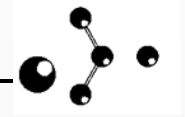




Evaluation de la tolérance différenciée à la carence en Zinc chez trois porte-greffes d'agrumes soumis au stress calcaire



Rania Brital^{1,2}, Mohammed Ibriz², Hasna Yachou¹, Hamid Benyahia¹, Tarik ES-safrouy¹, Zhor Abail¹

¹Institut National de la Recherche Agronomique, Avenue Ennasr, BP 415 Rabat Principale, 10090 Rabat, Maroc.

²Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc.

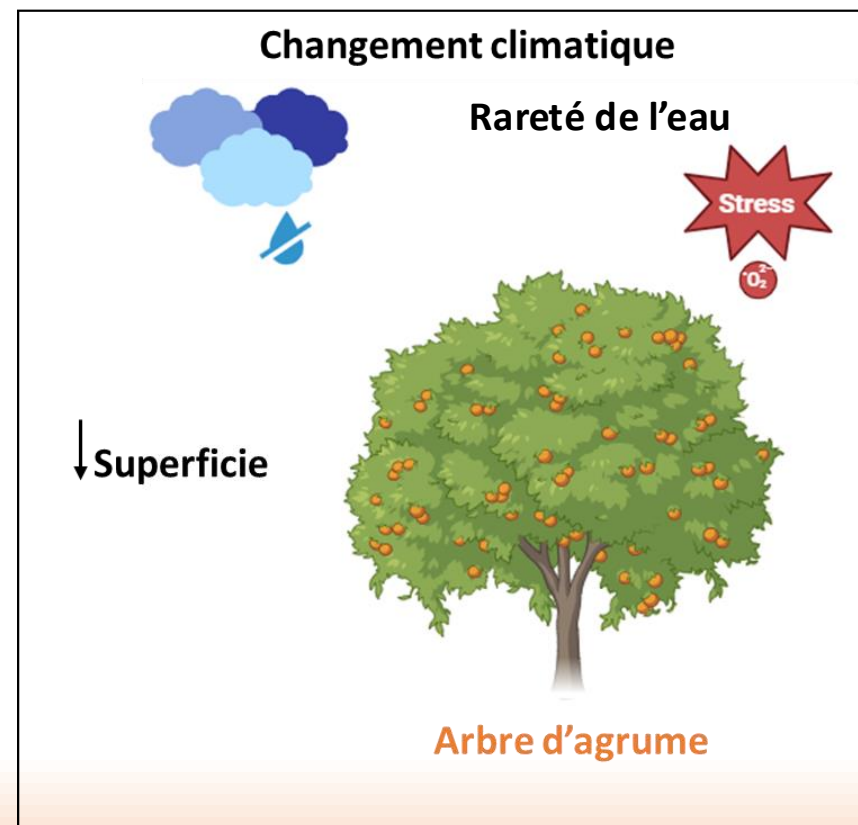
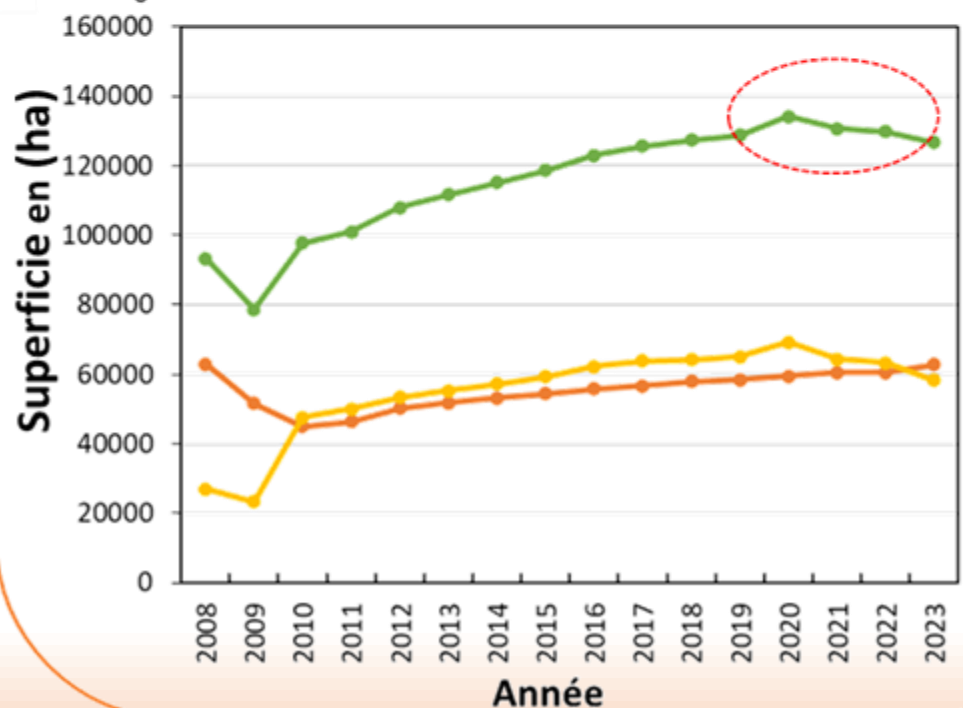
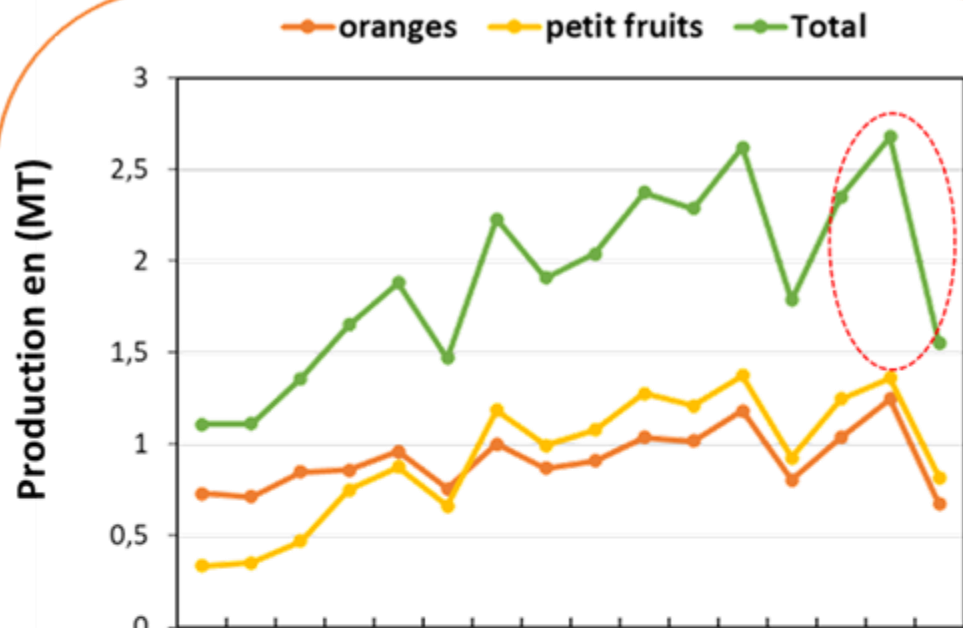


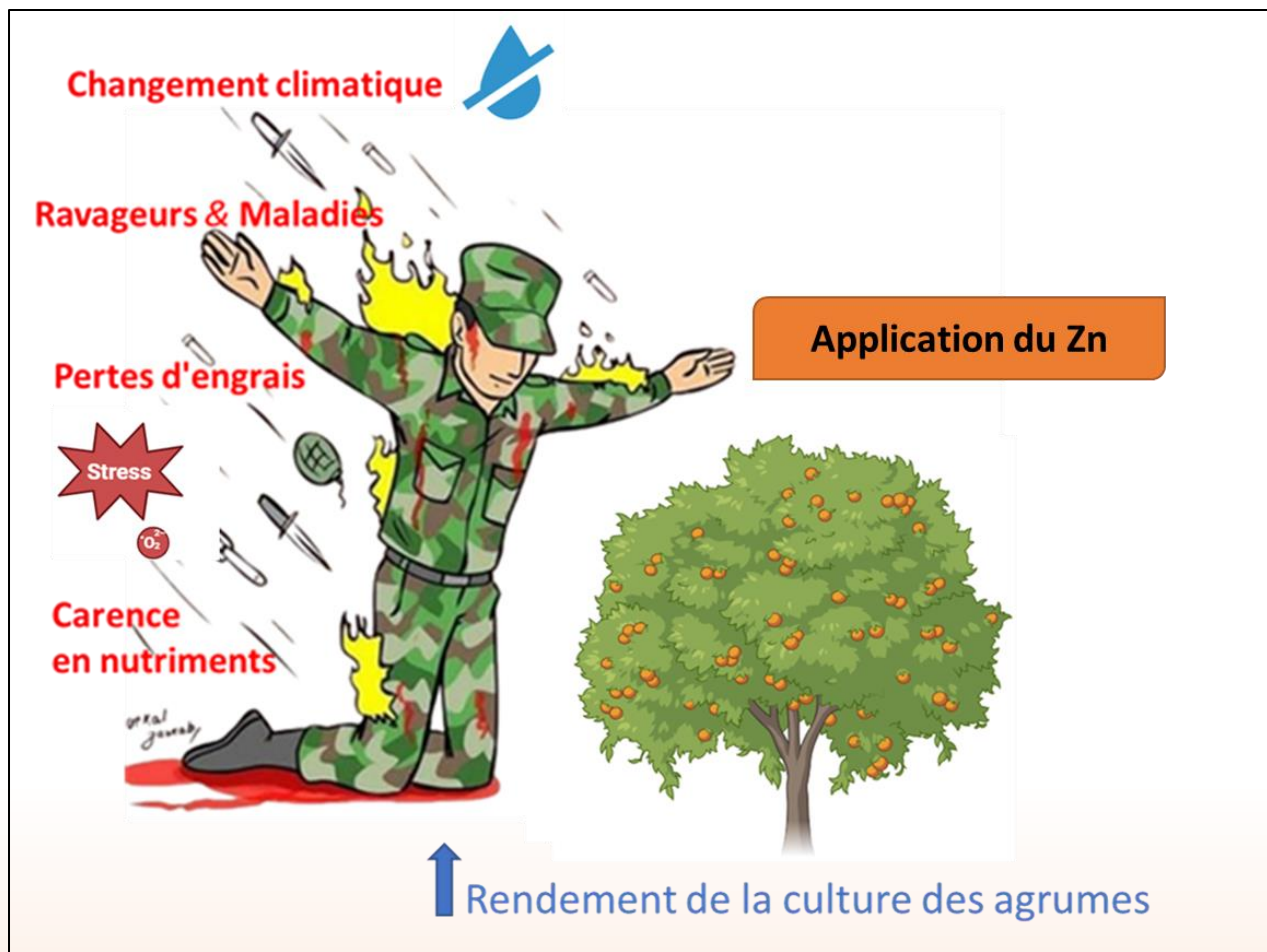
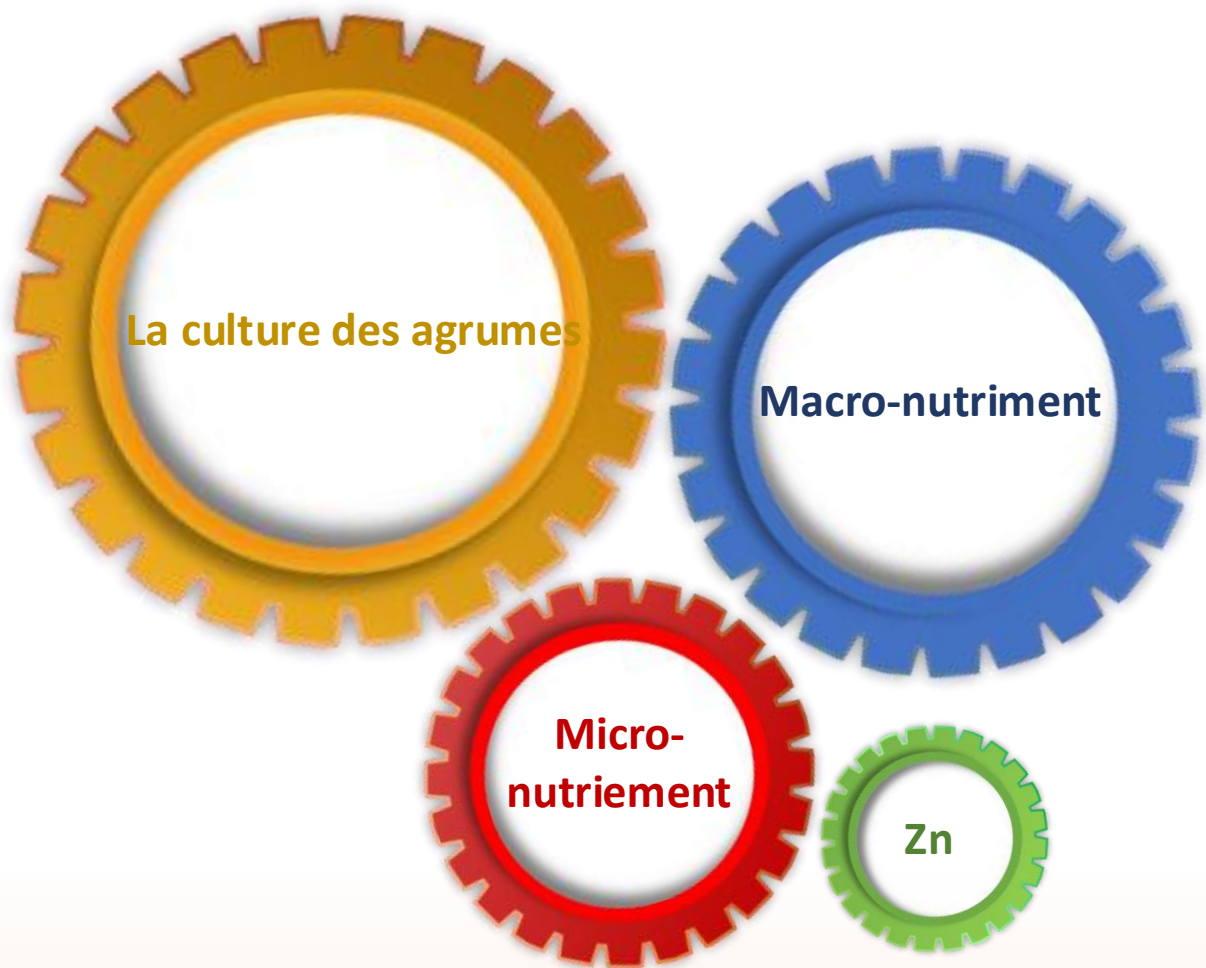
13, 14, 25 MAI 2025 À MARRAKECH

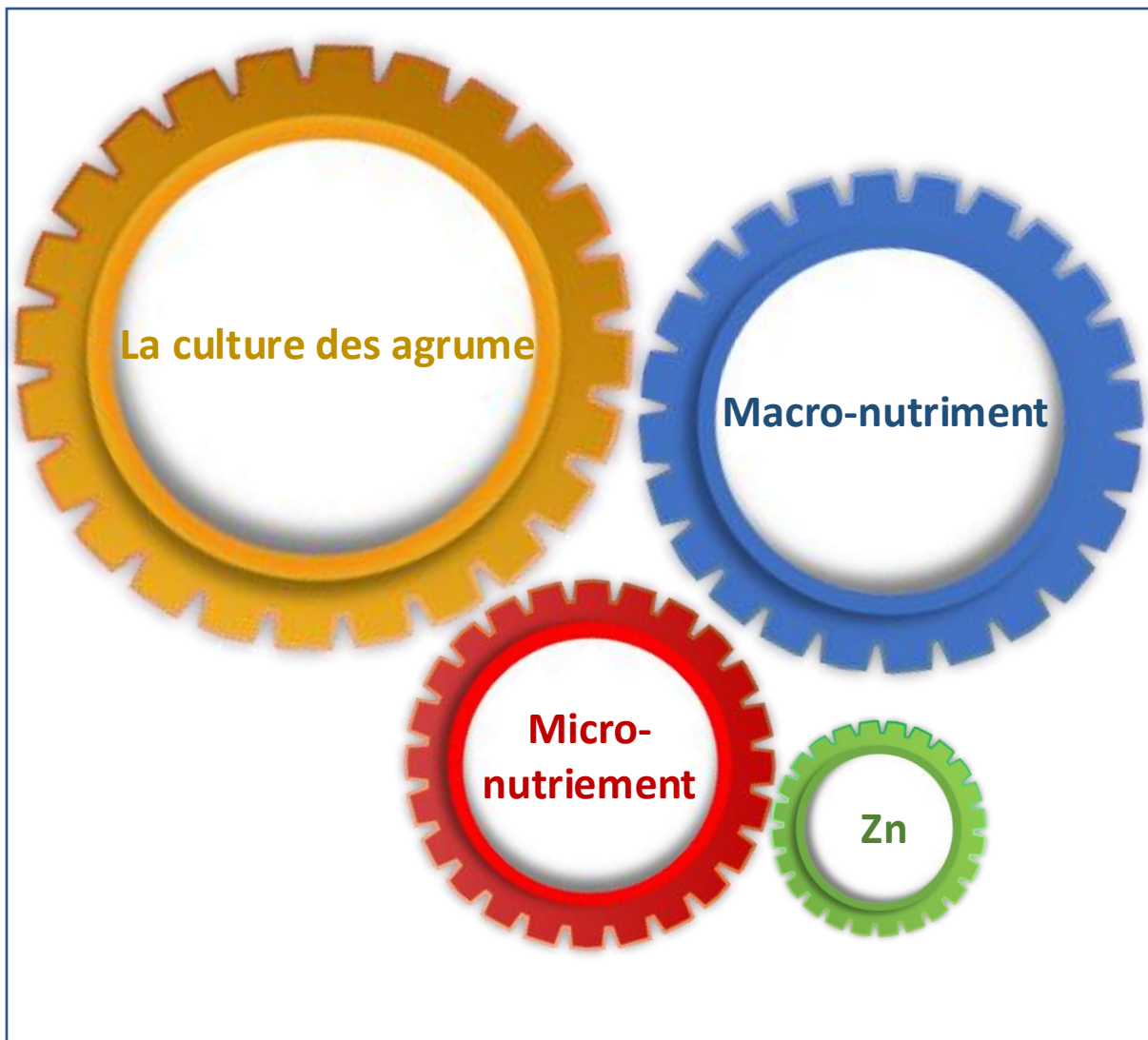


Diminution la production (-42%) et de la superficie totale (-2%)

- ❖ Le Maroc est le 6^e exportateur d'agrumes dans le bassin méditerranéen.
- ❖ L'industrie des agrumes ➔ 4 Milliards de Dhs/an.







01

- ❖ Activation des mécanismes de défense (e.g., HLB des agrumes)

Résistance aux maladies et aux ravageurs



Régulations des phytohormones et des enzymes



03

- ❖ Auxine
- ❖ Un cofacteur de plus de 300 enzymes.

02

- ❖ Inhibition de la croissance de la plante.
- ❖ Modification de l'équilibre ionique de la plante.

Nutrition minérale



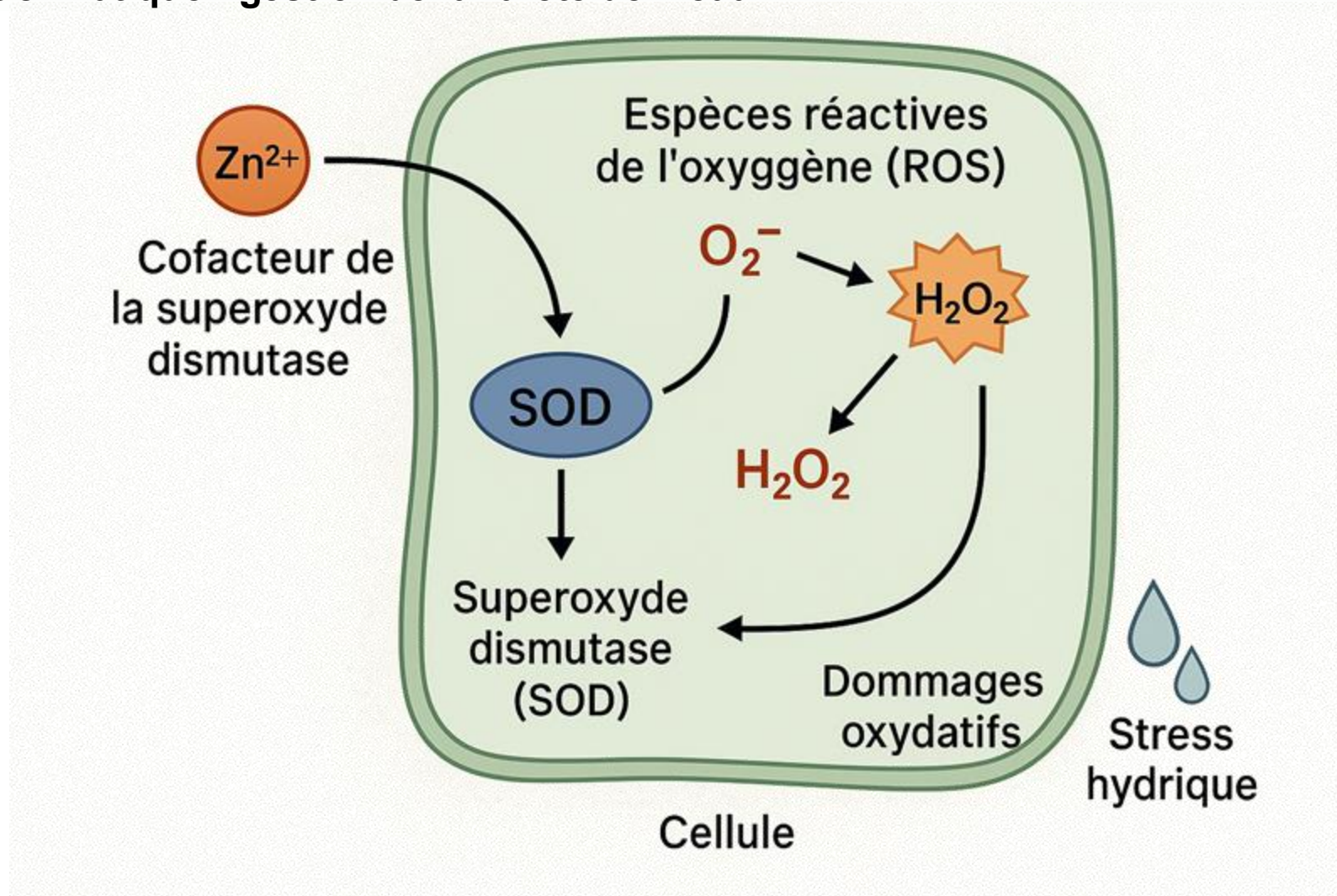
Changement climatique



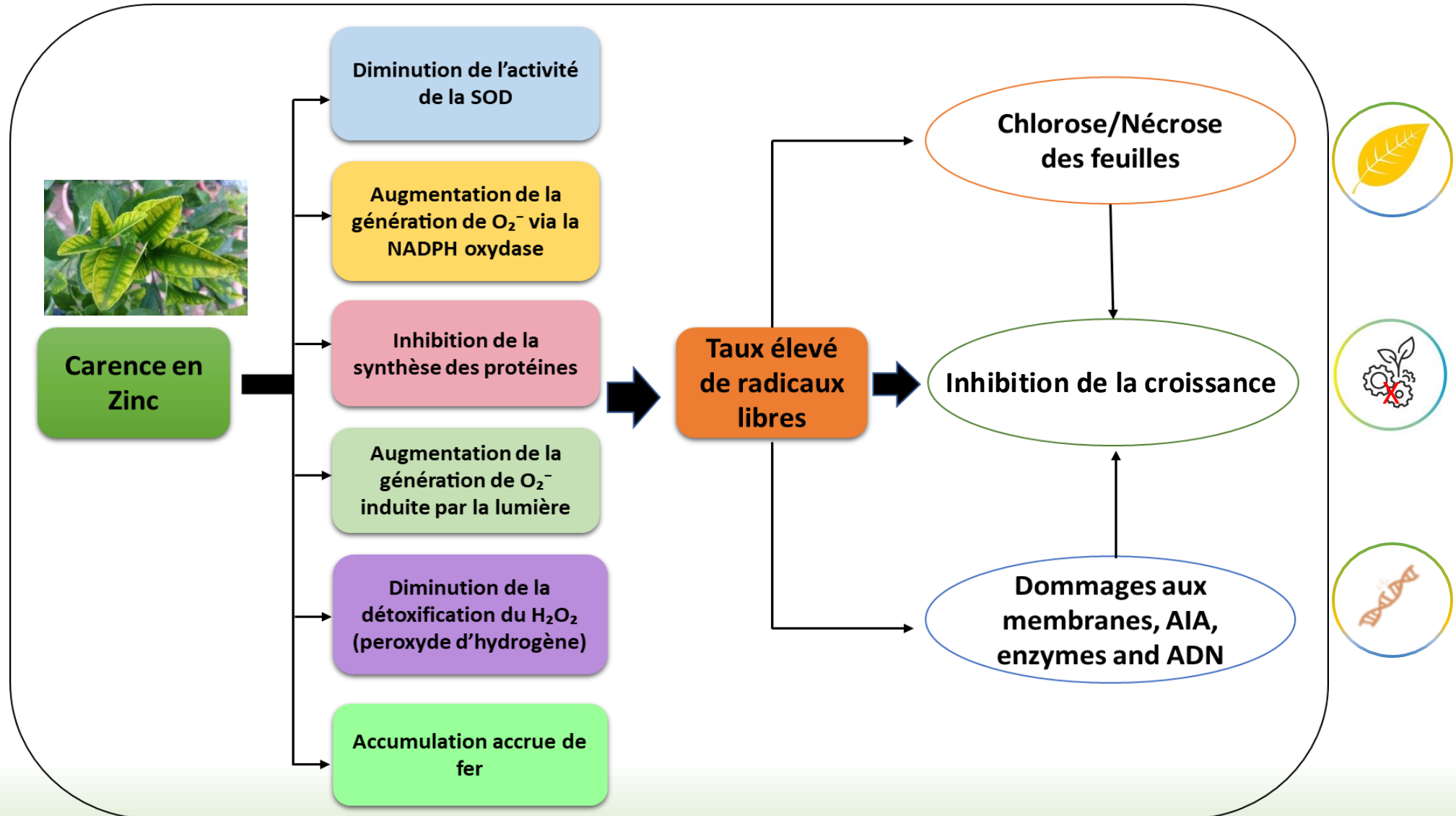
04

- ❖ Atténuation du stress oxydatif dans les conditions du stress hydrique

- Rôle du zinc dans la résilience des agrumes face aux conditions induites par le changement climatique : gestion de la rareté de l'eau.



- Principaux changements physiologiques survenant dans les cellules carencées en zinc et leur effet sur la croissance des plantes.

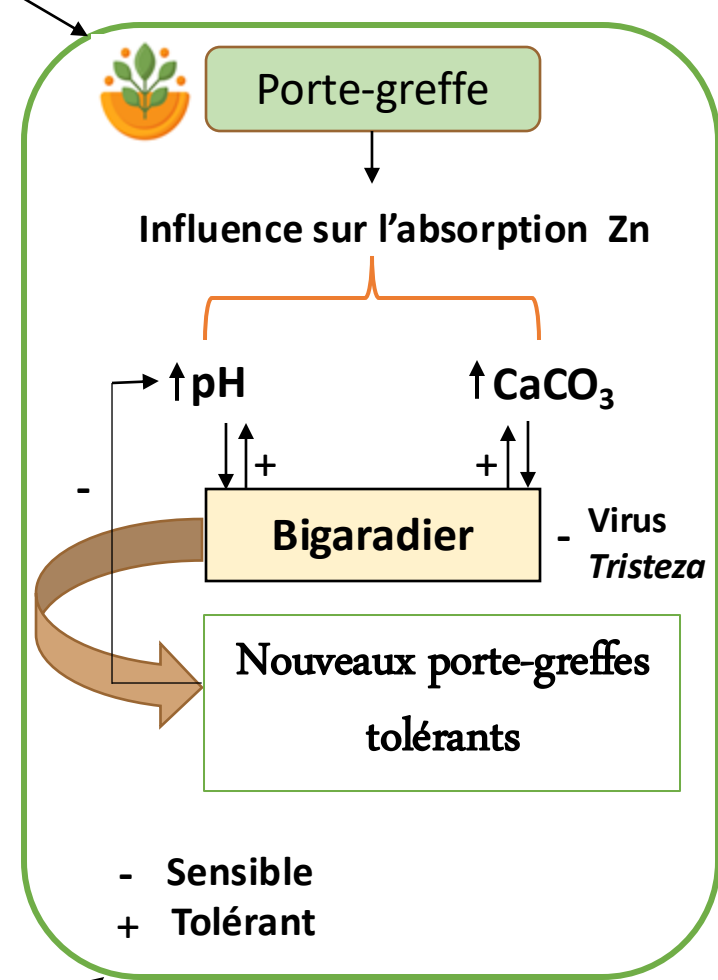
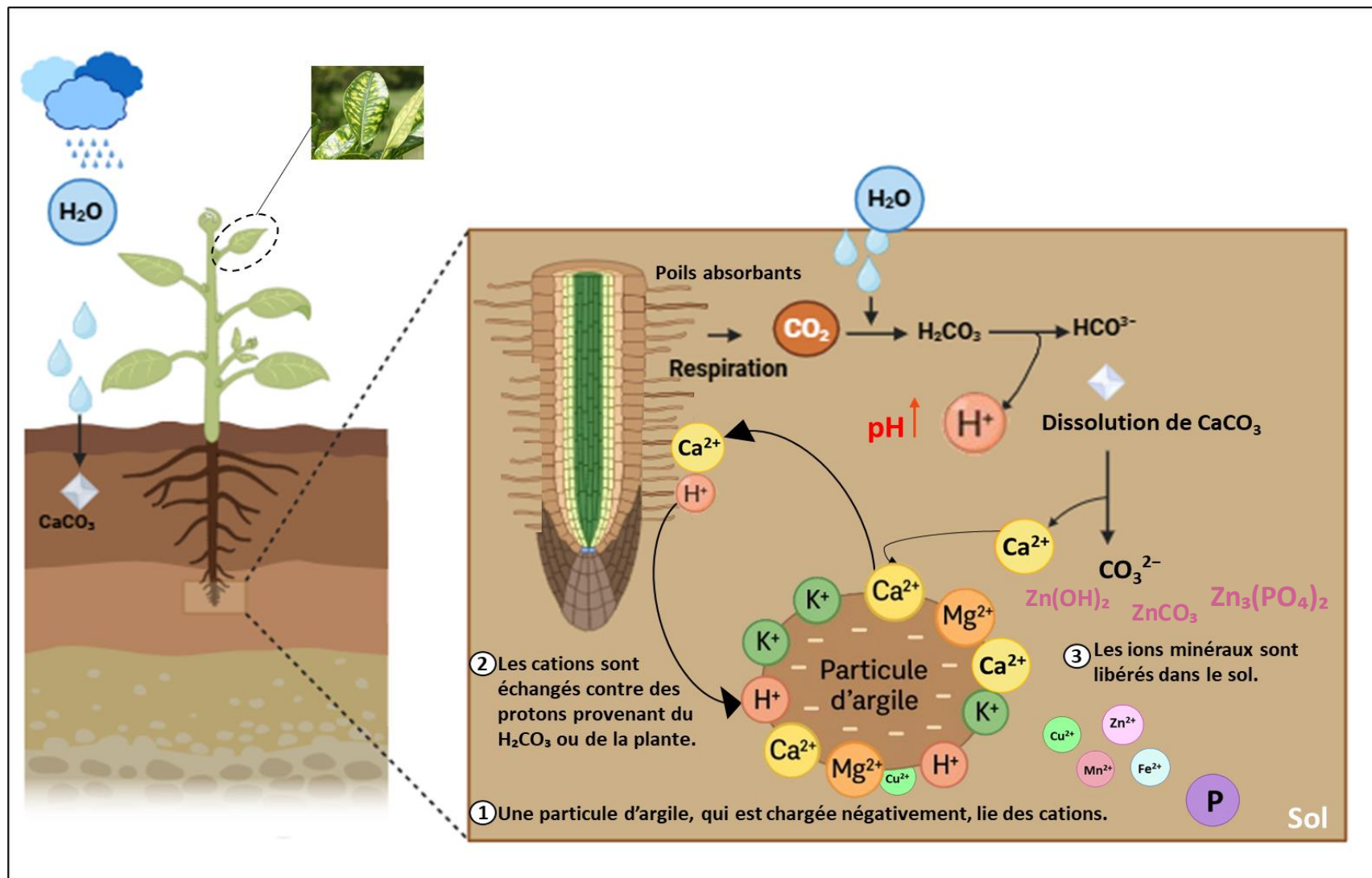




Contraintes liées à la biodisponibilité du Zn chez les agrumes

Contexte

Rôle du Zn



- Mécanismes physiologiques et stratégies d'adaptation des plantes en conditions de carence en (Zn)

✓ Exsudats racinaires et libération de phytosidérophores

✓ Capacité antioxydante génotypique différentielle



✓ Mécanismes améliorés de mobilisation et de translocation du zinc (Zn) entre les tissus végétaux

✓ Ajustement de la morphologie du système racinaire



Objectif

Étudier l'effet du stress induit par le manque du zinc et le calcaire sur les performances de trois porte-greffes largement utilisés dans les vergers commerciaux marocains.



Matériel et Méthodes

Matériel et méthodes

- 1) *Citrus Macrophylla*
- 2) *Citrangue Carrizo*
- 3) *Poncirus trifoliata*



- Traitement I:** Solution Hoagland and Arnon (pH=6)
Traitement II: Solution Hoagland and Arnon + CaCO₃ (pH=7,8)
Traitement III: Solution Hoagland and Arnon sans Zn (-Zn) + CaCO₃ (pH=7,8).

Semis

1



2

Repiquage

- ❖ Pot rempli de sable et perlite
- ❖ Sélection des plantules

Traitement

3



 **Sol avant traitement**



**Domaine expérimental
d'El Menzeh au sein du
Centre Régional de La
Recherche Agronomique
de Kénitra (CRRRA Kénitra)**



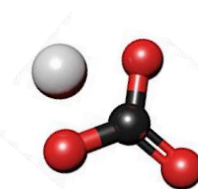
**pH=6,4)
EC= 0,12 (dS/m)**



Texture : sablonneux



**Capacité de
rétention
de 3 %**

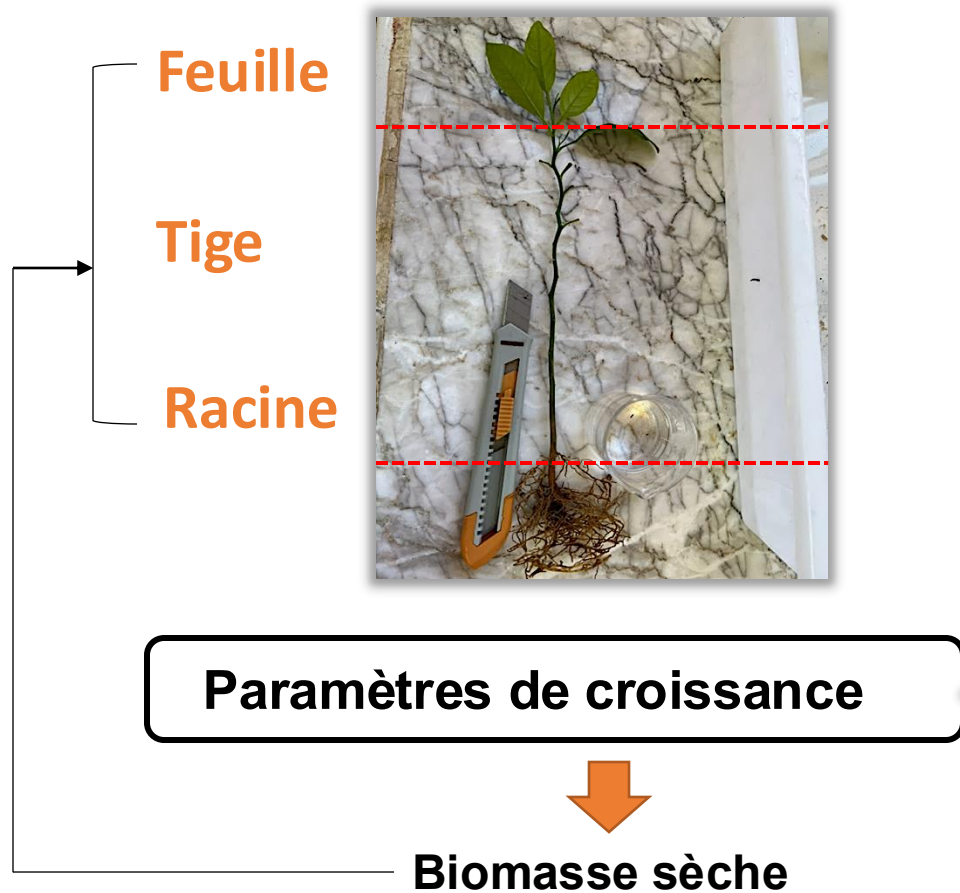


Calcaire Total= 0%

Matière organique= 0,2%



Matériel et méthodes



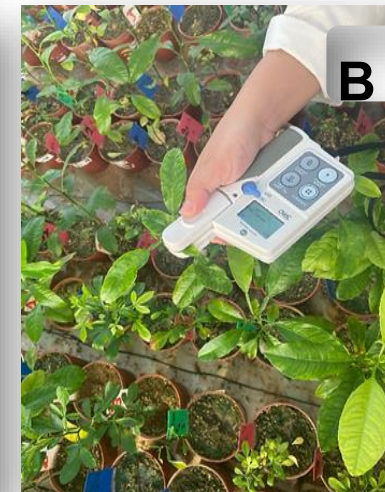
A. Evaluation visuelle des symptômes de carence en Zn

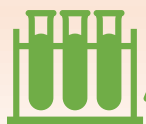
B. Chlorophylle-mètre (SPAD-502)

1

Chlorophylle totale

2





Analyses au laboratoire

Préparation des échantillons

2 mm

sol

- Séchage du sol à l'air libre
- Tamisage (<2 mm)



Propriété du sol:
(pH, EC, CaCO₃,
Matière organique)
Micronutriment
(Zn, Fe, Cu, Mn)



Plante

- Rinçage à l'eau distillée
- Séchage
- Broyage



Micronutriment
(Zn, Fe, Cu, Mn)
Activité
enzymatique
Dosage de la SOD



Résultats et Discussion

Caractérisation générale du sol après traitement

Tableau 1 : Paramètres chimiques du sol après traitement exprimés en moyenne \pm (ES)

Le pH



Traitement	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	MO (%)
Témoin	7,89 \pm 0,3	0,68 \pm 0,11	0	1,14 \pm 0,07
Stress alcalin	8,14 \pm 0,08	0,65 \pm 0,05	0	1,05 \pm 0,05
Stress alcalin avec manque de Zn	8,14 \pm 0,07	0,66 \pm 0,02	0	1,31 \pm 0,02

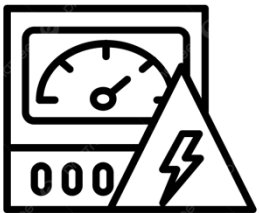


Tableau 1 : Paramètres chimiques du sol après traitement, exprimés en moyenne \pm (ES)

La Conductivité électrique

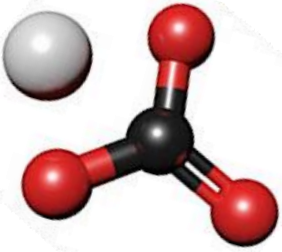
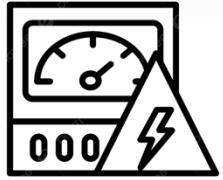
Traitement	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	MO (%)
Témoin	7,89 \pm 0,3	0,68 \pm 0,11	0	1,14 \pm 0,07
Stress alcalin	8,14 \pm 0,08	0,65 \pm 0,05	0	1,05 \pm 0,05
Stress alcalin avec manque de Zn	8,14 \pm 0,07	0,66 \pm 0,02	0	1,31 \pm 0,02

Caractérisation générale du sol

Tableau 1 : Paramètres chimiques du sol après traitement, exprimés en moyenne \pm (ES)

Le calcaire total

Traitement	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	MO (%)
Témoin	7,89 \pm 0,3	0,68 \pm 0,11	0	1,14 \pm 0,07
Stress alcalin	8,14 \pm 0,08	0,65 \pm 0,05	0	1,05 \pm 0,05
Stress alcalin avec manque de Zn	8,14 \pm 0,07	0,66 \pm 0,02	0	1,31 \pm 0,02

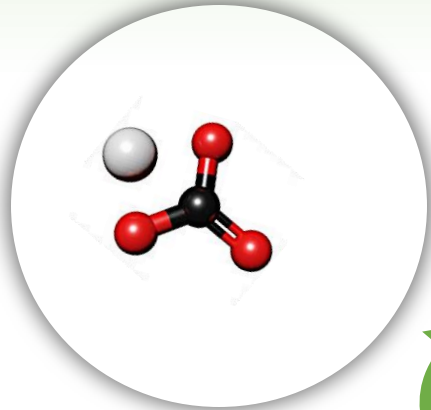


Caractérisation générale du sol

Tableau 1 : Paramètres chimiques du sol après traitement, exprimés en moyenne \pm (ES)

La matière organique

Traitement	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	MO (%)
Témoin	7,89 \pm 0,3	0,68 \pm 0,11	0	1,14 \pm 0,07
Stress alcalin	8,14 \pm 0,08	0,65 \pm 0,05	0	1,05 \pm 0,05
Stress alcalin avec manque de Zn	8,14 \pm 0,07	0,66 \pm 0,02	0	1,31 \pm 0,02



Les paramètres agro-morphologiques

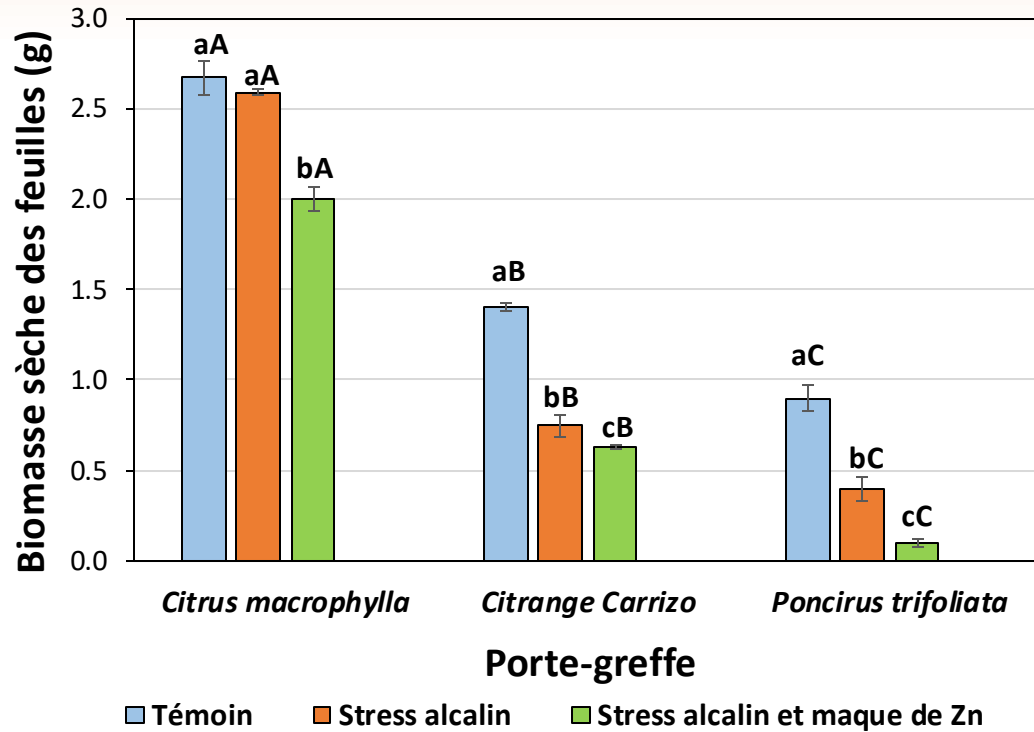


Figure 1 : Variation de la biomasse sèche des feuilles (g) en fonction du porte-greffe et traitement appliqué.

La biomasse sèche des feuilles

- ❖ Le stress alcalin induit par le CaCO_3 a entraîné une réduction de la biomasse sèche foliaire de 3% à 56% pour les trois porte-greffes étudiés.
- ❖ Le stress alcalin avec manque de Zn a provoqué une réduction plus marquée, allant de 57 % à 89 %.

- La valeur la plus élevée de la biomasse foliaire a été observée chez *Citrus Macrophylla*.
- Aucune différence significative n'a été notée entre le traitement témoin et le traitement avec stress alcalin.
- Réduction de la biomasse foliaire chez les différents porte-greffes s'est accentuée en absence du Zn.



Les paramètres morphologiques

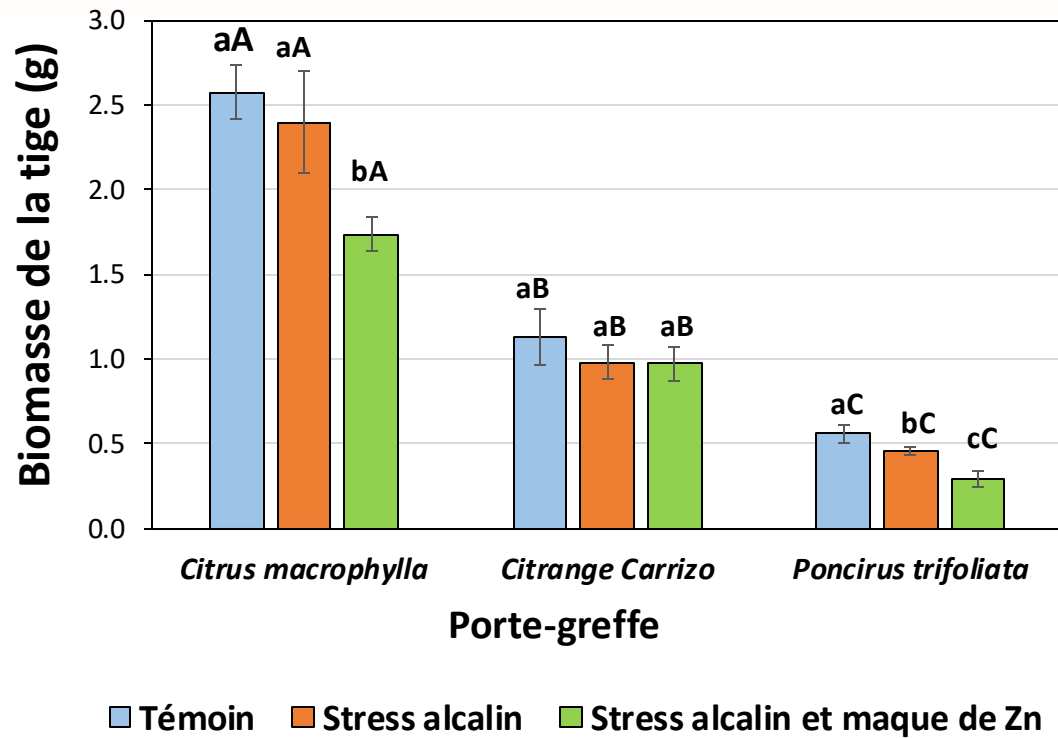


Figure 2 : Variation de la biomasse sèche des tiges (g) en fonction du porte-greffe et du traitement appliqué.

La biomasse sèche des tiges

- ❖ Le stress alcalin induit par le CaCO_3 a provoqué une réduction de la biomasse sèche des tiges de 7% à 19% pour les différents porte-greffes.
- ❖ Le stress alcalin associé à une carence en zinc a induit une réduction plus marquée, allant de 33 % à 48 %

- La valeur la plus élevée de la biomasse de la tige a été observée chez *Citrus Macrophylla*.
- *Macrophylla*: aucune différence significative n'a été notée entre le traitement témoin et le traitement alcalin.
- Réduction de la biomasse des tiges chez les différents porte-greffes en absence du Zn.



Les paramètres morphologiques

La biomasse sèche des racines

- ❖ Le stress alcalin : Réduction de la biomasse sèche des racines de 15% à 25% pour les différents porte-greffes.
- ❖ Le stress alcalin associé à une carence en zinc: Réduction plus marquée, allant de 29 % à 31%.

- La valeur la plus élevée de la biomasse racinaire a été observée chez *Citrus Macrophylla*.
- Réduction de la biomasse racinaire chez les différents porte-greffes en absence du Zn.

Expliquer par le rôle crucial du Zn dans la Synthèse des auxines.

La biomasse sèche des racines (g)

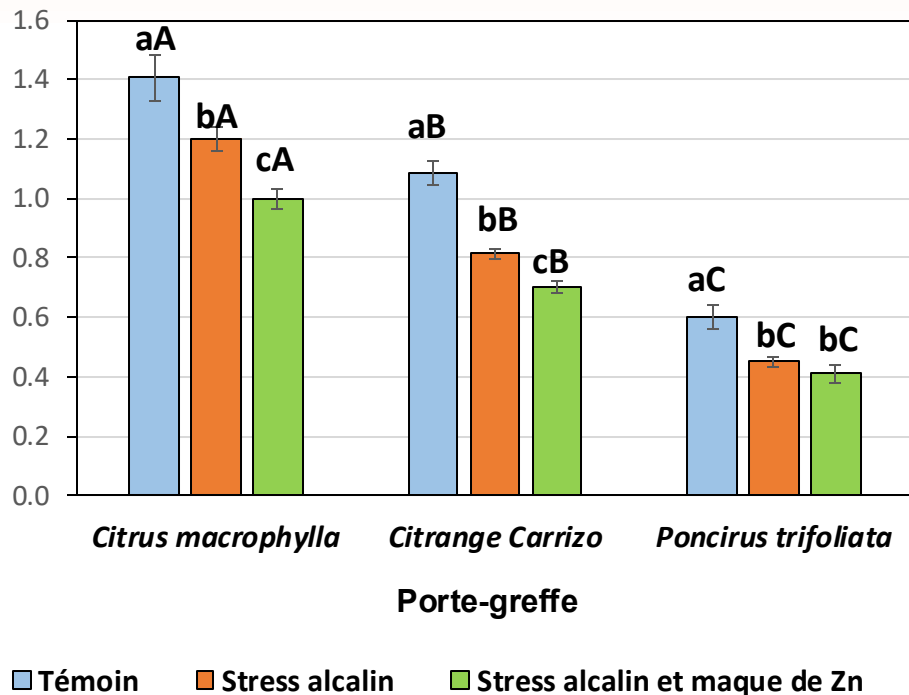
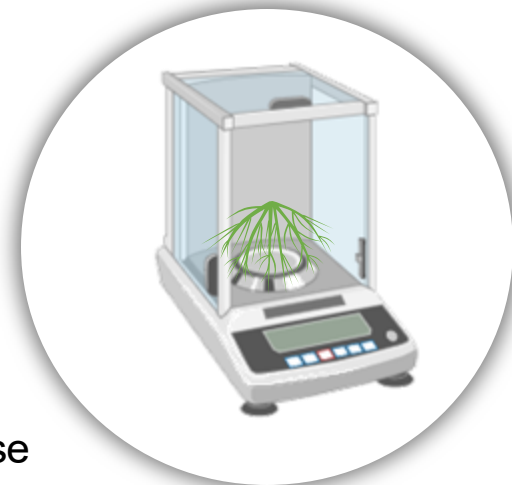


Figure 3 : Variation de la biomasse sèche des racines en (g) en fonction du porte-greffe et du traitement nutritionnel.



Les paramètres physiologique

La chlorophylle totale

- ❖ Le stress alcalin: Réduction de la teneur en chlorophylle de 3% a 46% pour les différents porte-greffes.
- ❖ Le stress alcalin associé à une manque en zinc: Réduction plus marquée, allant de 13 % à 61 %.

Macrophylla présente des teneurs en chlorophylle plus élevés que les autres porte-greffes.

Le Zn a montré une amélioration de l'activité chlorophyllienne dans les conditions de stress alcalin.

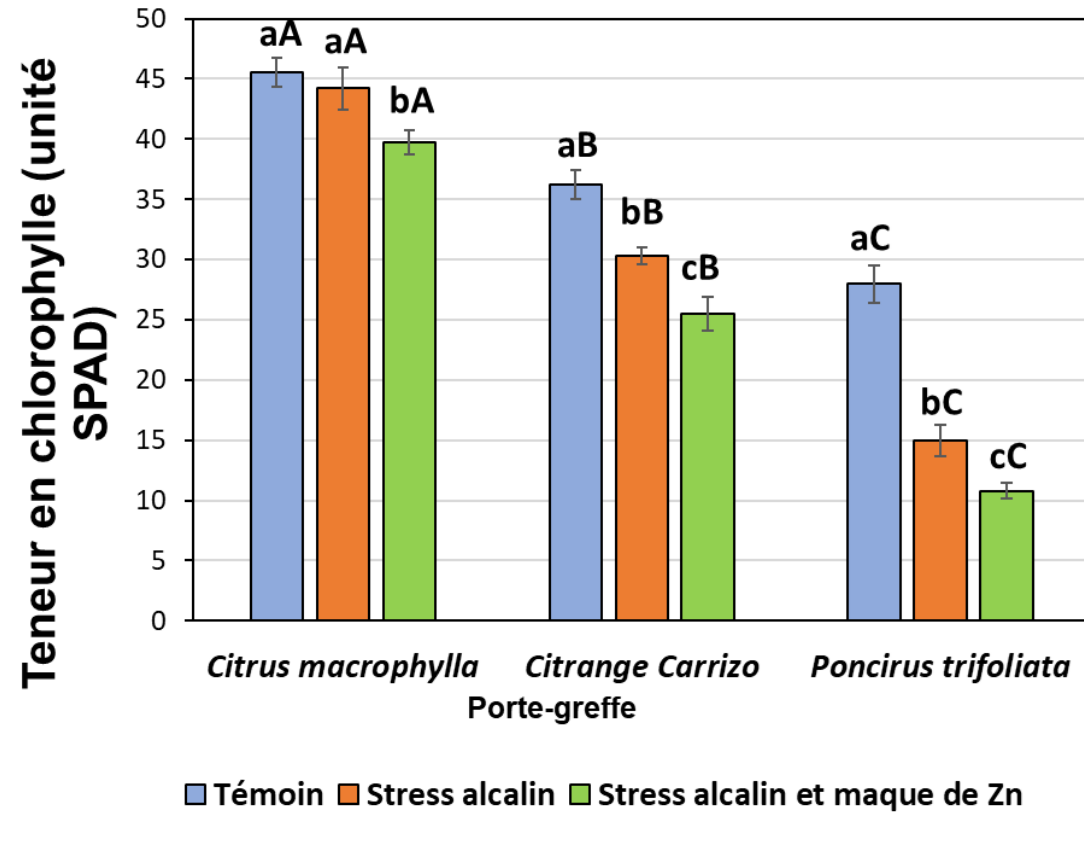
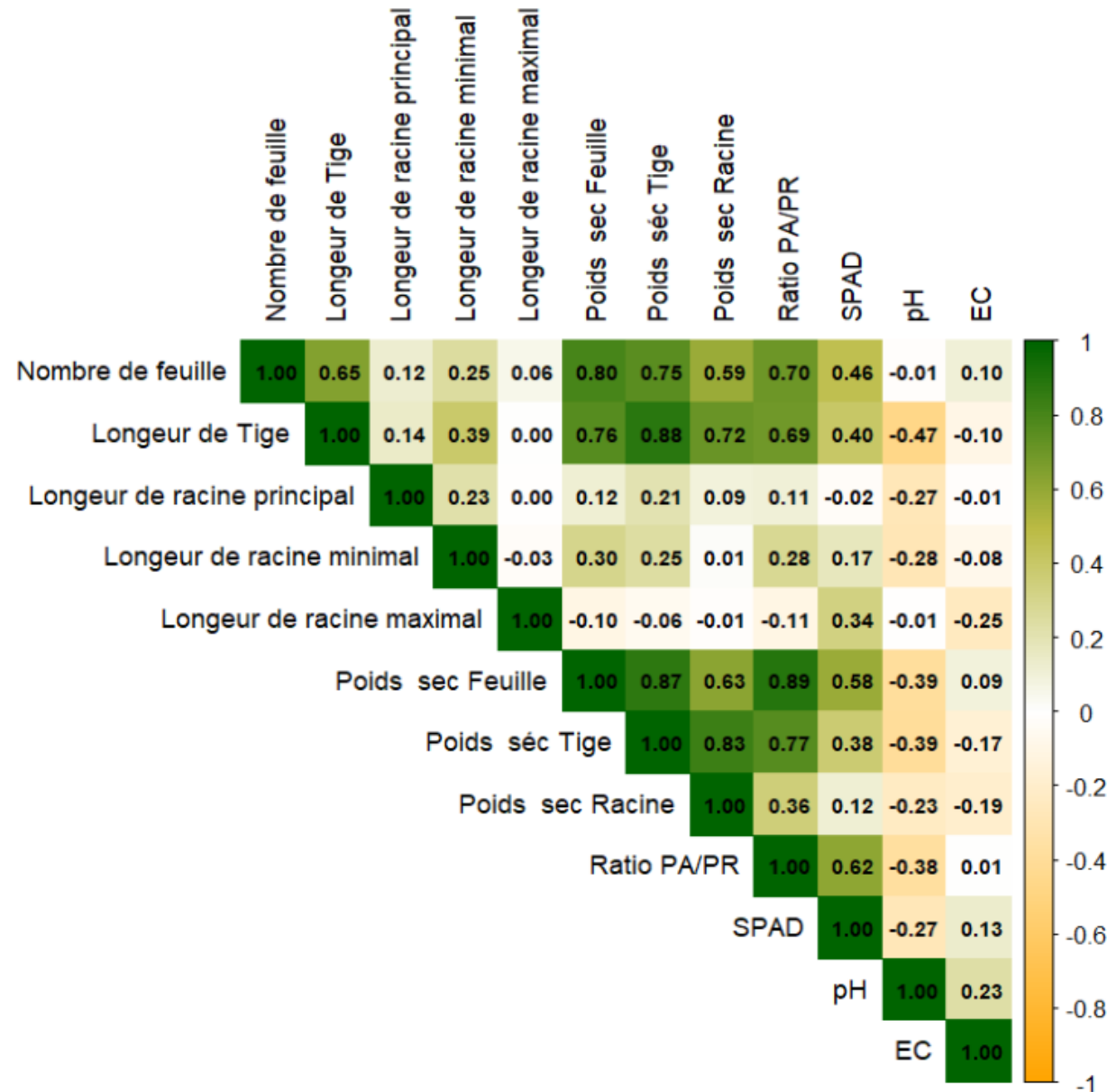


Figure 6 : Effet des traitements étudiés sur la teneur en chlorophylle des feuilles des porte-greffes étudiés.

Matrice de corrélation entre paramètres morphologique et physiologique



Corrélation positive:

- Poids sec des feuilles et le poids sec de tige ($r=0,87$).
- Longueur de la tige est fortement corrélée au poids sec de la tige ($r = 0.88$).
- Ratio partie aérienne/partie racinaire avec l'indice SPAD ($r = 0.62$).



- La plante a investi son énergie dans la partie aérienne.
- La croissance en hauteur est liée à une meilleure accumulation de matière sèche.

Corrélation négative:

- pH et Longueur de la tige ($r=-47$)
- pH et poids des feuilles ($r=-39$)
- pH et poids de la tige ($r=-39$)



Un pH élevé du sol exerce un effet négatif sur les paramètres de croissance des plantes.

Conclusions et perspectives futures

- ❖ Le porte-greffe *Citrus macrophylla* a démontré une meilleure tolérance au pH élevé et à la présence de carbonate de calcium (CaCO_3), comparé au *Citrange carrizo*, qui présente une tolérance modérée, et au *Poncirus trifoliata*, considéré comme sensible.
- ❖ Les traitements nutritionnels ont induit des différences significatives sur les paramètres morphologiques et de croissance. L'apport de zinc s'est révélé particulièrement efficace pour atténuer les effets néfastes du stress alcalin, notamment chez *Citrus macrophylla*.
- ❖ Les traitements combinant calcaire et manque du zinc ont entraîné des réductions de croissance plus importantes que les traitements avec calcaire seul, soulignant l'effet aggravant du déficit en Zn.
- ❖ Ces résultats sont préliminaires et seront approfondis grâce à des analyses chimiques et enzymatiques du sol en cours, afin de mieux comprendre les mécanismes de tolérance des porte-greffes au stress calcaire.

Remerciements

- Tous les co-auteurs, avec des remerciements particuliers à Monsieur Hamid Benyahia.
- Équipe du laboratoire du CRRA Rabat en particulier Madame Hasna Yachou et Monsieur Abdelmjid Zouahri.
- Équipe du laboratoire d'Analyses du Sol Eau et Plante du CRRA de Kenitra en particulier Tarik Es-safryouy et Nada Ouhmad.
- Assistance en serre: Brahim Aouzioui et Abdeljalil Bejjar.



**Merci pour votre
attention**

