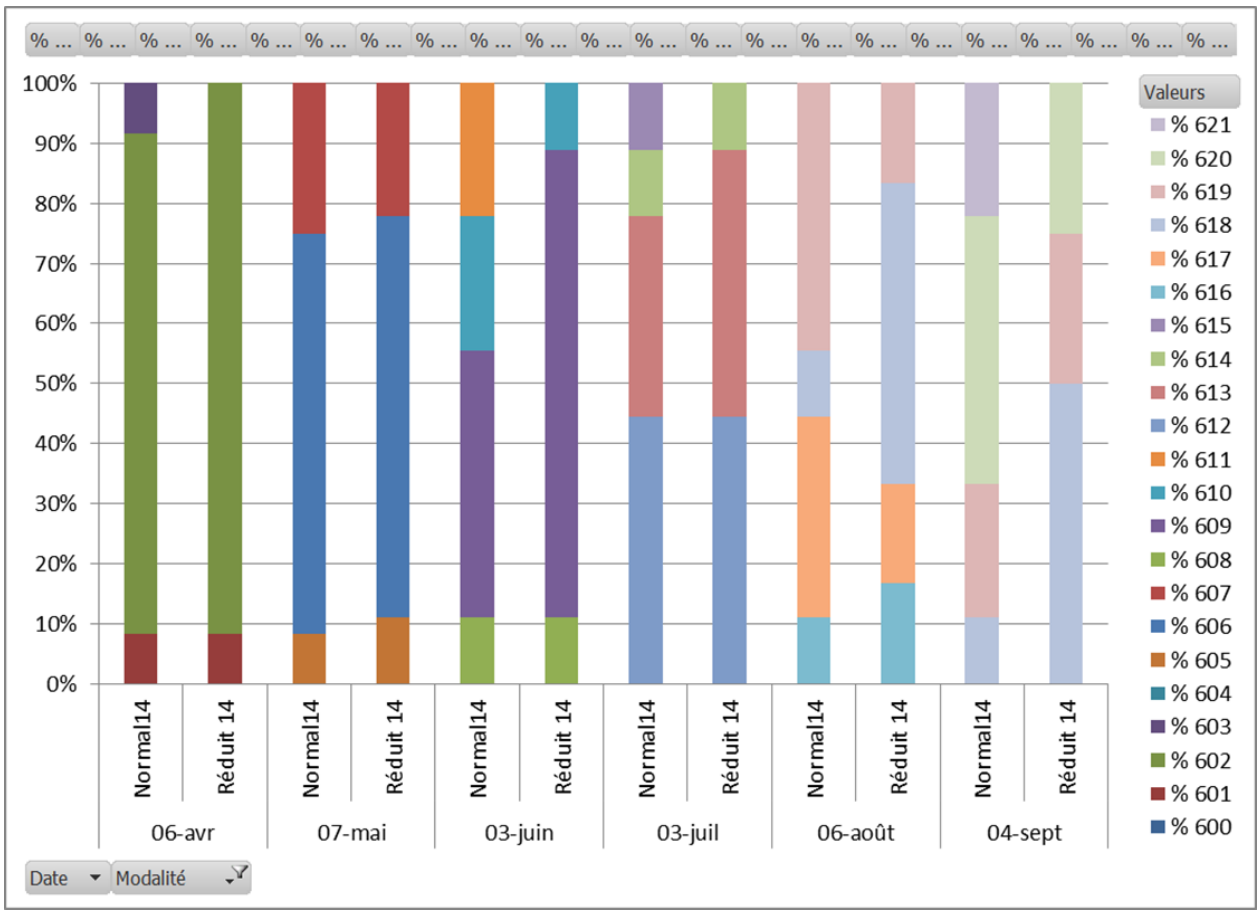
Globalement, les vigueurs sont toujours un peu plus élevées sur la modalité avec fertilisation normale.

Graphique 13 : Surface de la dernière feuille adulte en cm²



Nous pourrions penser que l'emballement végétatif se traduit par un allongement des plantes mais aussi par des surfaces de feuilles plus grandes.
Nous avons mesuré la longueur de la dernière feuille adulte et à partir de là calculé la surface de la feuille à l'aide de la formule : *surface en cm²= 0,6097*(longueur de la feuille en cm^1,9365).*
Comme nous pouvons le voir, nous observons plutôt l'inverse à savoir des feuilles légèrement plus grandes en fertilisation azotée réduite.
La difficulté de cette mesure est le choix de la feuille mesurée : on peut se tromper lors de ce choix et prendre l'avant dernière feuille au lieu de la dernière et avoir du coup des surfaces plus grandes. Pour reconduire cette mesure, il faudrait plutôt définir un nombre de feuilles en dessous de l'apex et faire le choix d'une mesure sur le bras principal de la plante.

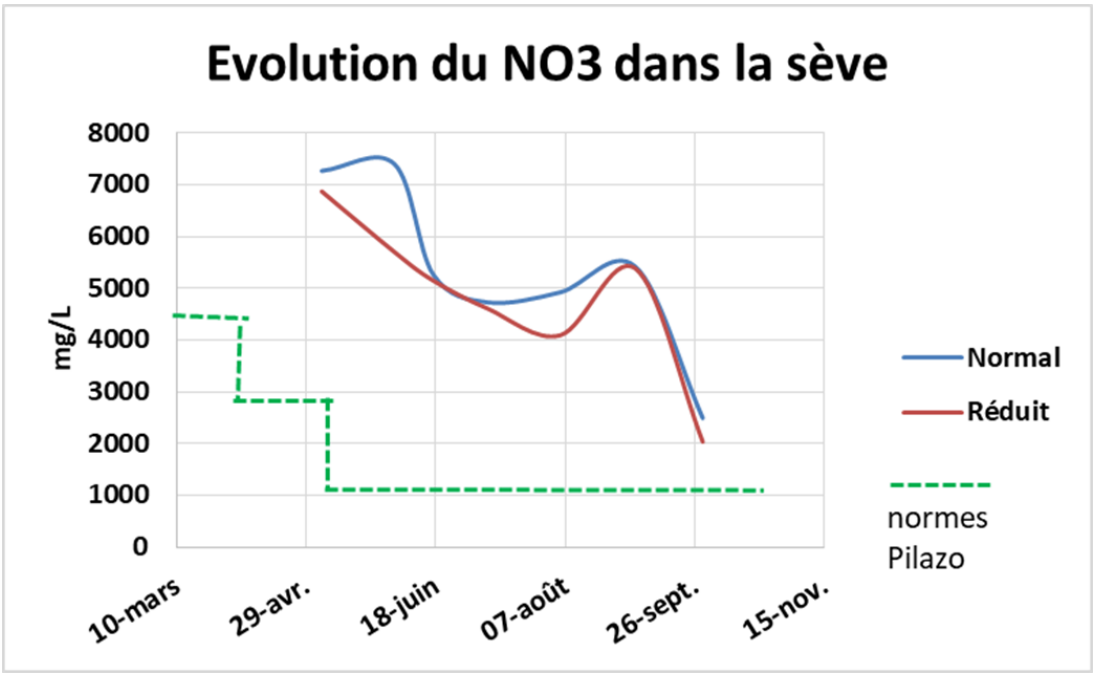
Graphiques 14 : évolution des stades BBCH de floraison (suivi réalisé sur le bras principal : 601= floraison 1° fleur, 602 = floraison 2° fleur… 610= floraison 10° fleur….)



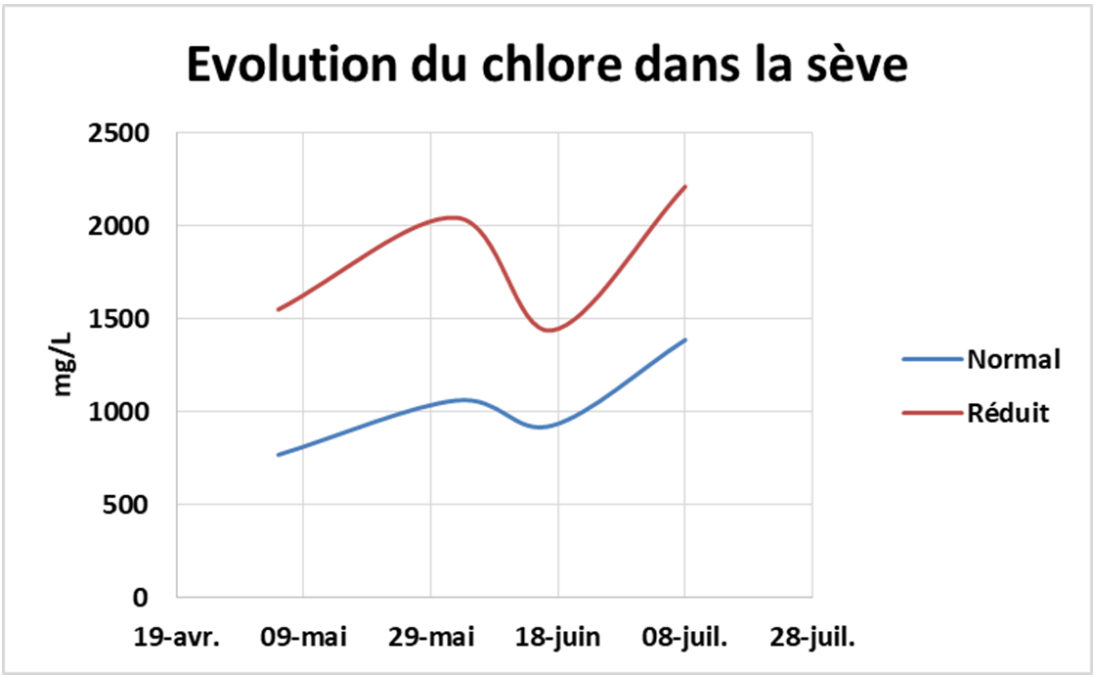
Les mesures ont été réalisées toutes les semaines sur 4*3 plantes mais ne sont reportées sur ce graphique qu'une mesure mensuelle pour faciliter la lecture. Il semble que la fertilisation réduite induit une légère perte de précocité.
Autre remarque que nous pouvons faire, c'est qu'avec l'avancement de la culture, les plantes deviennent de plus en plus hétérogènes en stade de floraison mais ceci pour les 2 modalités. au départ, nous avons 2 à 3 stades présents, mais le stade 602 majoritaire. Au 4/09, 3 à 4 stades sont présents avec une légère prédominance d'un stade.

4/ Suivi sève des plantes

Graphiques 15 et 16 : Analyses de sève



Avec « azote réduit », logiquement les teneurs en NO3 dans la sève sont plus faibles à certains moments mais nettement au-dessus des « normes » Pilazo.
Pour les autres éléments: elles sont identiques pour K, inférieures pour Mg et supérieures en Ca, mais il manque des données pour connaître les teneurs idéales qu'il faudrait avoir.



Nous observons de plus fortes teneurs en Chlore dans les sèves en « Azote réduit » du aux plus fortes fertilisations avec des chlorures avec consommation de luxe par la plante.

5/ Rendement, qualité et poids moyen

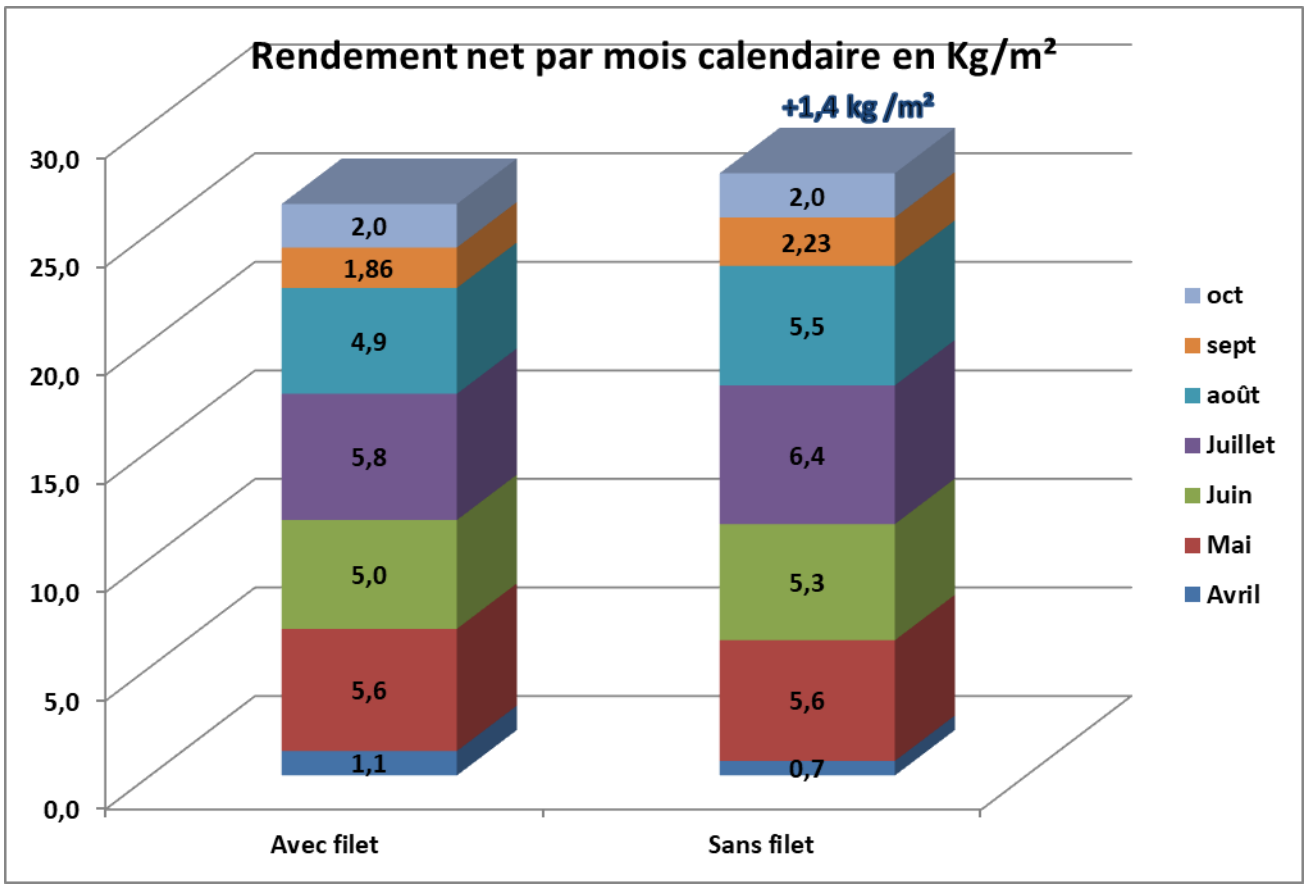
	Essai filet		Essai fertilisation	
MOYENNES	**Avec filet**	**Sans filet**	**N normal**	**N réduit**
Rendement brut	27,1	28,9	27,1	26,5
Rendement net	26,3	27,7	26,3	25,2
% de 1° choix	90	91	90	91
Poids moyen en g	378	388	378	380
% total de déchet	2,9	4,0	**2,9 a**	**4,6 b**
% de déchet du au blossom	0,2	0,1	0,2	0,3
% de déchet du au botrytis	0,0	0,1	0,0	0,1
% de déchet du à autre chose	2,7	3,9	2,7	4,2

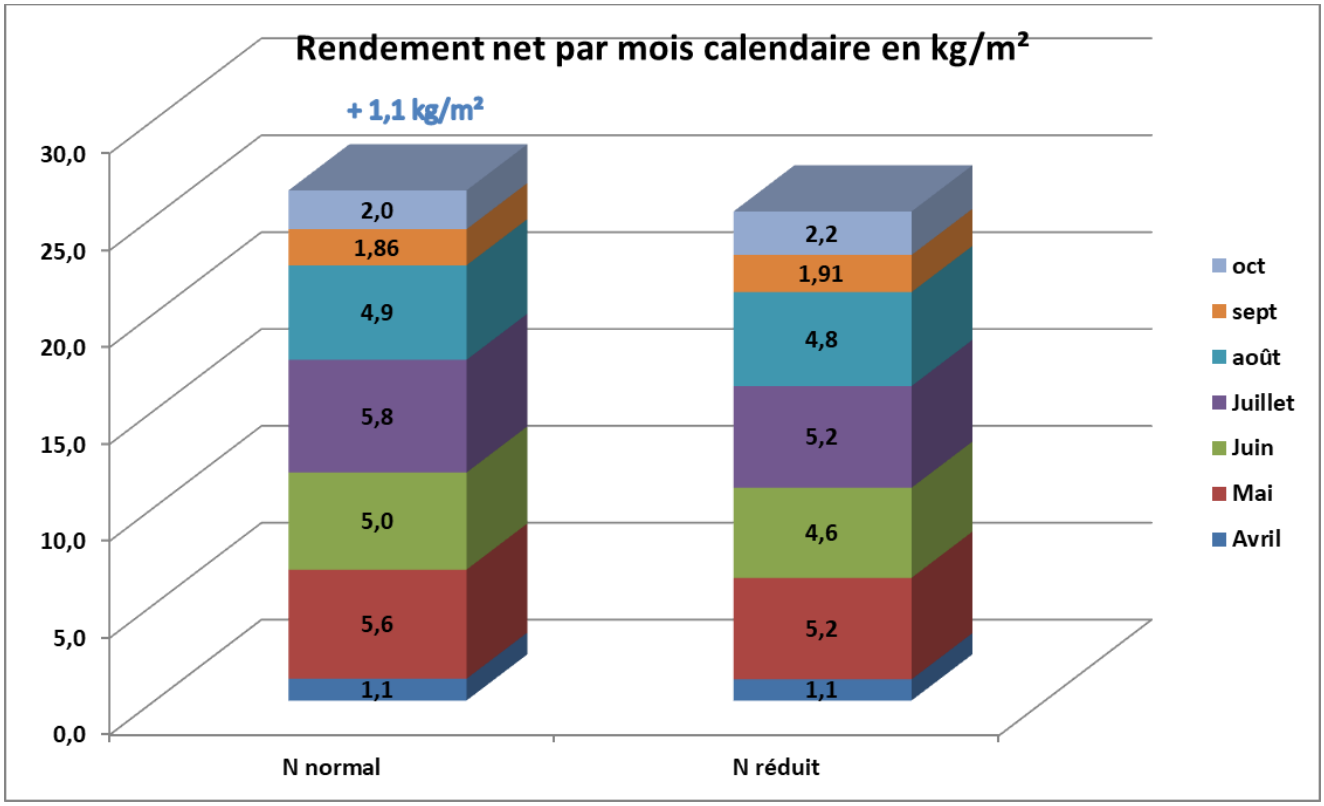
Essai fertilisation : nous observons une baisse de rendement de 1.1 kg/m² en rendement net avec la modalité azote réduit mais qui n'est pas validée par l'analyse statistique. Les autres critères (poids moyen et % de catégorie 1) sont très proches. La seule différence observée relevée par l'analyse est sur le % de déchet et en particulier sur les % d'autres déchets que ceux dus au blossom et du botrytis (déformés, petits fruits….). La modalité azote réduit montre en effet un % de déchets significativement supérieur.

Essai filet : nous avons là aussi une baisse du rendement dans la modalité avec filet mais aucune différence n'est validée par l'analyse statistique.

Les écarts entre placette de mesure sont assez importants avec des écarts de 4 à 5 kg/m² entre la placette la plus productive et celle qui a le plus faible rendement dans une même modalité, soit 20% d'écart entre 2 parcelles.

Graphiques 17 et 18 : comparaison des rendements mensuels cumulés en kg/m²


Rendement net par mois calendaire en Kg/m²
+1,4 kg /m²
30,0
25,0
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
2,0
1,86
4,9
5,8
5,0
5,6
1,1
2,0
2,23
5,5
6,4
5,3
5,6
0,7
Avec filet
Sans filet
oct
sept
août
Juillet
Juin
Mai
Avril


Rendement net par mois calendaire en kg/m²
+ 1,1 kg/m²
30,0
25,0
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
2,0
1,86
4,9
5,8
5,0
5,6
1,1
2,2
1,91
4,8
5,2
4,6
5,2
1,1
N normal
N réduit
oct
sept
août
Juillet
Juin
Mai
Avril

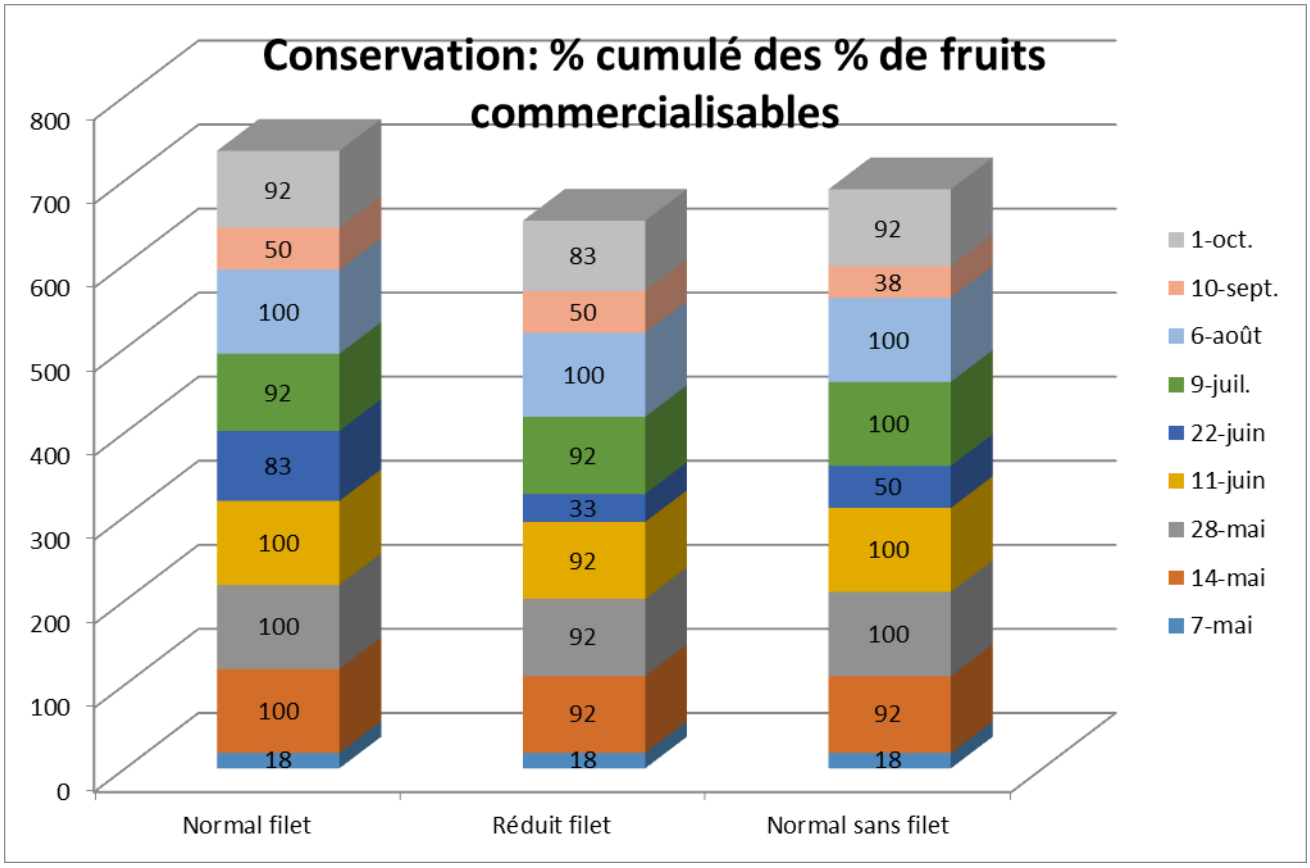
Les récoltes ont démarré plus tôt cette année avec un début de récolte le 20/04 et une production plus importante en mai. Et pendant les 4 mois en suivant les productions mensuelles sont voisines de 5kg/m² en net. Par contre les récoltes chutent d'une manière importante au mois de septembre (problème de coulure de fleurs : effet punaises + températures élevées d'août ??) et d'octobre et nous stoppons les récoltes au 21/10 car les plantes sont déchargées.

Les écarts de rendements entre la modalité avec filet et sans filet se font en particulier à partir du mois de juillet.

6/ Tenue post récolte

Des tests de conservation ont été réalisés régulièrement en même temps que les analyses laboratoires. Les fruits sont mis en conservation à 12°C pendant 3 jours. Les marquages, les flétrissements, la tenue du calice et le nombre de fruits commercialisables sont notés et une note globale de lot est donnée (1=médiocre, 3=bien).

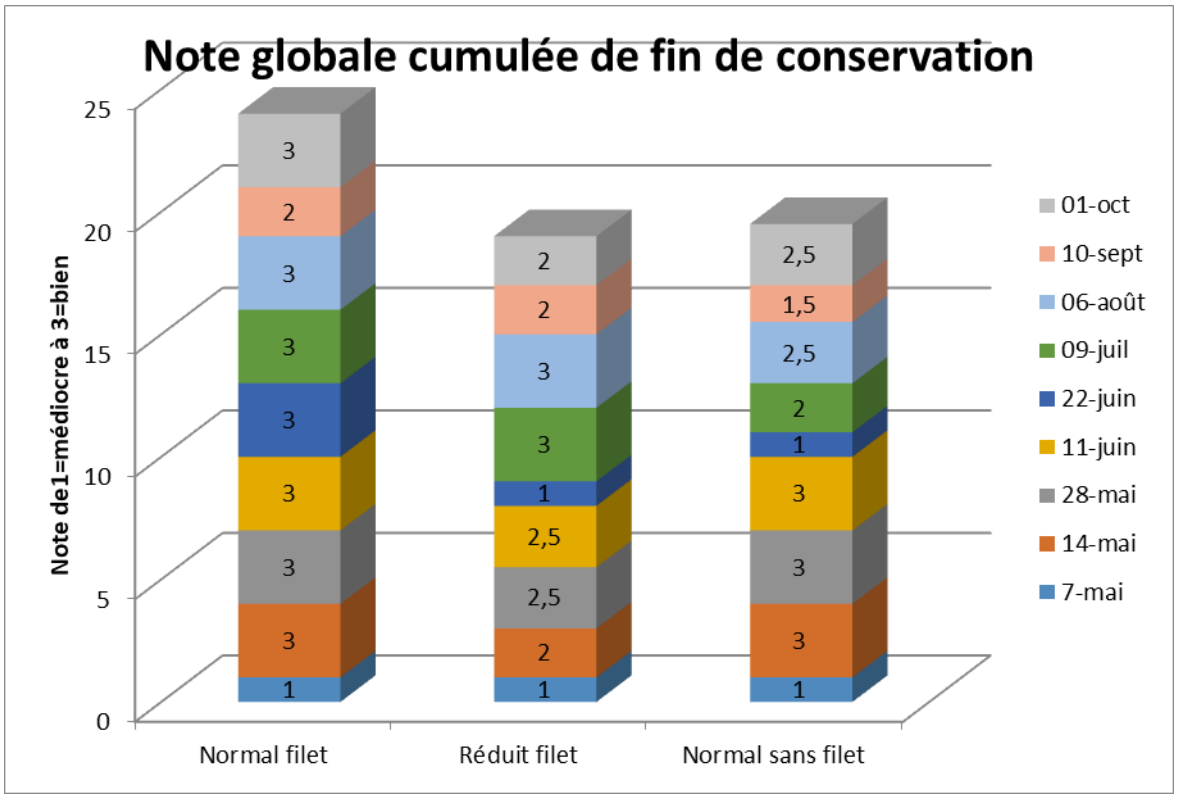
Graphique 19 : % de commercialisables :



Nous pouvons noter que sur quelques dates, le 7 mai, 22 juin et 10 septembre en particulier, le pourcentage de fruits commercialisables est globalement mauvais. Nous avons pu observer du marquage de fruit surement provoqué par une climatologie défavorable sur la période précédant la récolte. Sur les autres récoltes globalement ce % est proche de 90 à 100%. Sur ce critère, l'analyse

statistique ne ressort pas de différence entre modalités. Cependant il semble que l'on puisse classer les modalités ainsi : Normal avec filet > Normal sans filet > Réduit avec filet

Graphique 20 : Note globale de présentation en fin de conservation



Sur la note globale, là encore l'analyse statistique ne permet pas de différencier les modalités mais là encore la modalité Normal avec filet ressort supérieure aux 2 autres modalités qui sont proches.

7/ Coût partiel

	N normal	N réduit
Volume apporté en m3/ha du 1/04 au 20/10	4325	4300
Coût en € pour 1m3	3,45	3,53
Coût en € / ha	14900	15180
Ecart en € / ha		**+ 280**

Le coût de fabrication de la solution nutritive est supérieur pour la solution réduite en azote avec nos solutions liquides, et cela représente un surcoût mais qui est limité à moins de 300€/ha

Annexes

Listing sorties statistiques

Essai filet

Test	Rendement Brut	Rendement Net	% Déchet
Normalité	0.9924	0.9595	0.9103
Egalité Variance	0.866	0.9176	0.6728
Test F Anova Traitement	0.4685	0.5507	0.2992
Test F Anova Bloc	0.9756	0.9729	0.9882
puissance	0.47	0.34	0.82
Ref Dunnet == avec filet 14	---	---	---
sans filet 15	0.4685	0.5507	0.2992
Groupes	---	---	---
avec filet 14	a	a	a
sans filet 15	a	a	a
Moyennes	---	---	---
avec filet 14	27.1	26.3	2.87
sans filet 15	28.9	27.7	4.01

Essai fertilisation azotée

Test	RdtBrut	RdtNet	Déchet
Normalité	0.015	0.1454	0.9795
Egalité Variance	0.9484	0.9268	0.8911
Test F Anova Traitement	0.4269	0.1623	0.0247
Test F Anova Bloc	0.055	0.0409	0.2723
puissance	0.109	0.250	0.999
Ref Dunnet == normal14	---	---	---
Reduit14	0.4269	0.1623	0.0247
Groupes	---	---	---
normal14	a	a	b
Reduit14	a	a	a
Moyennes	---	---	---
normal14	27.1	26.3	2.87

Reduit14	26.4	25.2	4.62

Tests conservation

Test	% conservation	note globale
Normalité	0.0074	0.1607
Egalité Variance	0.9169	0.4801
Test F Anova Traitement	0.1146	0.0425
Test F Anova Bloc	0	0.0012
puissance	0.35	0.99
Ref Dunnet == avec filet 14	---	---
Réduit 14	0.0729	0.0409
sans filet 15	0.3861	0.0667
Groupes	---	---
avec filet 14	a	a
Réduit 14	a	a
sans filet 15	a	a
Moyennes	---	---
avec filet 14	81.6	2.6
Réduit 14	72.4	2.1
sans filet 15	76.5	2.16

Hauteur de plante

Test	28/5	3/6	12/6	18/6
Normalité	0.6507	0.4982	0.602	0.3391
Egalité Variance	0.4169	0.1633	0.6018	0.6482
Test F Anova Traitement	0.3681	0.2893	0.1181	0.1062
Test F Anova Bloc	0.4946	0.3952	0.2	0.6547
puissance	0.33	0.39	0.59	0.98
Ref Dunnet == normal14	---	---	---	---
Reduit14	0.3681	0.2893	0.1181	0.1062
Groupes	---	---	---	---
normal14	a	a	a	a
Reduit14	a	a	a	b
Moyennes	---	---	---	---
normal14	123.8	129.4	139.4	154.4
Reduit14	117.7	123.8	131.6	145

Test	25/6	3/7	17/7

Normalité	0.4558	0.3461	0.7041
Egalité Variance	0.6412	0.2508	0.5879
Test F Anova Traitement	0.0317	0.089	0.1935
Test F Anova Bloc	0.8094	0.4625	0.7132
puissance	0.99	0.96	0.84
Ref Dunnet == normal14	---	---	---
Reduit14	0.0317	0.089	0.1935
Groupes	---	---	---
normal14	a	a	a
Reduit14	b	b	a
Moyennes	---	---	---
normal14	163.3	170.5	184.4
Reduit14	151.1	160	173.8

Test	6/8	4/9	20/10
Normalité	0.167	0.6927	0.6878
Egalité Variance	0.3739	0.4479	0.5591
Test F Anova Traitement	0.0494	0.5769	0.0147
Test F Anova Bloc	0.1875	0.5871	0.0837
puissance	0.92	0.16	0.98
Ref Dunnet == normal14	---	---	---
Reduit14	0.0494	0.5769	0.0147
Groupes	---	---	---
normal14	a	a	a
Reduit14	a	a	b
Moyennes	---	---	---
normal14	233.8	248.8	317.7
Reduit14	225.5	242.5	289.4