



المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

Institut National de la Recherche Agronomique
Centre Régional de la Recherche Agronomique de
Kénitra



Congrès National des Agrumes- Marrakech

Optimisation de la fertilisation azotée de la clémentine Nules greffée sur deux porte-greffes pour une production durable et une meilleure qualité des fruits dans les conditions pédologiques du Gharb

Présentée par:

Dr. OMARI Fatima Ezahra

Équipe de recherche: Omari F.E., Beniken L., Zouahri A., Abail Z., Benaouda H., Benkirane R., Benyahia H.

14/05/2025

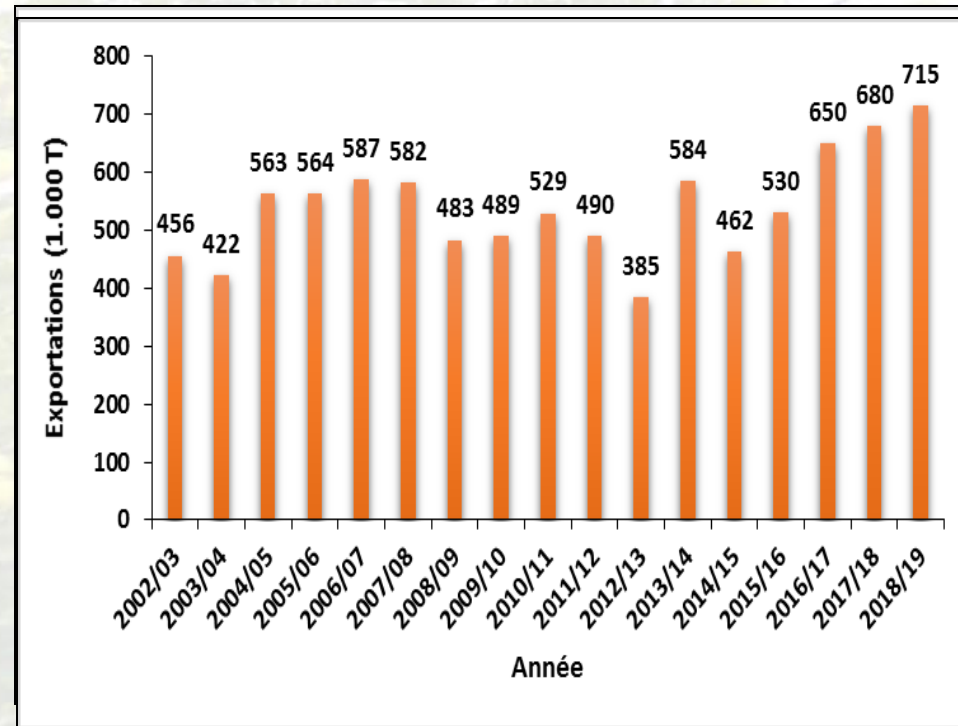
Les agrumes au Maroc



Superficie en 2020/2021 de 129.000 ha



Production en 2020/2021 estimée de 2,4 millions de tonnes de fruits frais par an.



Exportation: 715. 000 T/an.
Source importante de devise: 3 milliard de Dh par an



Mains d'œuvre 32 million jours de travail/an.



- ➔ **Conséquences directes :**
- 📉 Baisse significative des rendements en clémentines et en oranges ces dernières années.
- 📊 Rendement moyen actuel : 19 tonnes/hectare.

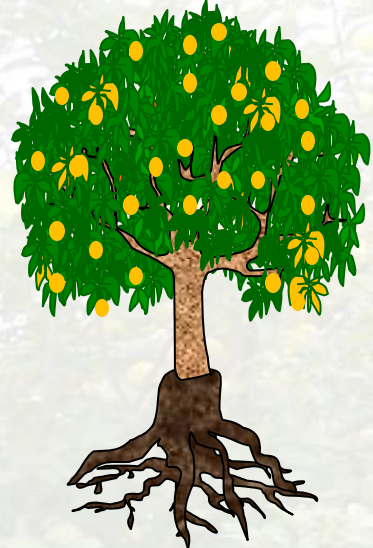
Stress hydrique récurrent :
Trois années sur quatre marquées par la sécheresse et des restrictions en eau.

Conjoncture géopolitique défavorable : Hausse des prix des intrants (engrais, produits phytosanitaires, carburant, main d'œuvre...).

Impact climatique :
Perturbations dues aux vagues de chaleur lors des périodes sensibles comme la chute physiologique et la saison estivale.



Contraintes



Contraintes abiotiques

Basse température

Sècheresse, Salinité & Alcalinité

L'irrégularité des précipitations

Nutrition minérale

Contraintes biotiques

Ravageurs

Maladies virales et bactériennes

Maladie cryptogamiques

Importance du
porte-greffe

Gestion de la
fertilisation

Diversification du
profil variétal

Rendement et Qualité

Des efforts doivent être déployer:



1

Optimiser les
facteurs de
production



2

Choix des
associations
variété/porte-
greffes



3

Raisonner les
apports en
éléments
fertilisants

Approche adoptée

Porte-greffe



Evaluation vis-à-vis
de la fertilisation azotée



Sélection des porte-greffes
performants en termes
d'efficacité d'utilisation
d'azote

Gestion de la
fertilisation



Association
variété / porte-greffes



Evaluation vis-à-vis
de la fertilisation N-P-K



Sélection des associations variété/
porte-greffes performants et
détermination des doses les plus
appropriés en N-P-K

Raisonnement
des apports



Evaluation de l'effet
de la dose en éléments
fertilisants



Détermination de la
dose optimale en
éléments nutritifs

Comment garantir un équilibre entre productivité, qualité fruitière et durabilité ?

Enjeux spécifiques

1

- Sur-ou sous-dosage azoté : pertes économiques (coût engrais) et baisse de qualité (taux de sucre vs acidité).

2

- Impact sur l'environnement : lessivage de nitrates, émissions de N_2O .

3

- Conséquences nutritionnelles : valeur nutritive des fruits dégradées

Objectifs

Objectif général

Déterminer la dose d'application d'engrais azoté adéquat pour produire un rendement optimal et une bonne qualité de fruits de clémentinier Nules greffés sur deux porte-greffes d'agrumes citrange Carrizo et Flhorag dans les conditions de sol argileux de la région du Gharb.

Objectifs

1

Déterminer la dose optimale d'azote pour maximiser le rendement et la qualité fruitière.

2

Évaluer la dose optimale d'engrais azoté permettant d'atteindre un rendement élevé du clémentinier Nules.

3

Comparer l'effet de cette fertilisation sur la qualité des fruits selon deux porte-greffes (citrange Carrizo et Flhorag) cultivés sur un sol argileux dans la région du Gharb.

Hypothèses de recherche

1

- Un apport moyen (540 g N/arbre/an) améliore significativement le rendement et le °Brix sans accroître les risques environnementaux.

2

- L'interaction entre porte-greffe (Carrizo vs Florag) et la dose azotée conditionne l'efficacité d'absorption et la qualité des fruits.

Matériels et méthodes



Site : L'étude a été réalisée en plein champ dans le Domaine Expérimentale de Sidi Allal Tazi -INRA Maroc.

Matériels et méthodes

Matériel végétal:

Variété : un verger de la variété **Nules**. **Types de porte-greffes utilisés :** citrange **Carrizo** et **Filhorag**.

Densité de plantation: La parcelle étudiée est plantée en 2011 à une densité de 417 arbres/ha.

Mode d'irrigation: Système d'irrigation localisé en goutte-à-goutte.

Sol: Le sol est argileux, avec un pH_{eau} de 8,87, tandis que la conductivité électrique était de $0,245 \text{ mS.cm}^{-1}$.



Matériels et méthodes

Trois traitements de la fertilisation en N (g/arbre) ont été testés pendant cinq années.

Traitements	Doses d'azote (en g/arbre)
T0 (témoin)	0
T1	270
T2	540

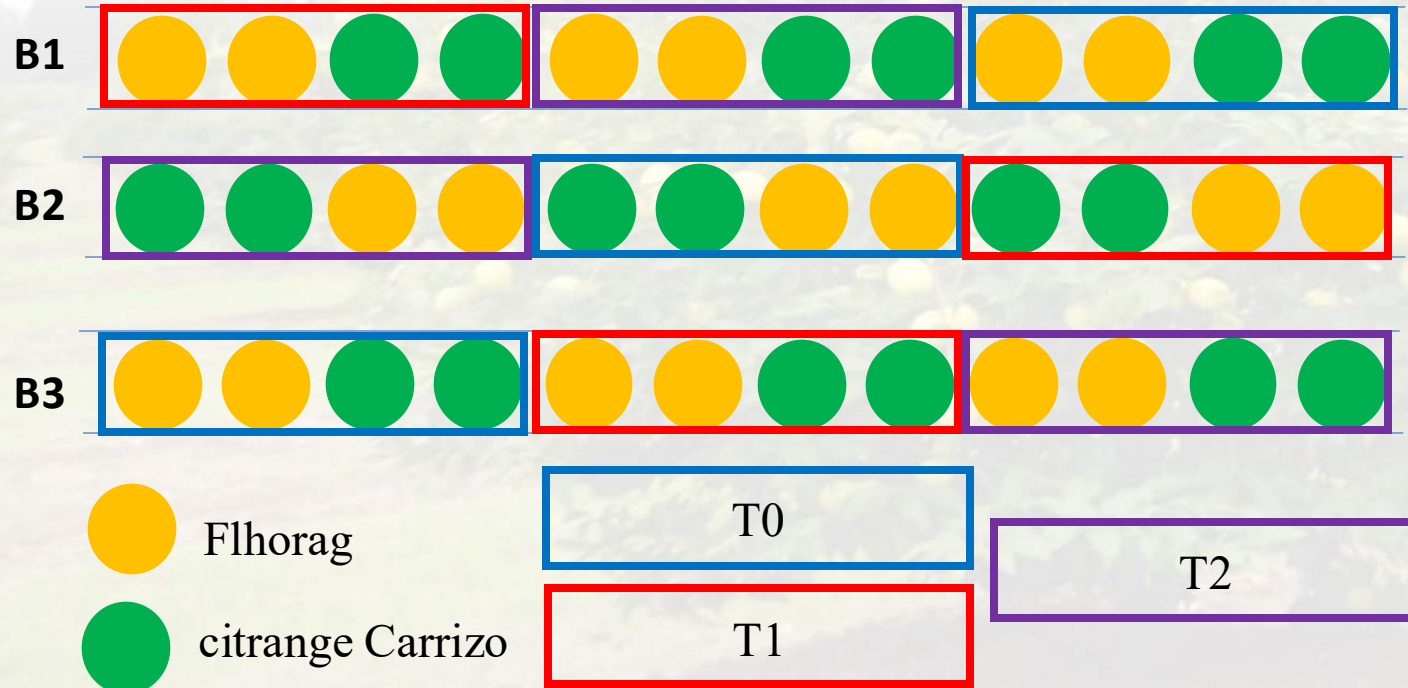
Engrais utilisés :

- Ammonitrate (33.5%) comme source d'azote,
- Super Triple phosphate (TSP) (0-45-0) pour le phosphore
- Sulfate de potasse (0-48-50%) pour le potassium.



Matériels et méthodes

- Le dispositif expérimental adopté est un **split-plot** à trois répétitions.
- la dose en azote en grandes parcelles principale (avec trois niveaux de doses de N : T0, T1, T2).
- le porte-greffe en petites parcelles (avec deux niveaux de porte-greffes : Flhorag et citrange Carrizo).



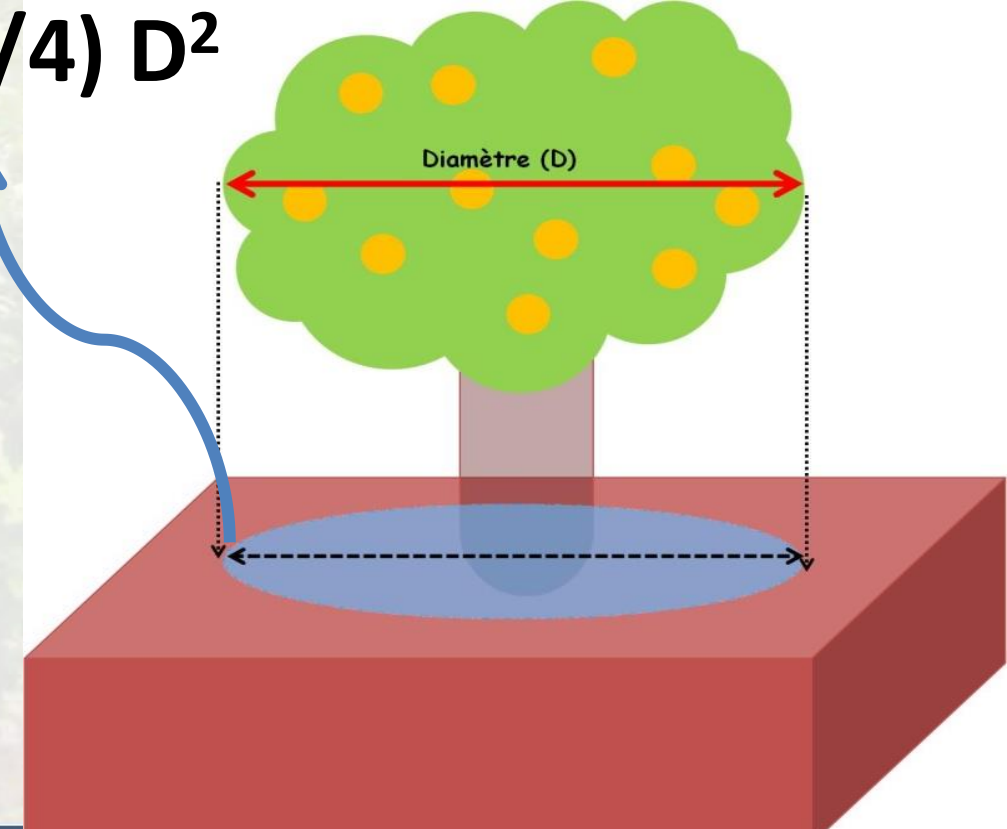
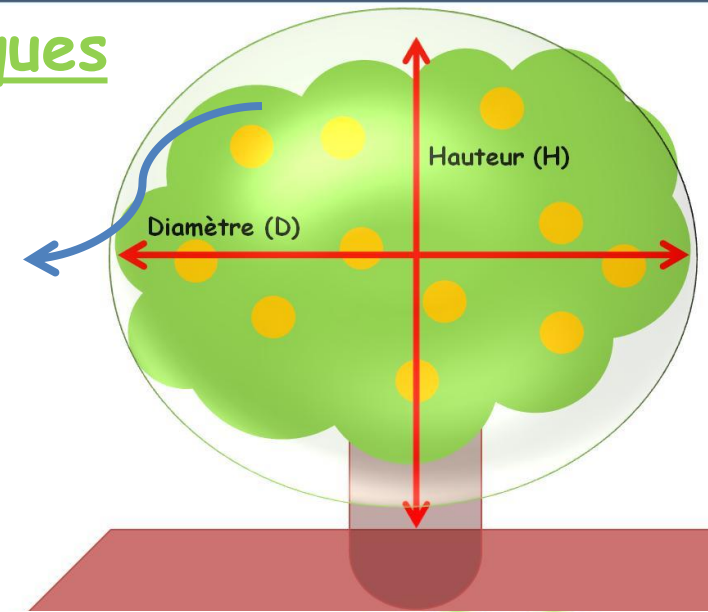
Matériels et méthodes

Paramètres agronomiques

- Hauteur de la frondaison (H, m)
- Diamètre de la frondaison (D, m)
- Volume de la frondaison (V, m³)
- Surface de projection de la frondaison (SPF, m²)

$$V(\text{m}^3) = (\pi/6)HD^2$$

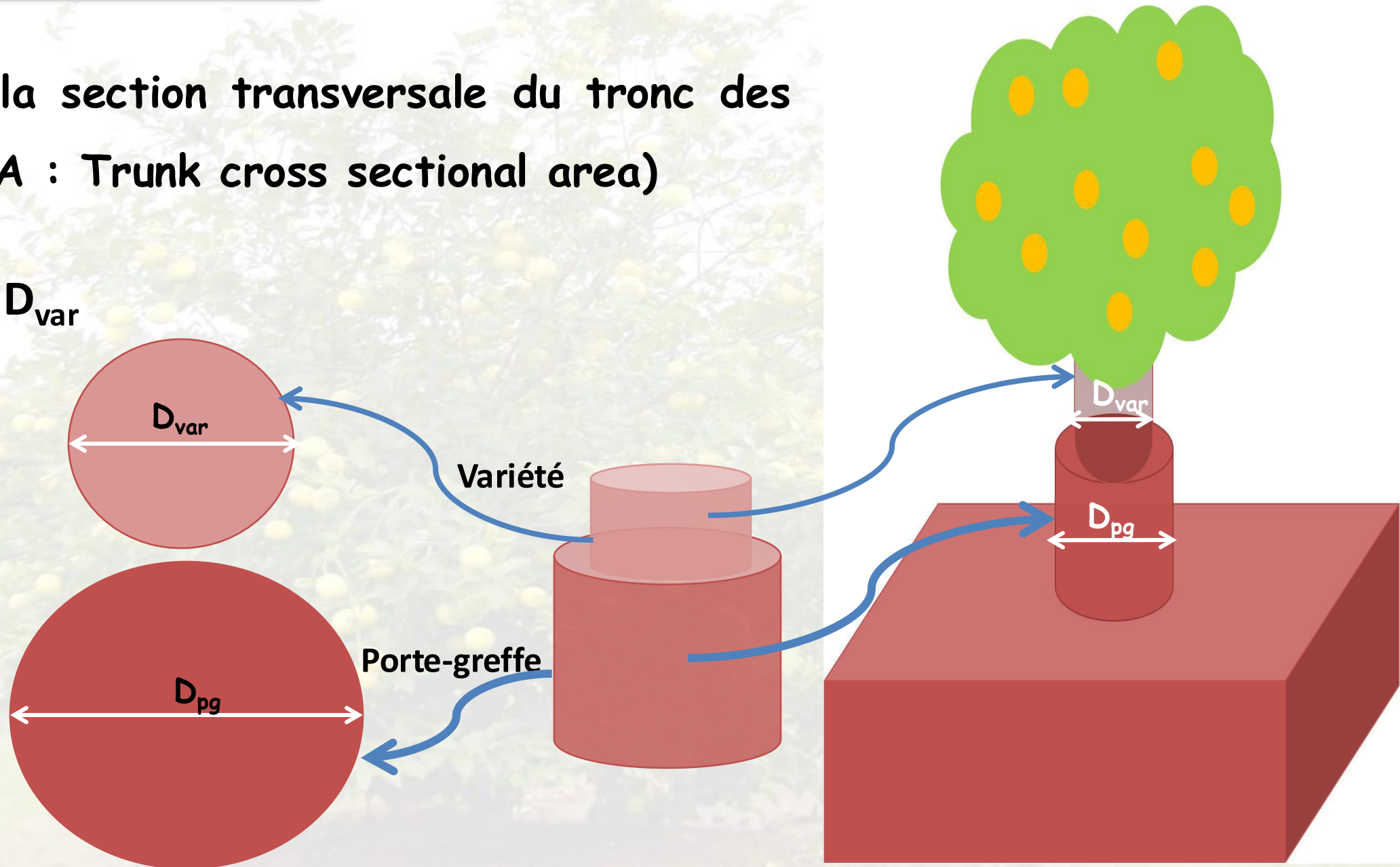
$$\text{SPF} (\text{m}^2) = (\pi/4) D^2$$



Surface de la section transversale du tronc des arbres (TCSA : Trunk cross sectional area)

$$TCSA_{var} = \pi * D_{var}$$

$$TCSA_{pg} = \pi * D_{pg}$$



**Teneur en chlorophylle SPAD
(Chlorophylle mètre portable)**



Paramètres de productivités

**Rendement moyen
(kg/arbre)**

**Rendement cumulé (
kg/arbre)**

**Rendement /SPF (
kg/m²)**

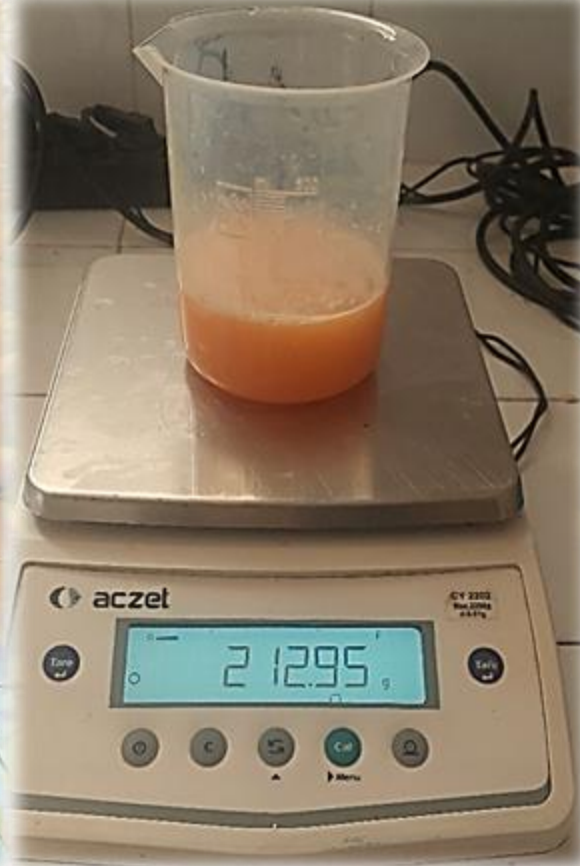


Paramètres de qualité des fruits

La teneur en jus (%)



La teneur en solides solubles



L'acidité du jus et l'indice de maturité



Paramètres agronomiques

Poids moyen des fruits (g)



Diamètre du fruit (mm)



Indice de coloration des agrumes
(Citrus Color Index)

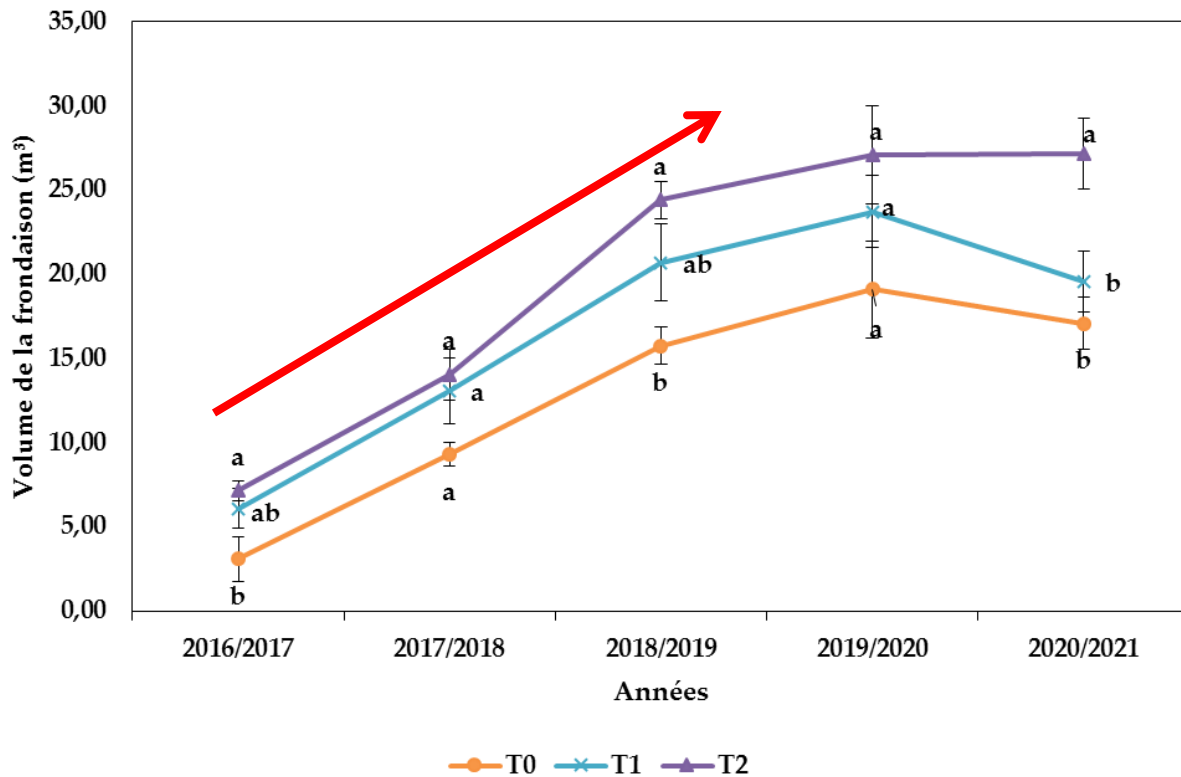


1. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur le Volume de la frondaison des arbres du clémentinier Nules

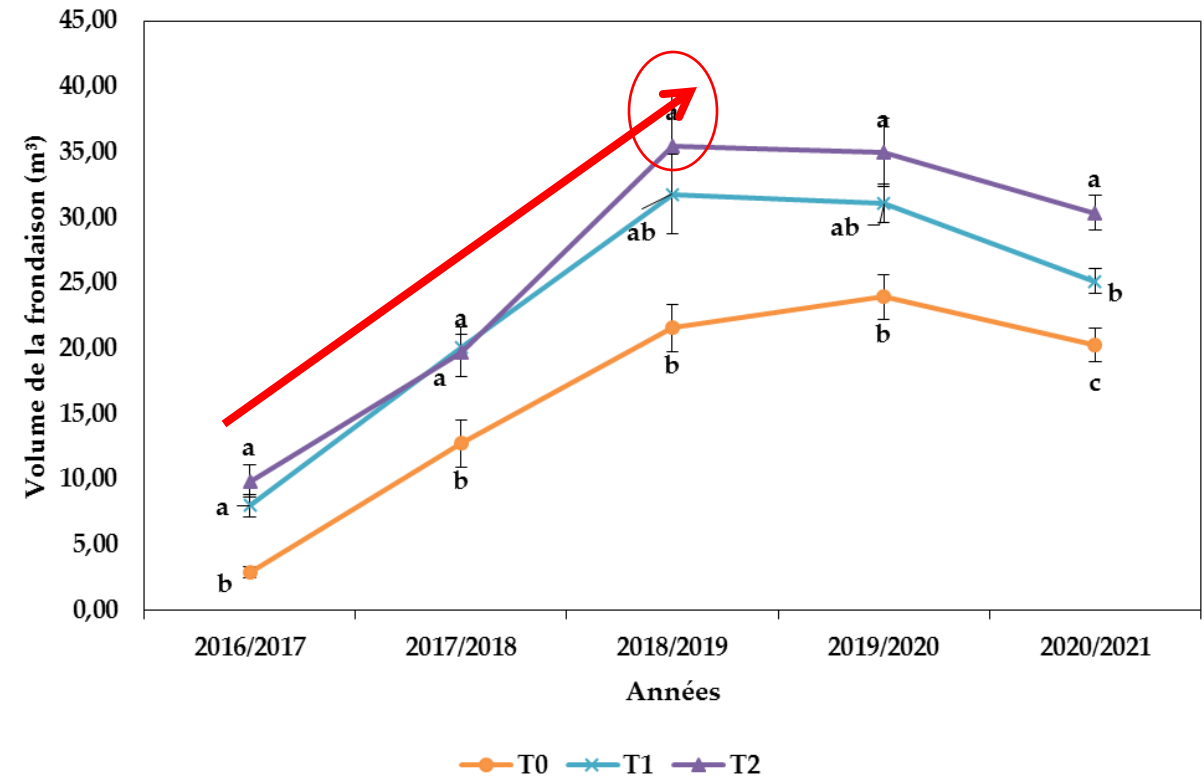
Résultats

- La croissance du clémentinier Nules a connu une progression notable sur cinq ans, influencée significativement par la dose d'azote et le porte-greffe.
- Le traitement T2 a induit une vigueur végétative supérieure, particulièrement marquée sur le porte-greffe citrange Carrizo.

Nules/Flhorag (a)



Nules/citrange Carrizo (b)

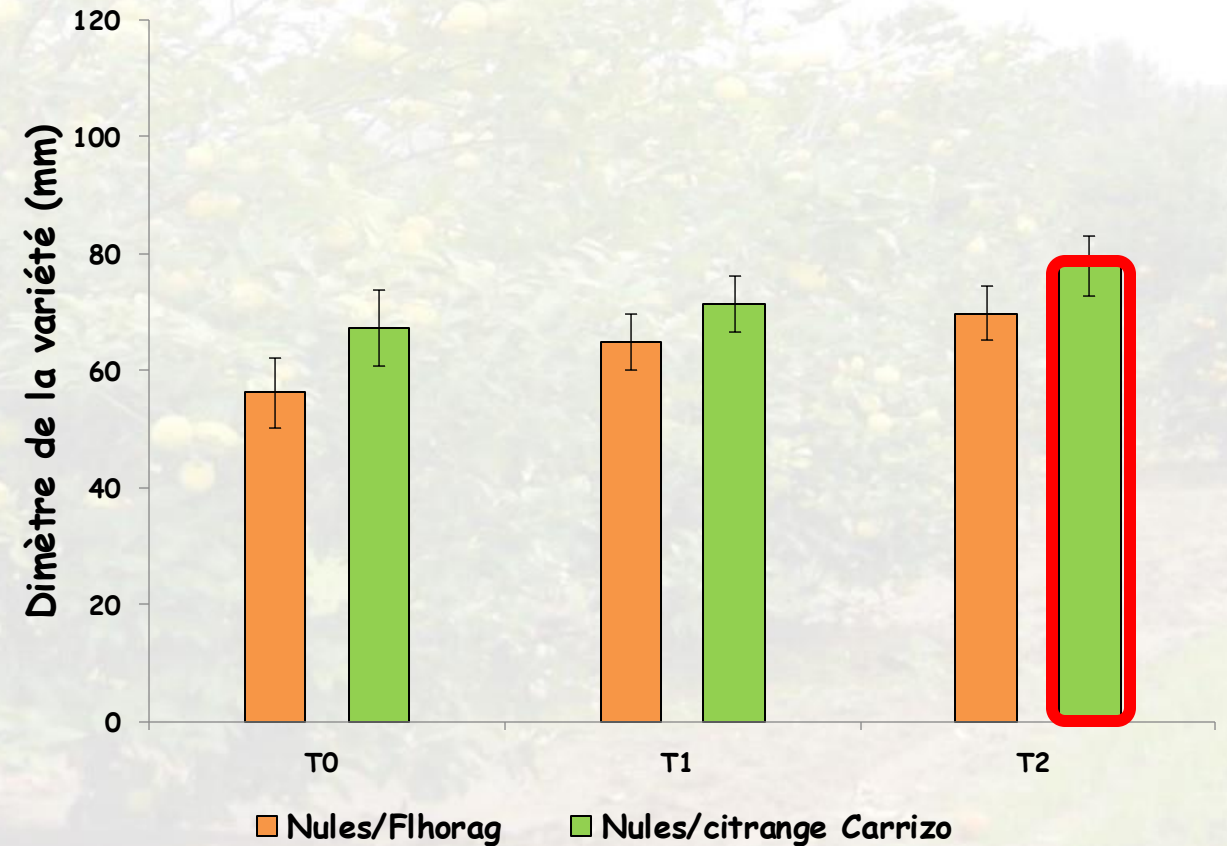
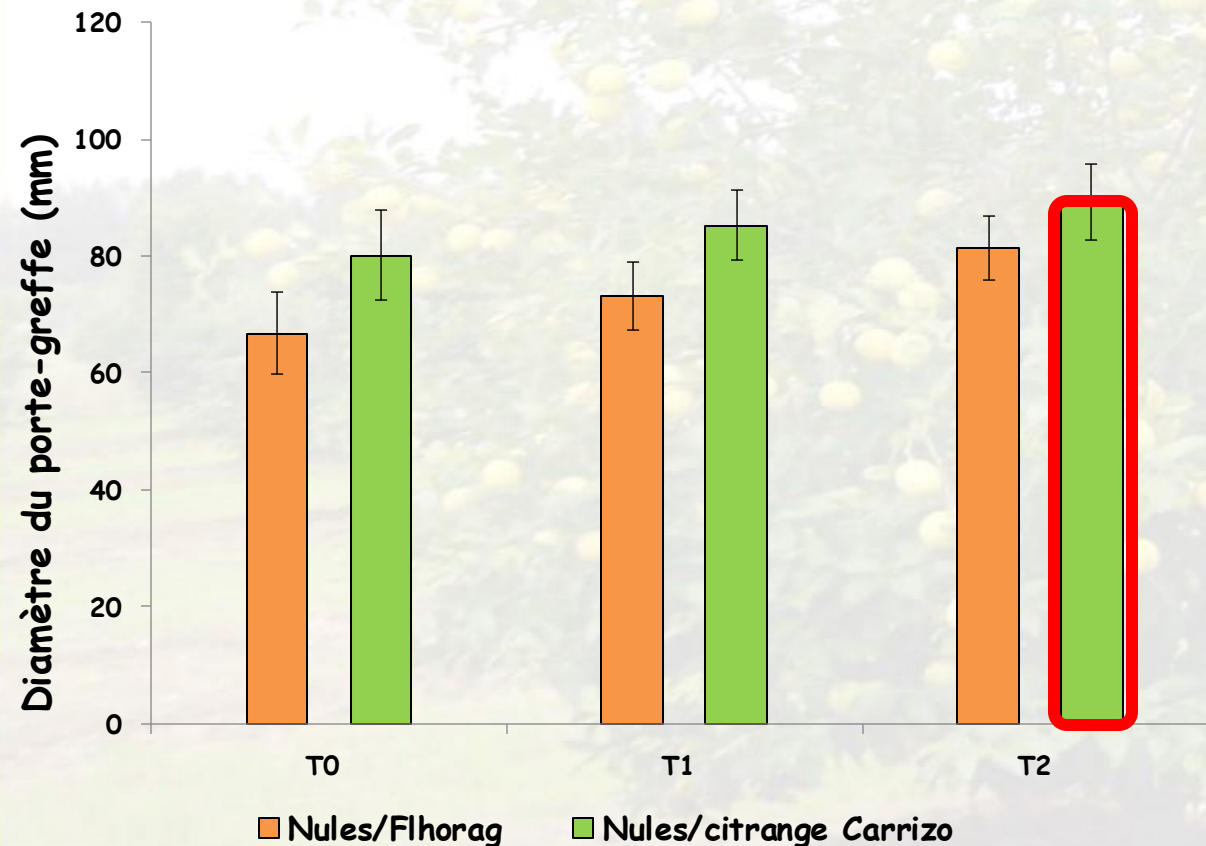


* : Pour chaque année, les valeurs suivies de même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

2. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur le diamètre du porte-greffe et de la variété des arbres du clémentinier Nules

Résultats

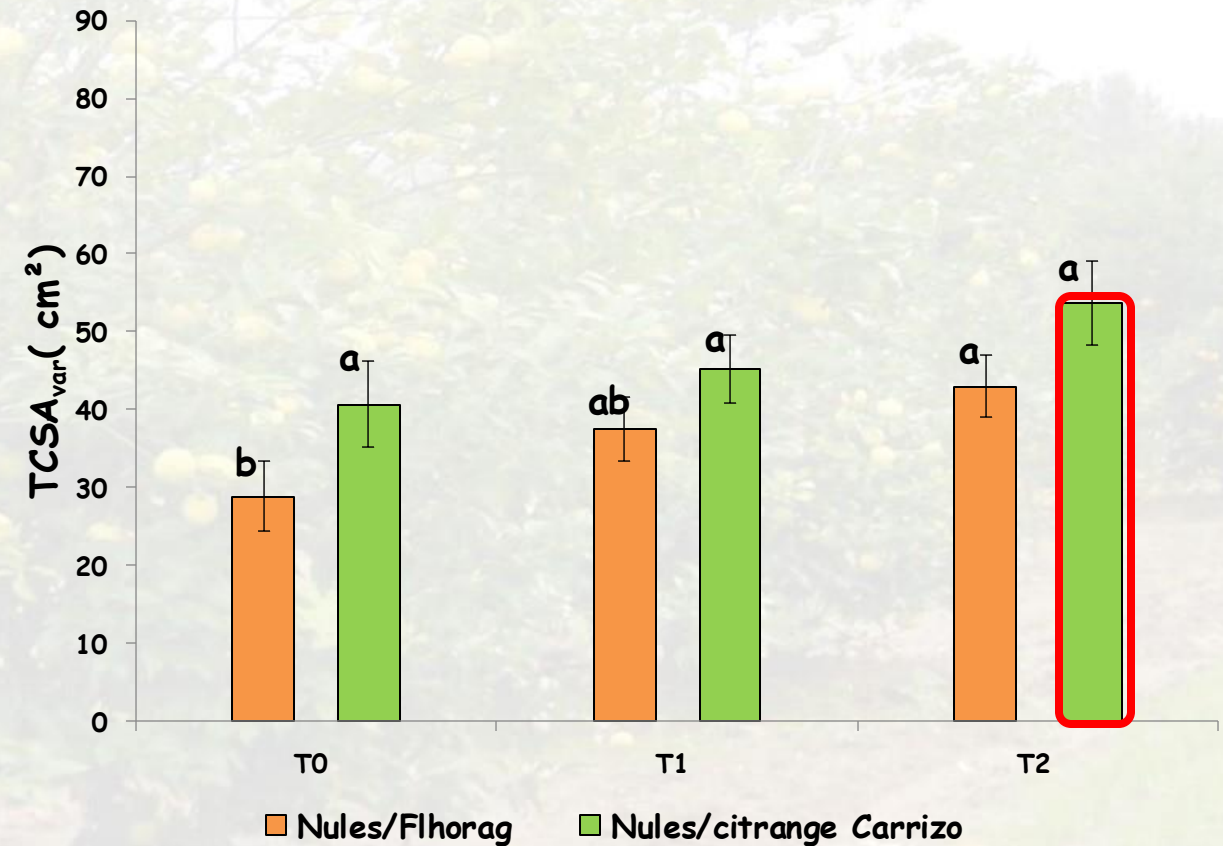
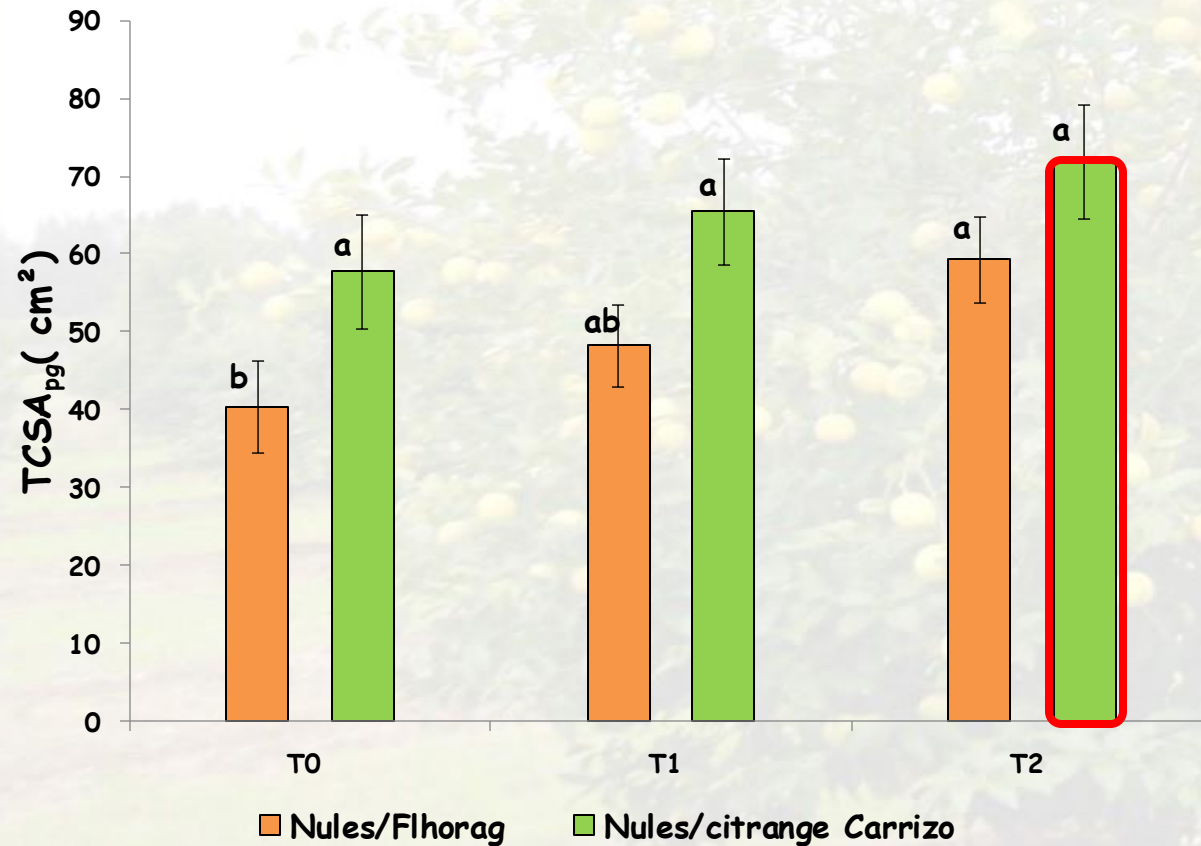
- Le diamètre du tronc au niveau du porte-greffe a varié significativement selon la dose d'azote, contrairement à celui observé au niveau de la variété.
- Le traitement T2 (540 g N/arbre) a généré les valeurs les plus élevées.



3. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur la surface transversale du tronc (TCSA) du porte-greffe et TCSA de la variété des arbres du clémentinier Nules

Résultats

- La surface de la section du tronc au niveau du porte-greffe et de la variété a été significativement influencée par la dose d'azote et le type de porte-greffe.
- Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées chez les arbres recevant le traitement T2 (540 g N/arbre) et greffés sur citrange Carrizo.

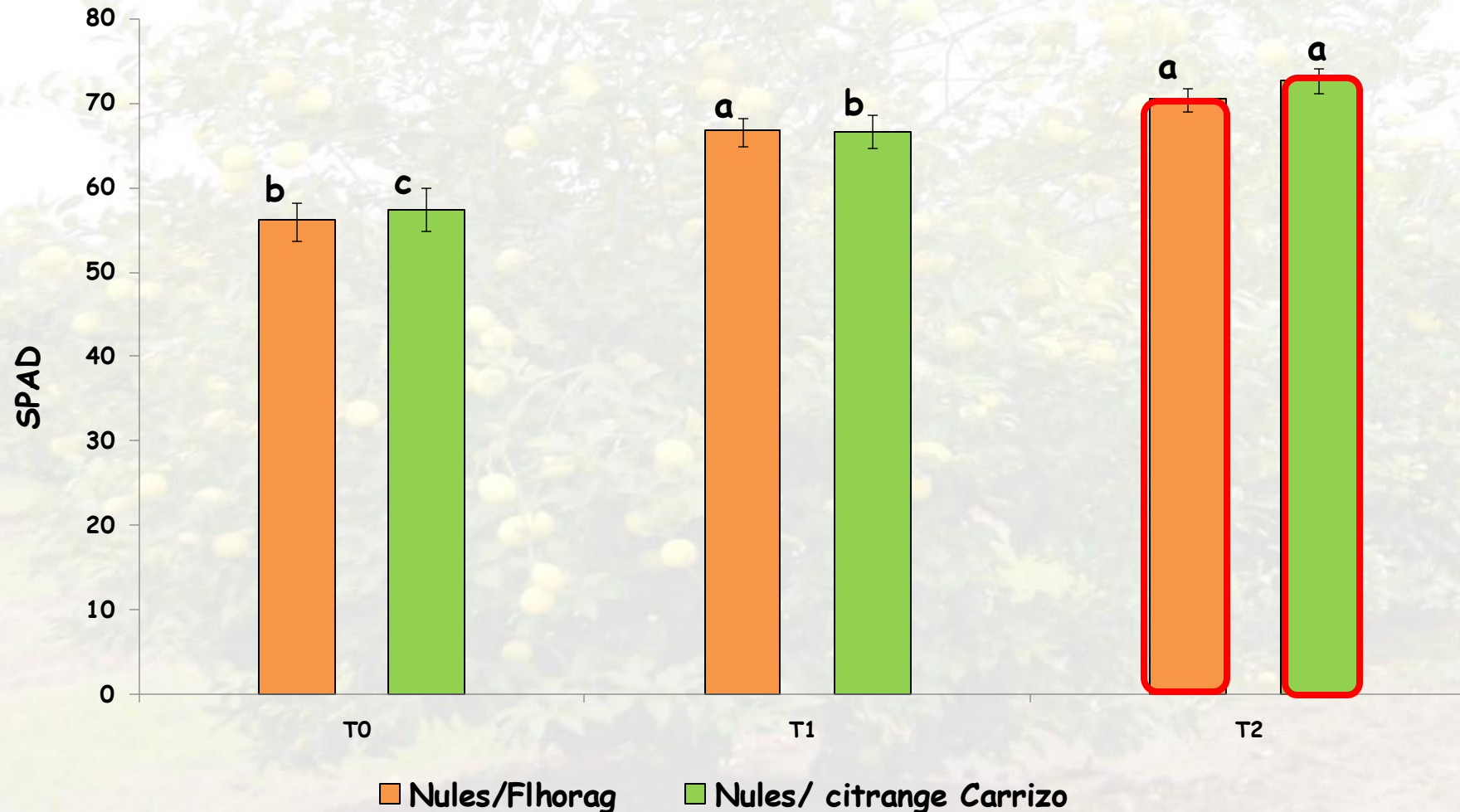


* : Pour chaque association, les valeurs suivies de même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

4. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur la teneur des feuilles en chlorophylle SPAD des arbres de clémentinier Nules

Résultats

- La teneur foliaire en chlorophylle (mesurée par SPAD) a été significativement influencée par la dose d'azote.
- La valeur maximale, dépassant 72,6 a été obtenue sous le traitement T2 (540 g N/arbre).

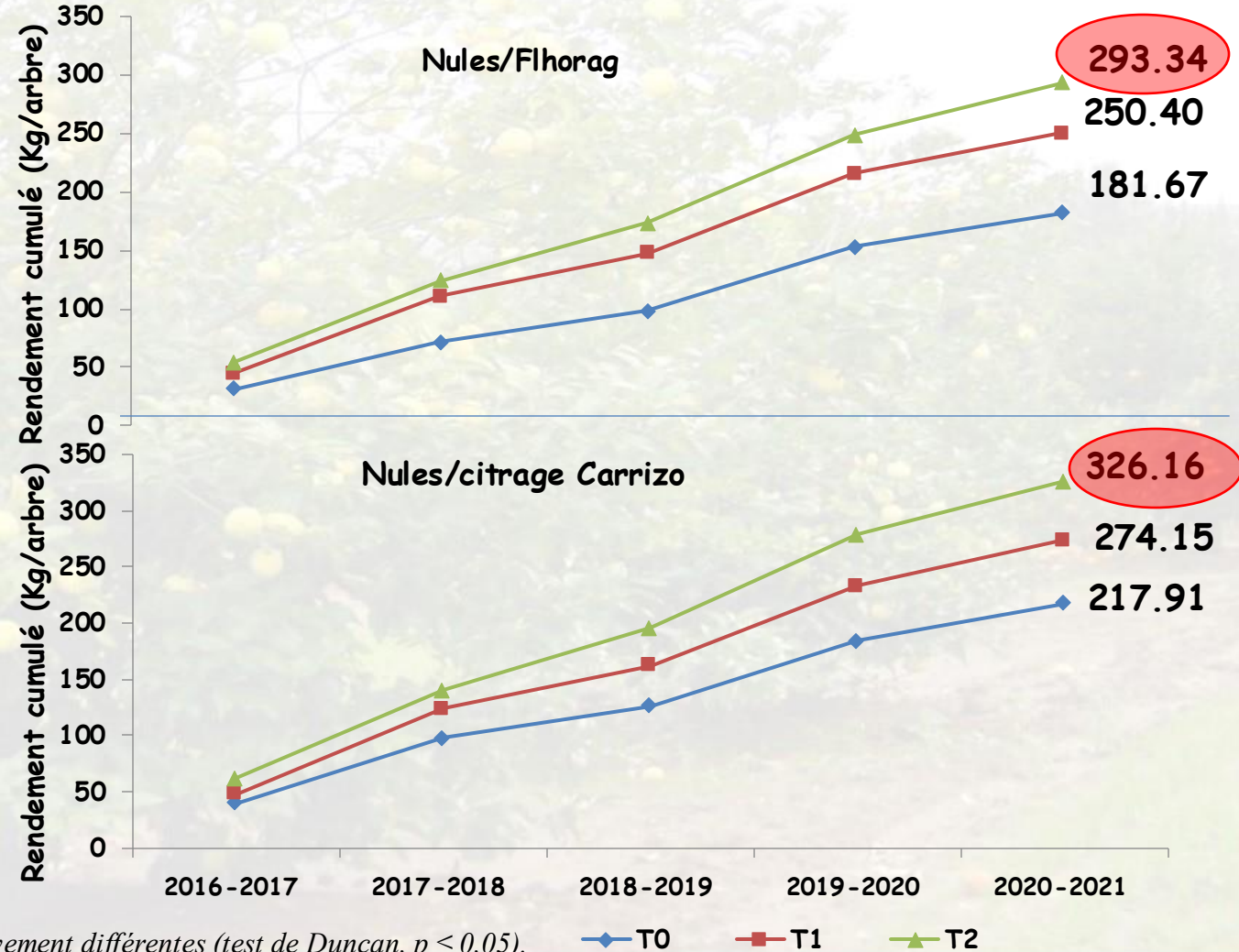
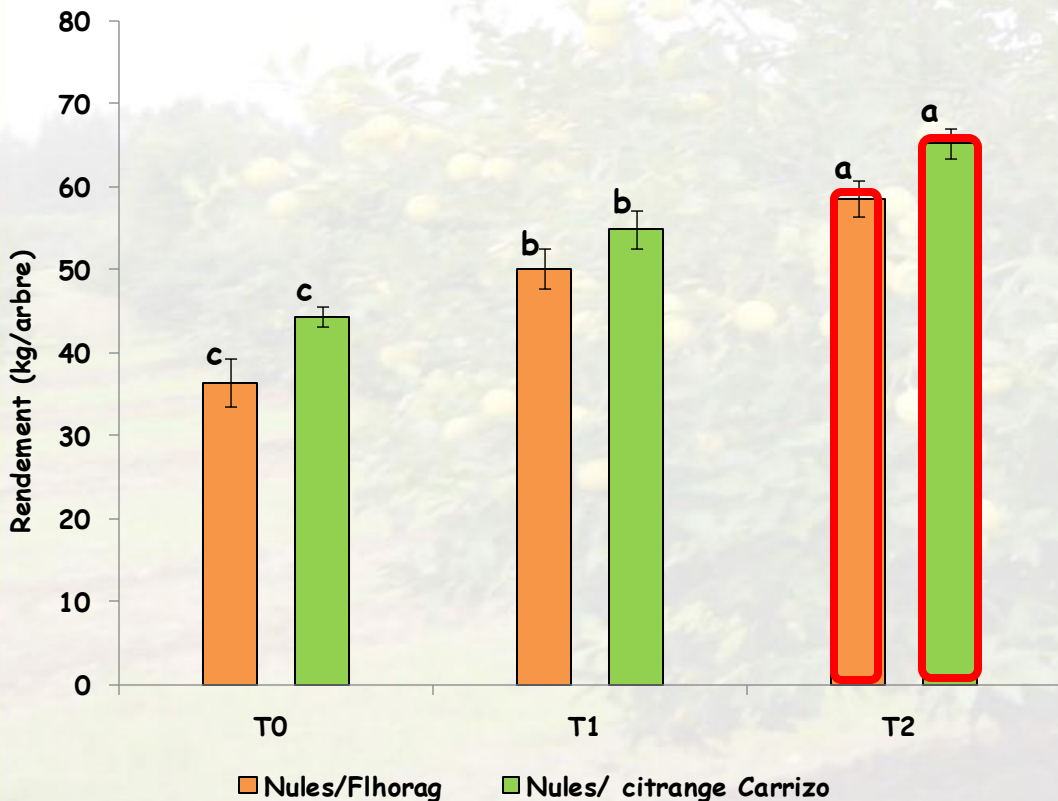


* : Pour chaque association, les valeurs suivies de même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

5. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur le rendement en fruit des arbres du clémentinier Nules

Résultats

- Le rendement moyen et cumulé a été significativement affecté par la dose d'azote et le porte-greffe.
- Le traitement T2 (540 g N/arbre) appliqué sur le citrange Carrizo a permis d'atteindre les rendements les plus élevés, avec un cumul dépassant 326 kg, soit un gain de plus de 60 kg/arbre.

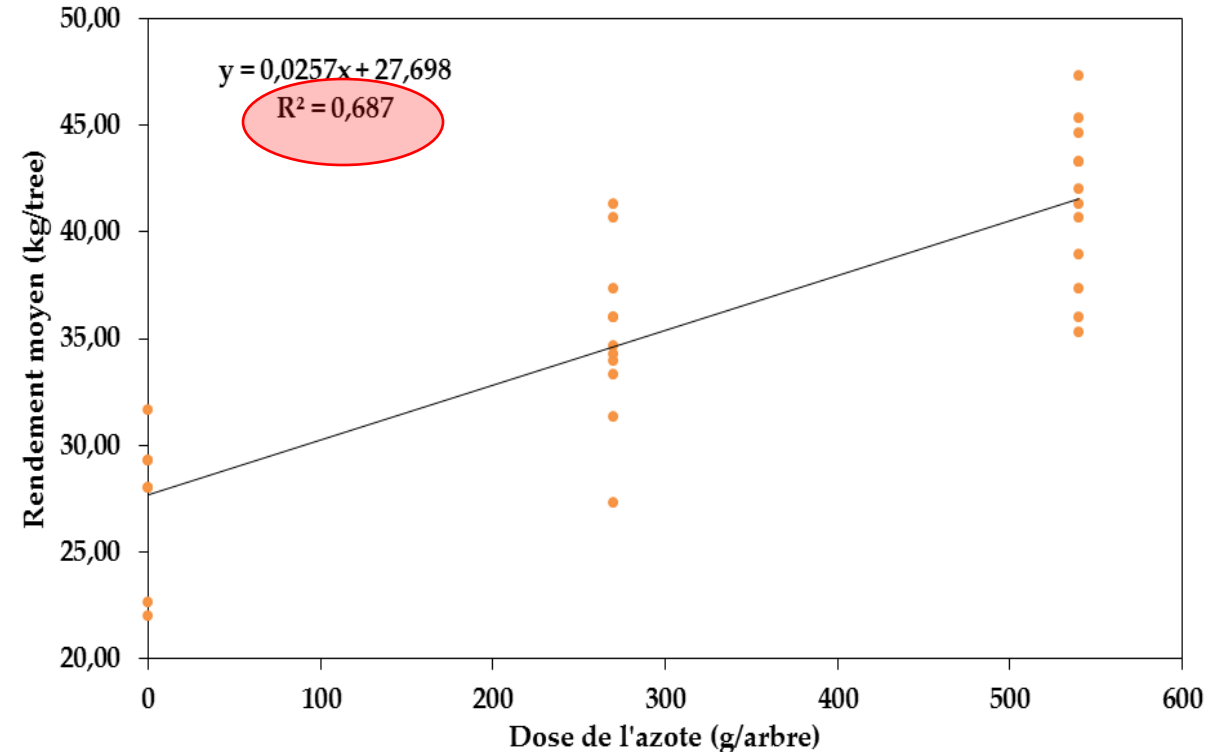
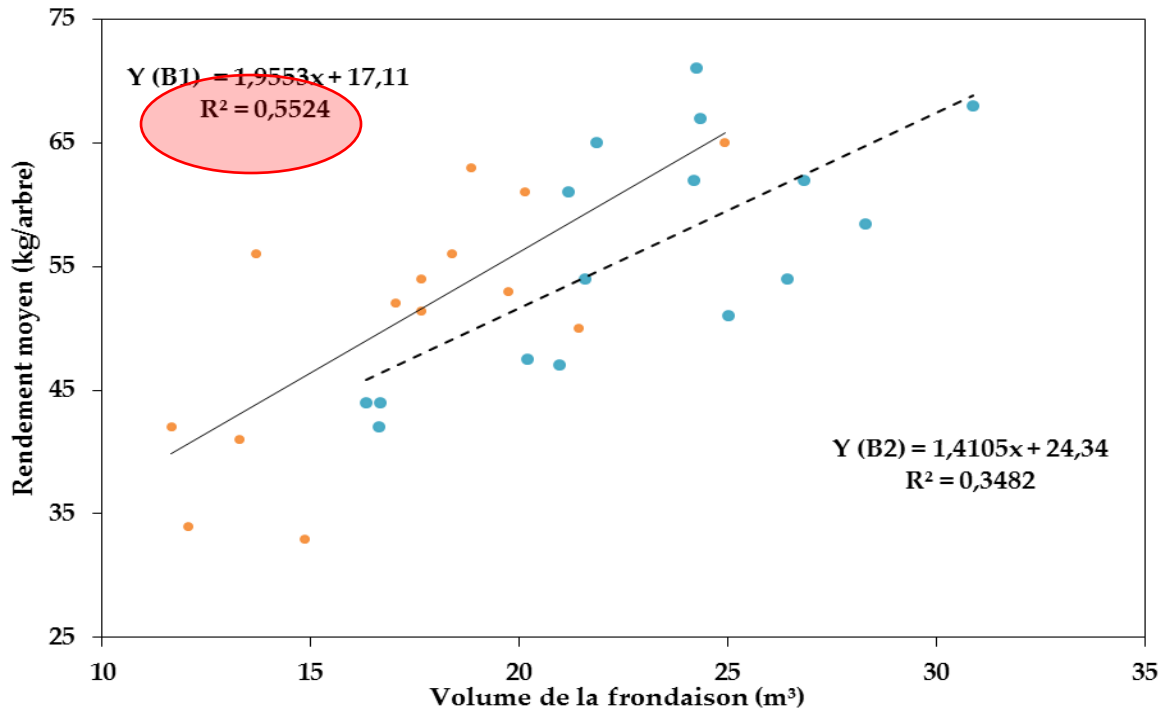


* : Pour chaque association, les valeurs suivies de même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

5. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur le rendement en fruit des arbres du clémentinier Nules

Résultats

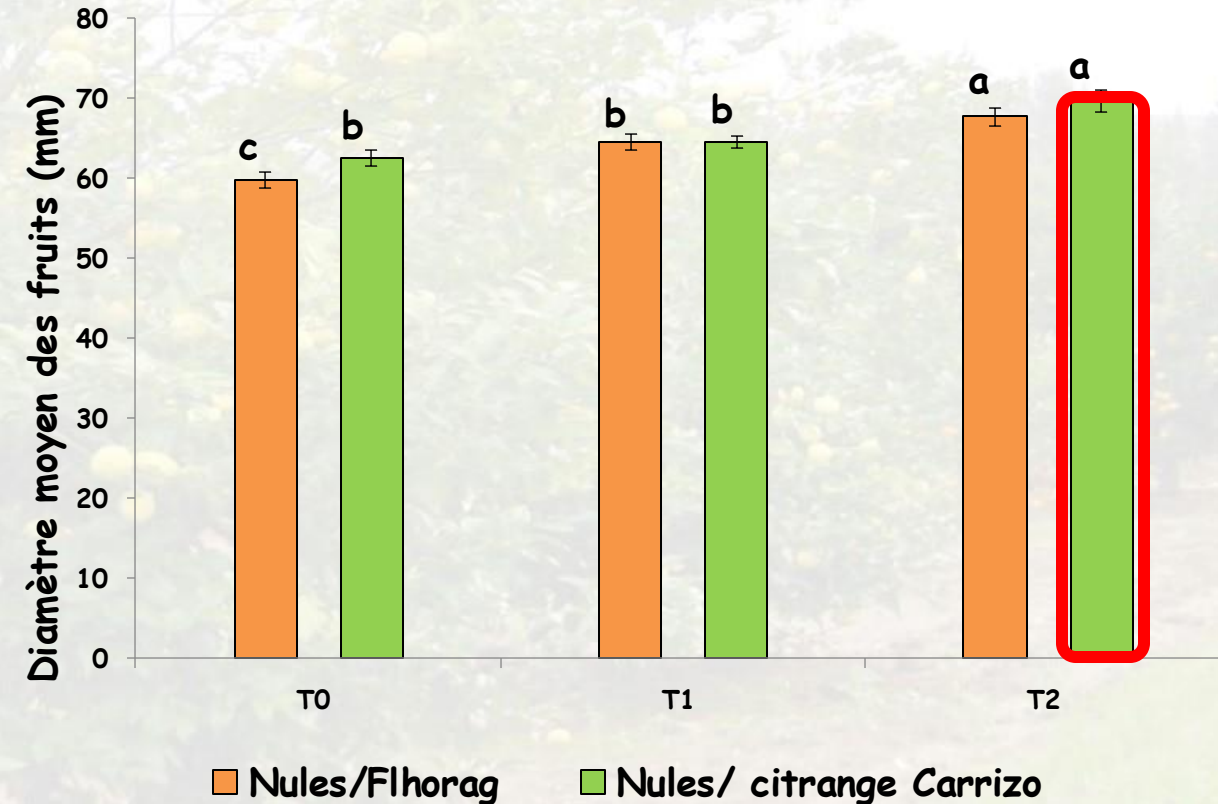
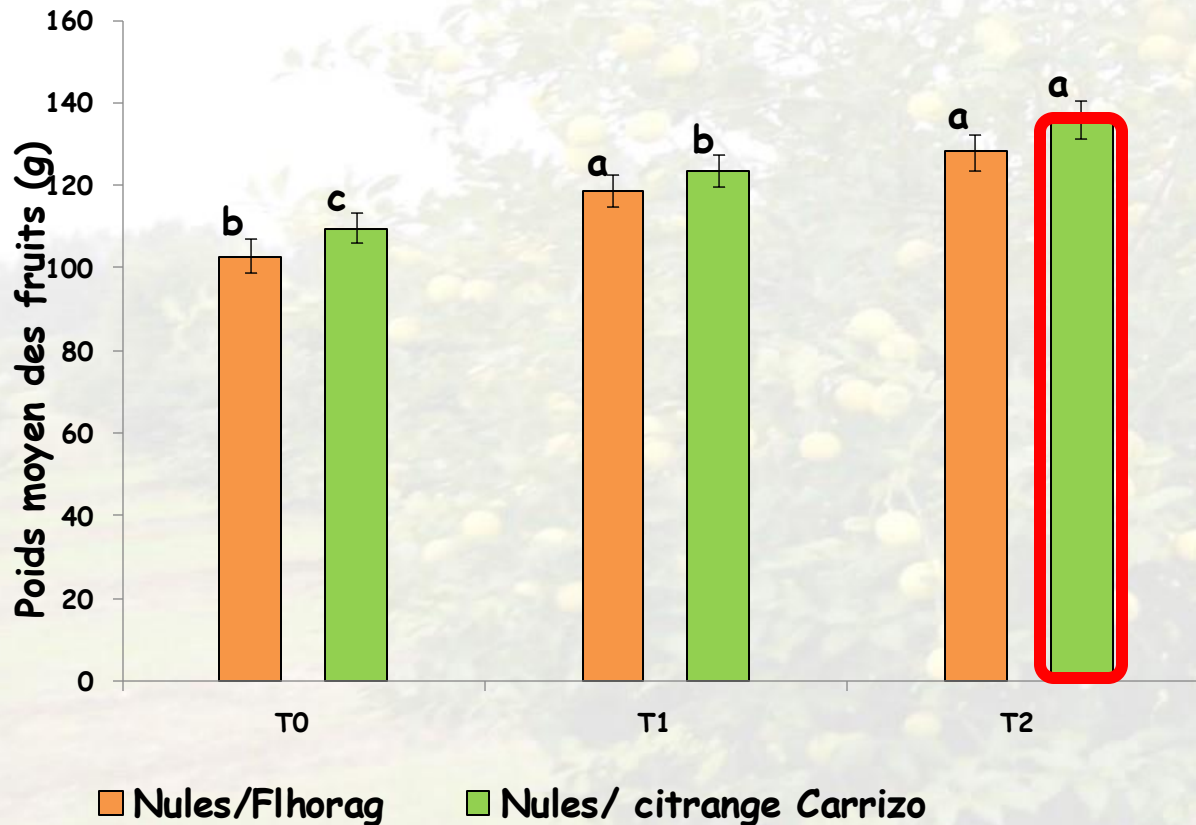
- Le rendement moyen en fruits a augmenté de manière linéaire et significative avec l'élévation de la dose d'azote.
- Une corrélation positive a été démontrée entre le rendement et le volume de la frondaison.



6. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur le poids moyen des fruits du clémentinier Nules

Résultats

- Le poids et le diamètre moyen des fruits ont été significativement influencés par la dose d'azote.
- Le traitement T2 (540 g N/arbre) a amélioré de façon notable le calibre et le poids moyen des fruits de la variété Nules, quel que soit le porte-greffe.



* : Pour chaque association, les valeurs suivies de même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

Nules/Flhorag

T0



T1



T2



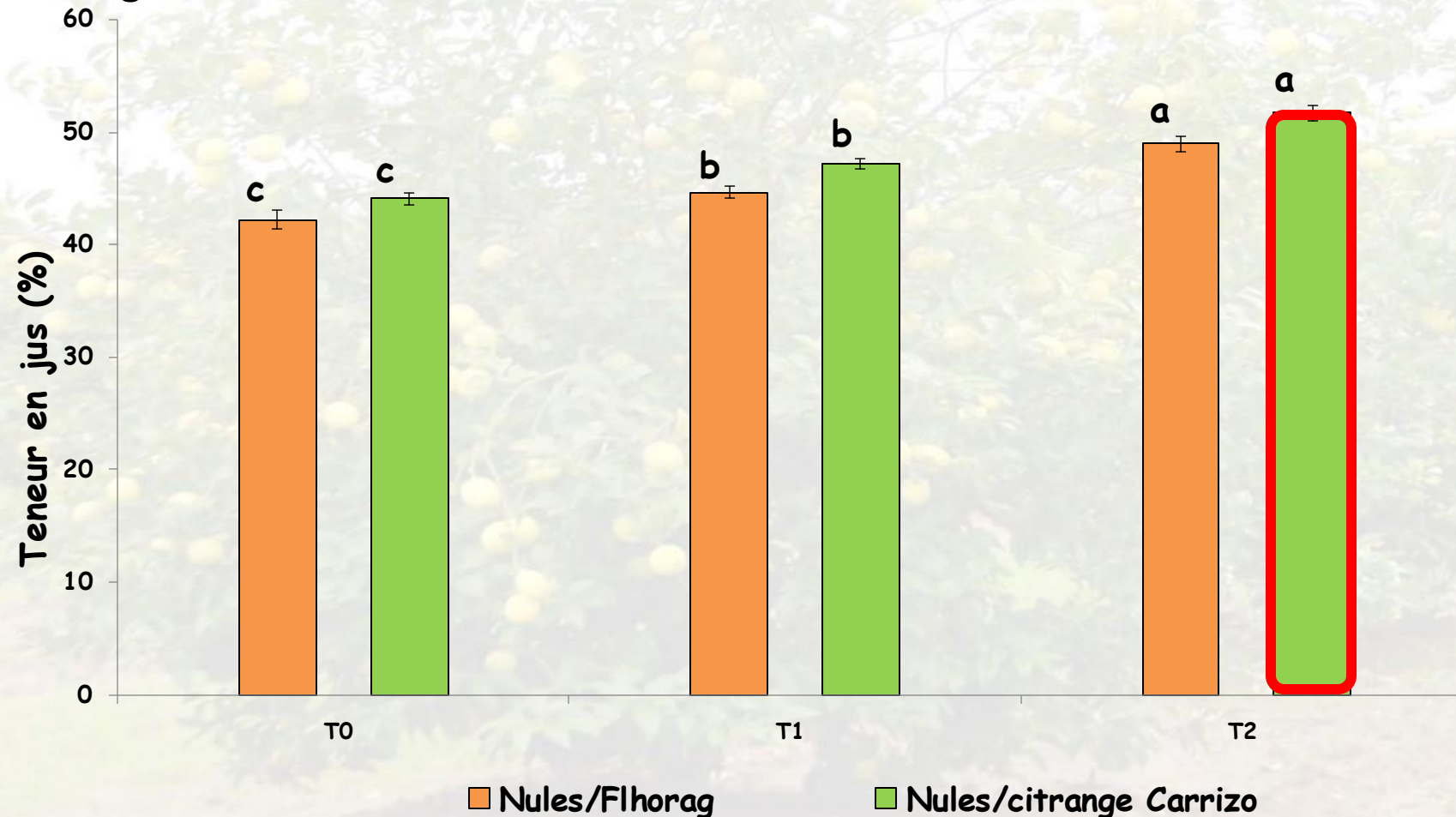
Nules/citrango Carrizo



7. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur la teneur en jus des fruits du clémentinier Nules

Résultats

- La teneur en jus des fruits a été significativement influencée par la dose d'azote et le génotype du porte-greffe.
- La valeur maximale ($51,72 \pm 0,7$ %) a été obtenue avec le traitement T2 (540 g N/arbre) sur des arbres greffés sur citrange Carrizo.

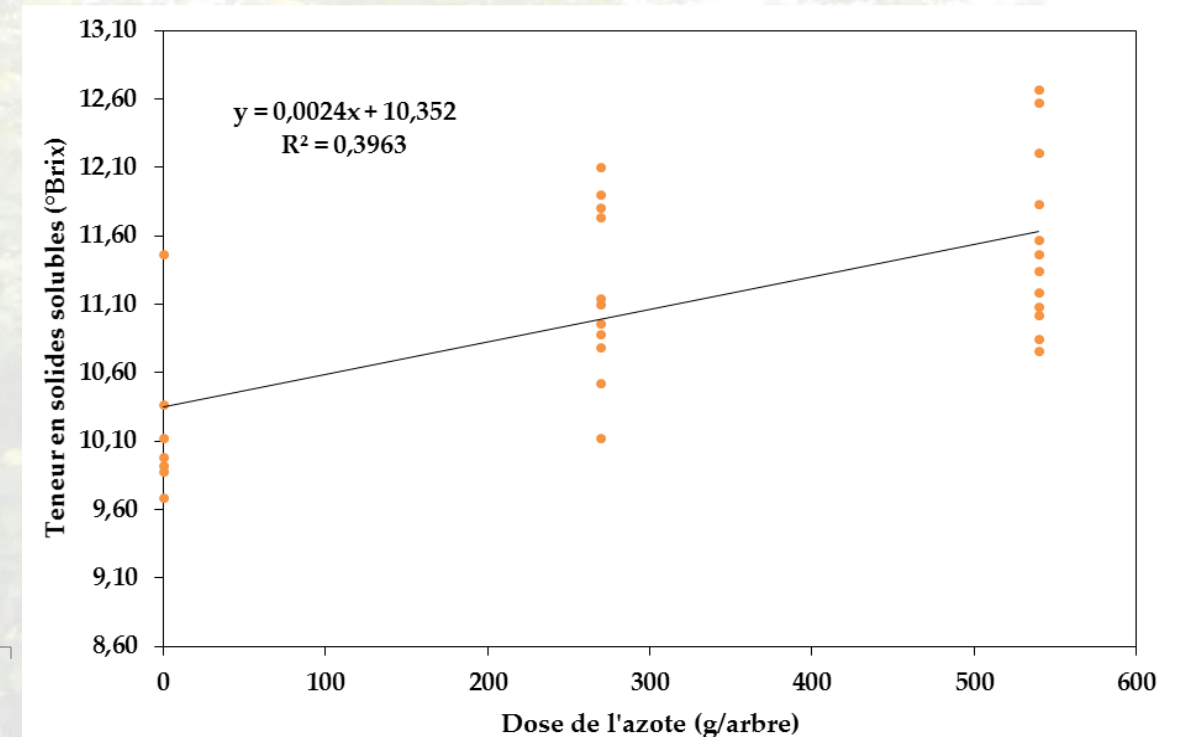
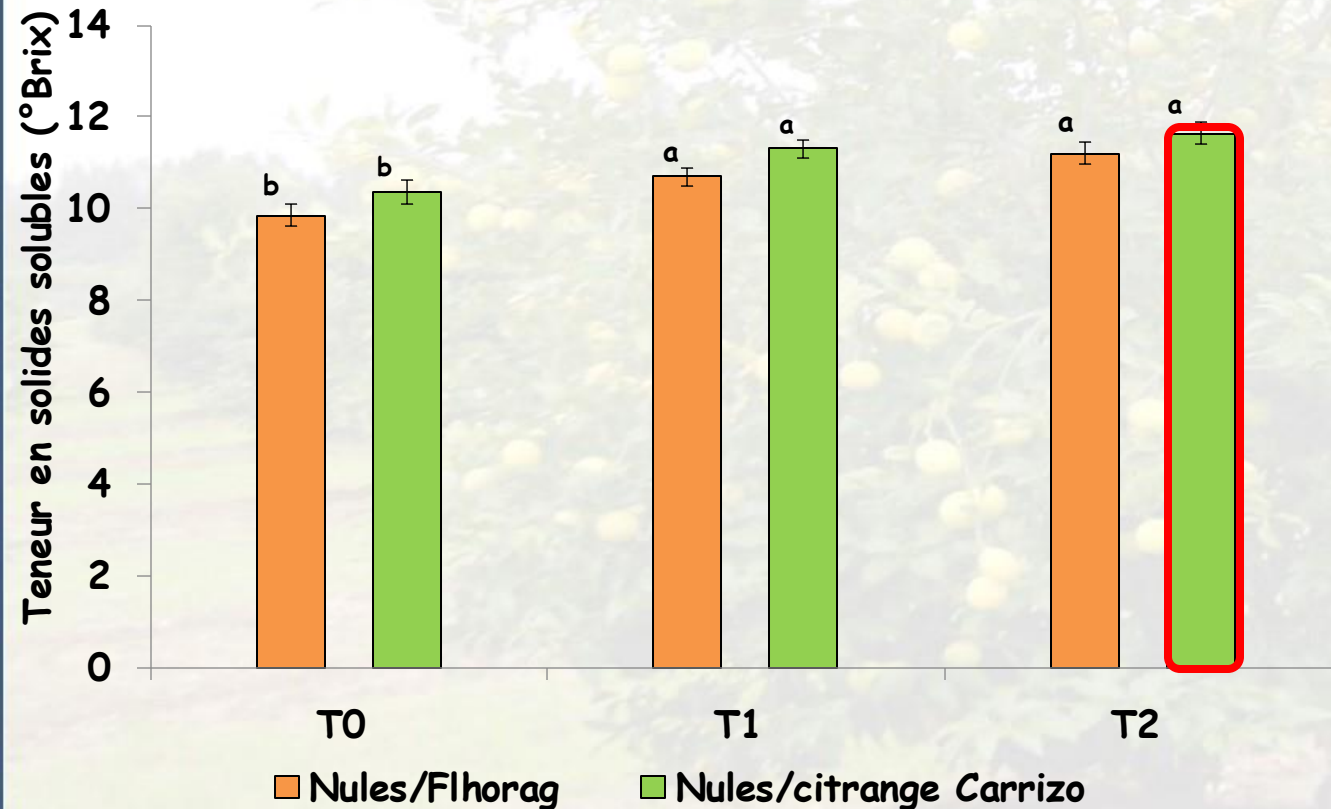


* : Pour chaque association, les valeurs suivies de même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

8. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur la teneur en solides solubles des fruits du clémentinier Nules

Résultats

- La teneur en sucre (°Brix) des fruits de clémentine Nules a été significativement influencé par la dose d'azote et le porte-greffe, suivant une réponse linéaire, positive et significative.
- La valeur maximale (11,63 °Brix) a été enregistré chez les arbres greffés sur citrange Carrizo et fertilisés avec le traitement T2 (540 g N/arbre).

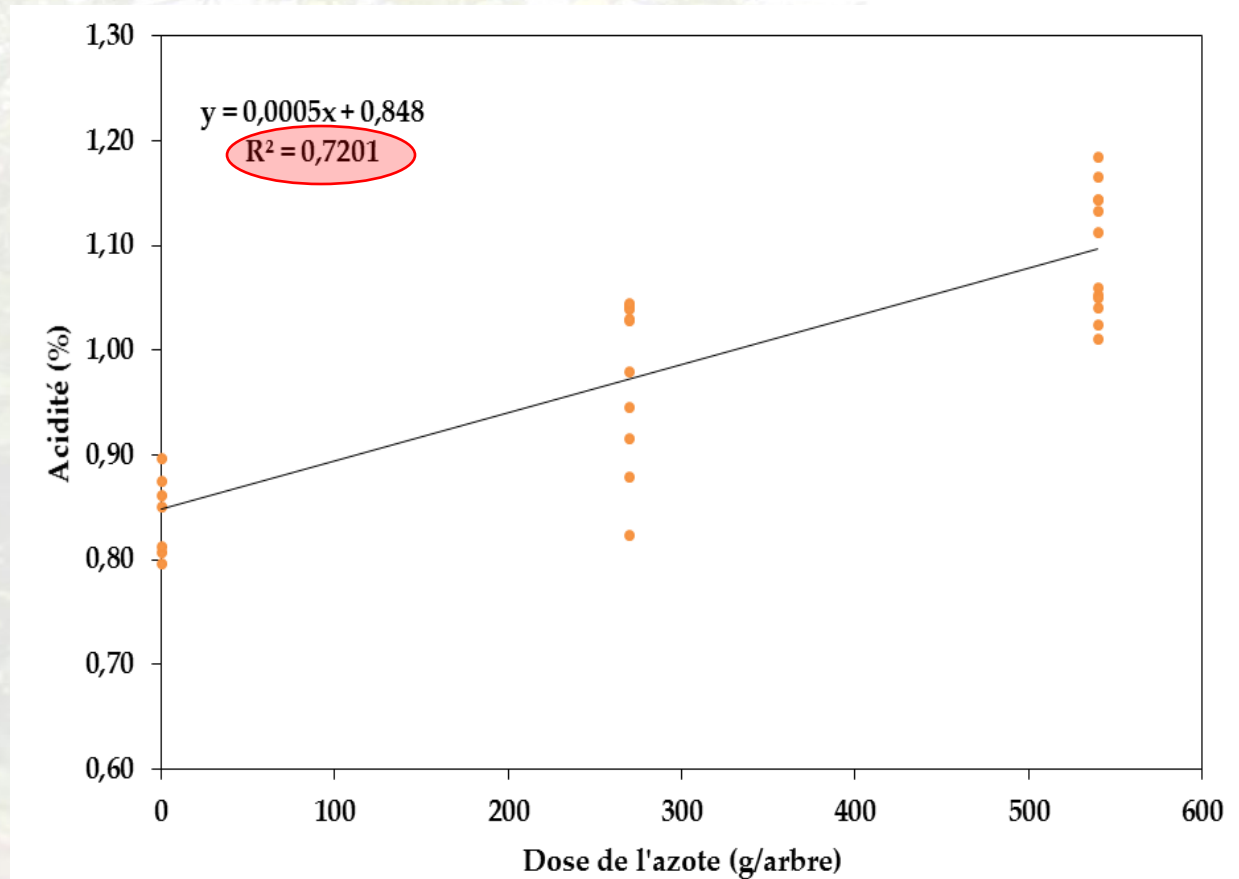
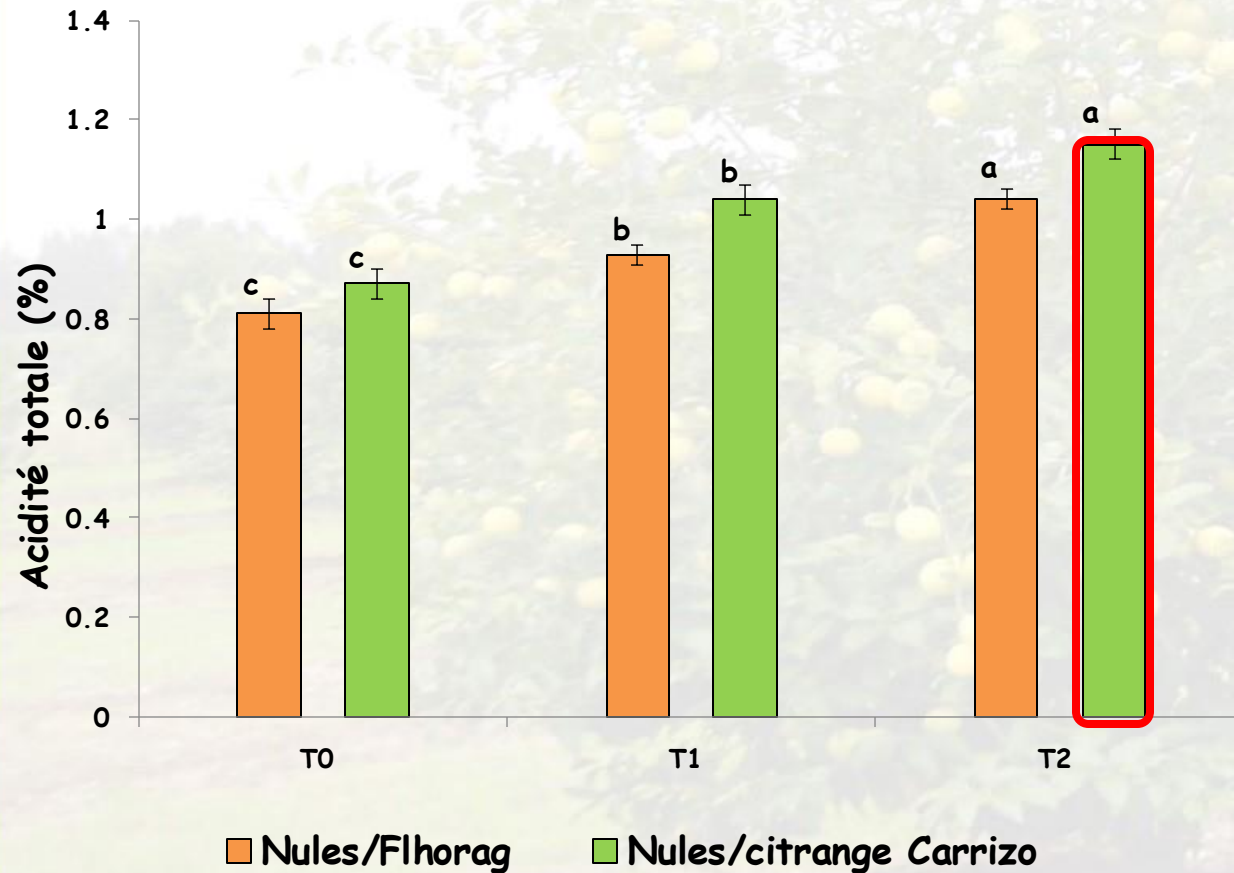


* : Pour chaque association, les valeurs suivies de même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

9. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur l'acidité du jus des fruits du clémentinier Nules

Résultats

- L'acidité totale des fruits de clémentine Nules a été significativement influencée par la dose d'azote et le porte-greffe, avec une réponse linéaire, positive et significative.
- La valeur maximale (1,15 %) a été observée chez les fruits des arbres greffés sur citrange Carrizo et soumis au traitement T2 (540 g N/arbre).

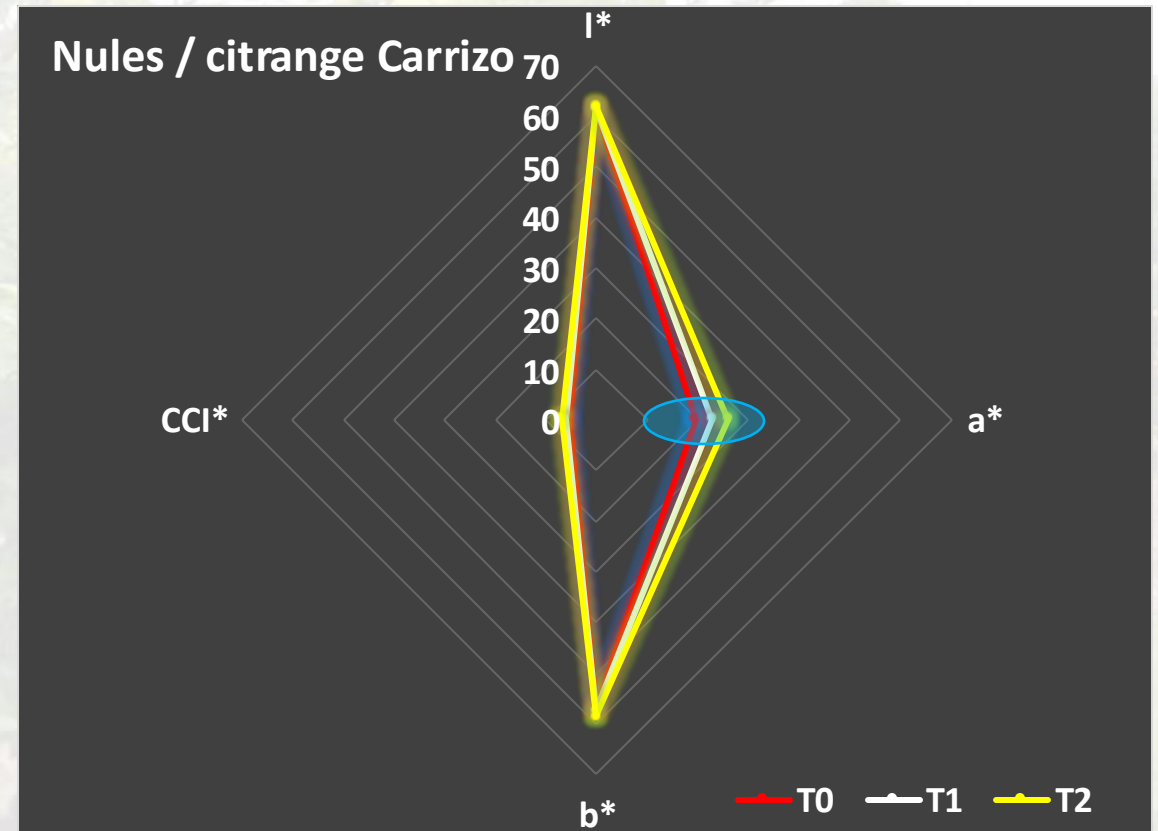
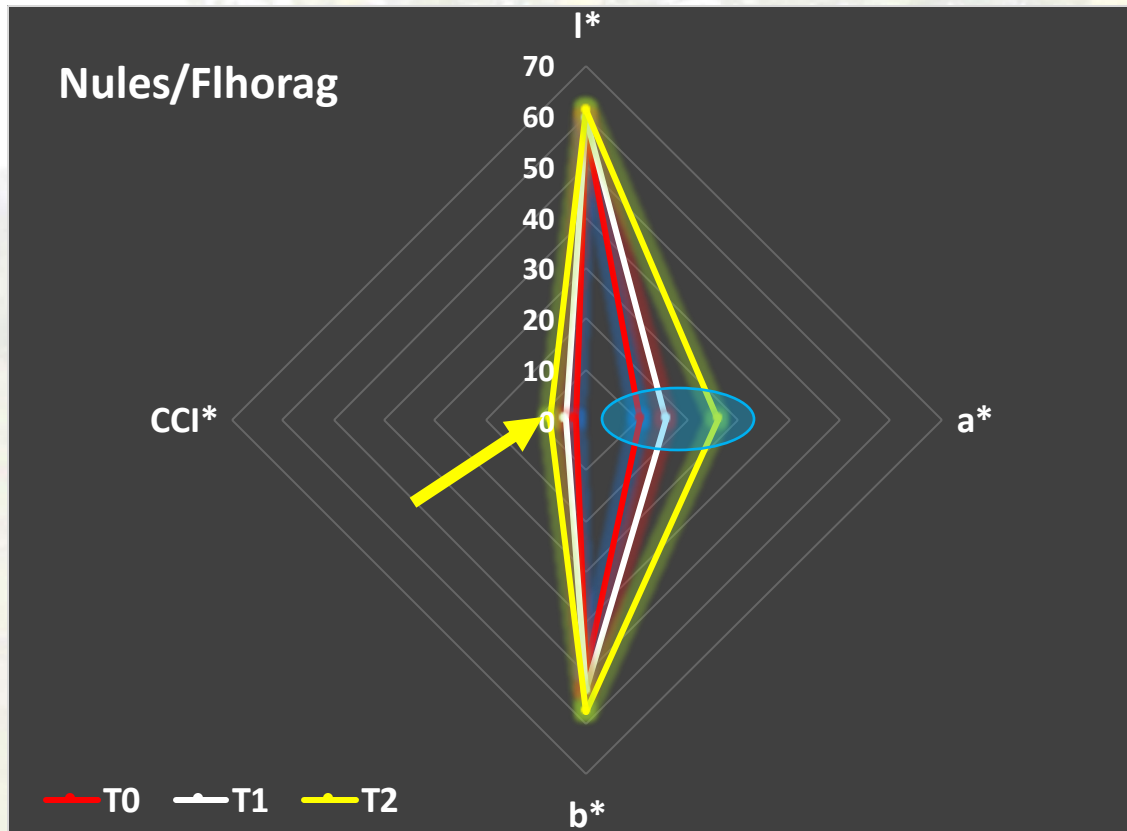


* : Pour chaque association, les valeurs suivies de même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

10. Effet de la dose d'azote et du porte-greffe sur l'indice de coloration des fruits du clémentinier Nules

Résultats

- La dose d'azote et le porte-greffe ont un effet significatif sur les paramètres de coloration des fruits de la variété Nules.
- Les valeurs les plus élevées de l'indice de coloration CCI (7,21) et de la composante a (26,02) ont été obtenues sous le traitement T2 (540 g N/arbre) chez les arbres greffés sur Flhorag.



Conclusion

- La fertilisation azotée à 540 g/arbre a significativement renforcé la vigueur du clémentinier Nules, notamment sur le porte-greffe citrange Carrizo.
- Les arbres greffés sur citrange Carrizo, combinés au traitement T2 (540 g N/arbre/an), ont montré les performances les plus élevées, tant sur le plan quantitatif que qualitatif.
- Le traitement T2 a amélioré de façon notable le calibre, le poids, la teneur en jus, le taux de sucre et l'acidité des fruits, assurant une qualité commerciale supérieure.
- Les meilleurs indices de coloration (CCI et a*) ont été enregistrés sur Fihorag avec 540 g N/arbre, indiquant une maturité et une attractivité optimale.
- L'utilisation de la dose: 540 N- 135 P₂O₅ - 270 K₂O (g/arbre/an) a permis d'atteindre un rendement optimal et une qualité supérieure des fruits de la clémentine Nules dans les conditions du Gharb (région de Sidi Allal Tazi).
- L'étude souligne l'importance d'une gestion raisonnée et adaptée de la fertilisation selon les conditions pédoclimatiques, le type de sol, la variété et le porte-greffe.

Impact of nitrogen fertilization and rootstock genotype on growth and fruit quality of Nules clementine

Fatima Ezahra Omari¹, Lhou Beniken¹, Abdelmjid Zouahri², Hassan Benaouda¹, Rachid Benkirane³ and Hamid Benyahia¹

¹Regional Center of Agricultural Research of Kenitra, National Institute of Agricultural Research (INRA), Morocco;

²Regional Center of Agricultural Research of Rabat, National Institute of Agricultural Research (INRA), Morocco; ³Plant Productions, Animal and Agro-Industry Laboratory, Ibn Tofail University, Faculty of Science of Kenitra, Morocco

*Corresponding author's e-mail: fatimaezahra.omari@inra.ma

This study focuses on understanding the impact of varying nitrogen rates on the growth, fruit production, and quality of clementine Nules variety trees grafted onto Flhorag and Carrizo citrange rootstocks and cultivated at the Sidi Allal Tazi Experimental Station of INRA Morocco, in clay soil, over five seasons. A split-plot design with three blocks of repetitions (two trees per bloc per treatment, n=6) was employed in this experiment. The main plot varied the nitrogen doses, while the subplot involved the genotype of rootstock. Three fertilizer treatments with N rates (T₀: control (native nutrient), T₁: 270, T₂: 540 in g/tree), with 135 P₂O₅ and 270 K₂O g/tree added to citrus trees. The research indicated that both nitrogen rate and rootstock genotype significantly influenced vegetative growth, yield, and fruit quality of Nules clementine. Increased nitrogen levels enhance vegetative growth, especially in Carrizo citrange rootstock, evidenced by greater tree height, canopy diameter, and volume. Significant and positive correlation was found between canopy volume and fruit yield, across both rootstock highlighting the importance of proper nitrogen management in citrus cultivation. Carrizo citrange was proved to be a more efficient rootstock for Nules variety in contrast to tetraploid Flhorag. Higher nitrogen rates with Carrizo citrange result in better yield and fruit quality (size, juice content, and solid soluble content) than with tetraploid Flhorag. Optimal yield and fruit quality in Nules clementine are achieved using 540g of N/tree/year when grafted on Carrizo citrange. The recommended NPK rate for achieving high yield and optimal fruit quality of Nules clementine was 540 N-135 P₂O₅-270 K₂O g/tree/year.

Keywords: Citrus, rootstocks, nutritional requirements, fertilizer application, yields, fruit quality.

INTRODUCTION


Citrus crops are the most produced fruit in the world, covering more than 129,000 ha and yielding around 2.4 million tons per year in Morocco (FAO, 2020). Recent decades have seen an increase in citrus plantations driven by rising demands for local consumption and export. Despite this growth, Moroccan citrus productivity remains low compared to other Mediterranean countries (FAO, 2020). Most current fertilization programs rely on outdated local recommendations or practices from countries with different citrus-growing conditions. This calls for more studies on optimal nutrient fertilizer management and the best citrus rootstock for maximizing yield and optimal fruit quality.

Citrus crops require balanced nutrition for growth and development, with nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) being crucial (Ghosh, 1990; Obreza and

Morgan, 2008). Nitrogen, in particular, is a key component in mineral fertilizers, significantly influencing tree growth, appearance, and fruit production/quality (Zekri and Obreza, 2003a,b). However, nitrogen deficiency or excess can lead to various growth and environmental issues. This highlights the importance of a balanced NPK fertilization program (Alva *et al.*, 2006a; Cantarella *et al.*, 2003; Obreza and Rouse, 1993). The nitrogen deficiency leads to decrease plant growth. The typical symptom is observed on the old leaves due to the translocation of nitrogen from the old to the developing young leaves (Alva *et al.*, 1998; Koo and Young, 1977). The old leaves, therefore, become yellow and fall off in the time, so the branches become dry and die from the top. This causes poor production of a small-size fruits of citrus (Osotsapa, 2001; Ritenour *et al.*, 2003).

Nitrogen (N) is the most important nutrient in the plant. It is a crucial and primary element of amino acid, proteins, enzyme

Omari, F.E., L. Beniken, A. Zouahri, H. Benaouda, R. Benkirane and H. Benyahia. 2025. Impact of nitrogen fertilization and rootstock genotype on growth and fruit quality of Nules clementine. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences* 13:1-17.
[Received 5 May 2023; Accepted 13 Dec 2023; Published 1 Jan 2025]

 Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Omari F.E., Beniken L., Zouahri A., Benaouda H., Benkirane R. and Benyahia H. 2025. Impact of nitrogen fertilization and rootstock genotype on growth and fruit quality of Nules Clementine. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences (JGIAS)* 13 (1):1-17.

<https://doi.org/10.22194/JGIAS/25.1228>



Merci pour Votre attention