ESI Preprints **Not Peer-reviewed**

Effet de la réduction des apports hydriques sur la croissance et le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) en maraichage périurbain de saison sèche au Gabon

Abaga Obiang
Judie Armel Bourobou Bourobou
Institut de Recherches Agronomiques et Forestières (IRAF),
Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
(CENAREST), Libreville, Gabon
Jean Jacques Edzang Mba
Institut Gabonais d'Appui au Développement (IGAD), Libreville, Gabon
Paul Ondo Ovono
Institut National Supérieur d'Agronomie et Biotechnologies (INSAB),
Franceville, Gabon

Approved: 19 September 2026
Posted: 21 September 2026

Copyright 2026 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:
Obiang, A., Bourobou Bourobou, J.A., Mba, J.J.E., & Ovono, P.O. (2026). *Effet de la réduction des apports hydriques sur la croissance et le rendement de la laitue (Lactuca sativa L.) en maraichage périurbain de saison sèche au Gabon*. ESI Preprints.
https://doi.org/10.19044/esipreprint.9.2026.p689

Résumé

Cette étude a évalué l'effet de différents régimes d'irrigation sur la croissance, le développement et le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) cultivée en parcelles expérimentales. Trois régimes d'irrigation ont été comparés : témoin, ETM et ¾ ETM, appliqués sur des plants repiqués au stade 3–4 feuilles. Le taux de reprise a atteint 98 % pour le témoin et le ¾ ETM, et 96 % pour l'ETM au 10e jour après repiquage. Le taux de recouvrement foliaire a été plus élevé sous le témoin (44 litres/jour/planche) et l'ETM (22–33 litres/jour/planche) que sous le ¾ ETM. La biomasse aérienne au 28e jour a été de 75 g sous le témoin, 48,5 g sous l'ETM et 18,75 g sous le ¾ ETM, tandis que la biomasse racinaire a été similaire entre traitements (5–5,7 g/plant). Le rendement agronomique a atteint 109,4 kg pour l'ETM et 104 kg pour le ¾ ETM contre 94 kg pour le témoin, tandis que le rendement réel a été supérieur de 36 % sous le ¾ ETM. Ces résultats

montrent que la laitue tolère des réductions modérées d'irrigation sans perte significative de rendement, bien que la qualité commerciale et la biomasse aérienne soient affectées. L'irrigation partiellement déficitaire peut prolonger le cycle de culture tout en assurant une production économiquement viable.

Mots-clés : *Lactuca sativa*, irrigation déficitaire, biomasse, stress hydrique, Gabon

Effect of Reduced Water Inputs on the Growth and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Peri-Urban Dry-Season Market Gardening in Gabon

Abaga Obiang
Judie Armel Bourobou Bourobou
Institute for Agricultural and Forestry Research (IRAF),
National Centre for Scientific and Technological Research (CENAREST),
Libreville, Gabon
Jean Jacques Edzang Mba
Gabonese Institute for Development Support (IGAD), Libreville, Gabon
Paul Ondo Ovono
National Higher Institute of Agronomy and Biotechnology (INSAB),
Franceville, Gabon

Abstract

This study evaluated the effect of different irrigation regimes on the growth, development, and yield of lettuce (*Lactuca sativa*) grown in experimental plots. Three irrigation regimes were compared: control, ETM, and ¾ ETM, applied to seedlings transplanted at the 3–4 leaf stage. The survival rate reached 98% for the control and ¾ ETM, and 96% for ETM on day 10 after transplanting. Leaf cover was higher under the control (44 liters/day/bed) and ETM (22–33 liters/day/bed) than under the ¾ ETM. Aboveground biomass on day 28 was 75 g under the control, 48.5 g under the ETM (Effective Total Mass) treatment, and 18.75 g under the ¾ ETM treatment, while root biomass was similar between treatments (5–5.7 g/plant). Agronomic yield reached 109.4 kg for the ETM treatment and 104 kg for the ¾ ETM treatment, compared to 94 kg for the control, while actual yield was 36% higher under the ¾ ETM treatment. These results show that lettuce tolerates moderate irrigation reductions without significant yield loss, although marketable quality and aboveground biomass are affected. Partially

deficit irrigation can extend the growing cycle while ensuring economically viable production.

Keywords: *Lactuca sativa*, deficit irrigation, biomass, water stress, Gabon

Introduction

La croissance démographique mondiale observée depuis le début du XX^{e} siècle a entraîné une augmentation importante des besoins alimentaires. Cette évolution a conduit à l'intensification des systèmes de production agricole. Dans ce contexte, l'irrigation constitue un levier essentiel pour sécuriser les rendements et stabiliser la production. Elle est particulièrement importante dans les zones soumises à une variabilité climatique et hydrique. À l'échelle mondiale, l'agriculture utilise environ 70 % des prélèvements d'eau douce, ce qui souligne le rôle central de l'eau dans la sécurité alimentaire (FAO, 2024; Water, 2021). L'amélioration de la productivité de l'eau est désormais considérée comme un enjeu majeur pour concilier production agricole et préservation des ressources naturelles (BANK, 2006).

En Afrique subsaharienne, l'irrigation joue un rôle clé dans l'intensification durable de la production agricole. Elle contribue également à l'amélioration des revenus des exploitants. Toutefois, les performances des systèmes irrigués restent limitées. Cette situation s'explique par une gestion inadéquate de l'eau, des infrastructures insuffisantes et un accès inégal aux ressources hydriques (Ebrahim et al., 2021). Dans les zones périurbaines africaines, le maraîchage constitue une source essentielle d'approvisionnement en légumes frais pour les villes. Il contribue à la sécurité alimentaire et aux moyens de subsistance des populations urbaines (Emmanuel Obuobie et al., 2006; FAO, 2022). Cependant, la disponibilité en eau d'irrigation demeure une contrainte majeure, surtout durant les périodes sèches.

Au Gabon, et particulièrement à Libreville, le maraîchage périurbain s'est fortement développé depuis les années 1990 pour répondre à la demande croissante en légumes frais des populations urbaines (FAO, 2013; Bayendi et al., 2017). Cette activité contribue à la sécurité alimentaire urbaine et constitue une source importante de revenus et d'emplois. Malgré une pluviométrie annuelle élevée dans la province de l'Estuaire (environ 3 000 mm), la saison sèche (de juin à août) constitue une période critique pour les producteurs. Durant cette période, les ruisseaux s'assèchent et le niveau des puits diminue. Cette situation limite l'irrigation des cultures, réduit les superficies cultivées et entraîne une baisse des revenus agricoles (Emmanuel Obuobie et al., 2006; Nathalie et al., 2024). L'amélioration de l'efficience d'utilisation de l'eau devient donc essentielle pour la durabilité de l'agriculture périurbaine.

Parmi les cultures maraîchères pratiquées en zones périurbaines tropicales, la laitue (*Lactuca sativa* L.) occupe une place importante. Elle est appréciée pour son cycle court, sa forte demande sur les marchés urbains et sa valeur économique. Toutefois, cette culture est très sensible au déficit hydrique. Le stress hydrique réduit l'expansion foliaire et limite la production de biomasse. Il peut également provoquer une baisse significative du rendement et de la qualité commerciale (Dlamini & Zwane, 2020; Şenyiğit & Kaplan, 2013). Face aux contraintes liées à la disponibilité de l'eau, l'irrigation déficitaire contrôlée apparaît comme une stratégie prometteuse. Elle permet d'économiser l'eau tout en maintenant une production acceptable (Soriano, 2007). Toutefois, peu d'études expérimentales ont évalué l'effet d'une réduction contrôlée des apports hydriques sur la laitue en conditions périurbaines tropicales humides.

La présente étude vise à analyser l'effet de la réduction des apports hydriques sur la croissance et le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) en conditions périurbaines tropicales. Elle ambitionne de fournir des références techniques pour améliorer l'efficience de l'utilisation de l'eau et renforcer la durabilité du maraîchage périurbain au Gabon.

Matériel et Methodes

Zone d'étude

L'expérimentation a été conduite sur le site maraîcher de l'IGAD, situé à Libreville. Ce site se situe en zone périurbaine et constitue un système maraîcher représentatif des zones d'approvisionnement en légumes frais destinés aux marchés urbains.

La parcelle expérimentale repose sur un sol ferralitique acide, caractéristique des zones tropicales humides d'Afrique centrale (Ondo, 2011). Ces sols sont généralement pauvres en matière organique, fortement lessivés et présentent une texture argilo-sableuse, ce qui limite leur fertilité naturelle et leur capacité de rétention des éléments nutritifs (Sanchez, 2019). Ces contraintes pédologiques influencent directement la croissance et la productivité des cultures maraîchères, notamment celles à cycle court comme la laitue.

Le climat local est de type équatorial humide. Il est caractérisé par une pluviométrie annuelle comprise entre 2 500 et 3 000 mm, une température moyenne d'environ 27 °C et une humidité relative généralement supérieure à 80 % (Group, 2021). Ces conditions favorisent la croissance végétative rapide de la laitue, mais peuvent également accentuer le lessivage des nutriments et les pertes d'eau par évapotranspiration.

L'essai a été mise en place sur une jachère d'environ trois mois. Cette période de repos cultural a permis la décomposition des résidus organiques, la réduction de la pression parasitaire et une amélioration relative de

l'activité biologique du sol, contribuant ainsi à homogénéiser les conditions initiales de culture (Lal, 2015).

Matériel végétal et intrants

Le matériel végétal utilisé est la laitue (*Lactuca sativa* L.), variété Minetto, adaptée aux conditions tropicales périurbaines et aux cycles courts. Elle présente des feuilles ondulées vert moyen, une pomme ferme de taille moyenne, une tolérance à la chaleur et une résistance à la nécrose marginale (Brian Thomas et al., 2017). La fertilisation a combiné des apports minéraux (NPK 15-15-15, urée 46 % N, kiesérite $MgSO_4$) et organiques (fumier de porc bien décomposé), afin d'assurer une nutrition équilibrée et améliorer les propriétés du sol (Emmanuel Obuobie et al., 2006; FAO, 2020; Lal, 2015)

La protection phytosanitaire a reposé sur la lambda-cyhalothrine (Karate®) et les fongicides Cryptonol® et Pelt 44®, appliqués selon les recommandations techniques (Bayendi et al., 2017).

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Les parcelles mesuraient 8 m × 1,2 m, séparées par des allées de 0,5 m.

Trois régimes hydriques ont été testés :

- **Témoin (V1)** : pratique courante des maraîchers ;
- **ETM (V2)** : satisfaction de 100 % des besoins en eau de la culture (évapotranspiration maximale) ;
- **¾ ETM (V3)** : satisfaction de 75–85 % des besoins en eau de la culture.

L'irrigation a été ajustée selon deux phases de développement :

- La phase de croissance initiale (0–18 JAR) avec Kc = 0,7.
- La phase de croissance ultérieure (18 JAR jusqu'à récolte) avec Kc = 1.0.

La dose d'irrigation journalière par parcelle a été ajustée pour chaque traitement et est résumée dans le tableau 1.

Traitement	Phase 1 (0–18 JAR, Kc=0,7)	Phase 2 (18 JAR–récolte, Kc=1)
Témoin (V1)	4,4 mm/jour (4 arrosoirs, 44 L)	4,4 mm/jour (4 arrosoirs, 44 L)
ETM (V2)	2,75 mm/jour (2,5 arrosoirs, 27,5 L)	3,3 mm/jour (3 arrosoirs, 33 L)
¾ ETM (V3)	2,2 mm/jour (2 arrosoirs, 22 L)	2,75 mm/jour (2,5 arrosoirs, 27,5 L)

JAR : jours après repiquage ; Kc : coefficient cultural ; ETM : évapotranspiration maximale.

Conduite de la culture

Une fumure de fond (NPK, fumier de porc, kiesérite) a été appliquée avant repiquage pour favoriser la croissance initialede(Goenadi et al., 2022; Omoregie et al., 2025).

Le repiquage a été réalisé le 6 juillet 2025 au stade 3–4 feuilles, avec un espacement de 25 × 25 cm (1188 plants). Les plants ont été préalablement traités au Cryptonol® (Ayesha et al., 2021).

L'entretien cultural a consisté en sarclages, binage et apport d'urée à 15 JAR comme fumure d'entretien, pour soutenir la croissance végétative des plantes (Xiangbei Du, 2019).

Paramètres mesurés

Le taux de reprise a été évalué aux 4e, 7e et 10e JAR par comptage des plants vivants, conformément aux pratiques standard de suivi des jeunes plants(Hakdan Aytem, 2025).

Le recouvrement foliaire a été suivi hebdomadairement à partir des distances non couvertes entre plants sur les rangées centrales, selon la méthode décrite par García-Tejero et al. (2014) pour le suivi du développement foliaire dans les cultures maraîchères.

La biomasse aérienne et racinaire a été mesurée aux 15e et 30e JAR par prélèvements destructifs de quatre plants, avec détermination des biomasses fraîche et sèche après séchage, et lavage préalable des racines (Hendrik Poorter et al., 2012; Lal, 2015). La croissance racinaire a été mesurée toutes les deux semaines par la mesure de la longueur des racines (Lynch, 2019).

Le rendement agronomique a été évalué sur les rangées centrales, tandis que le rendement réel a été obtenu sur l'ensemble des plants, en distinguant la fraction commerciale (FAO, 2013). Enfin, le bilan hydrique a été établi à partir des apports en eau et des données pluviométriques (Pereira et al., 2014).

Analyse statistique

Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) afin de tester l'effet des traitements. Les analyses ont été réalisées avec le logiciel STAT-BOX, et les résultats exprimés en moyennes ± écart-type, avec un seuil de significativité de $p < 0,05$ (Haddaway et al., 2015).

Resultatss

Effet de l'irrigation sur le taux de reprise de la laitue

La reprise des plants a été observée au 4ème, 7ème et 10ème jours après le repiquage (JAR) et les résultats sont présentés sur la figure 1.

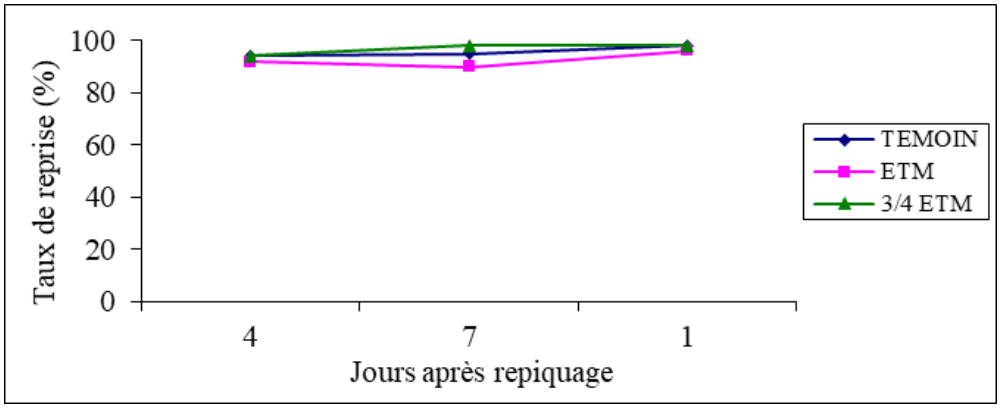


Figure 1: Effet de l'irrigation sur le taux de reprise de la laitue

L'analyse de la figure 1 montre que le régime d'irrigation ¾ ETM atteint rapidement le taux de reprise le plus élevé (7ème jour après le repiquage) par rapport au témoin et à l'ETM.

Malgré les différentes variations observées sur la figure 1, le tableau 2 présente l'analyse de la variance des différents traitements.

Tableau 1: Analyse de la variance sur le taux de reprise

Traitements	4ème JAR	7ème JAR	10ème JAR
Témoin	94 A	94 A	98 A
ETM	92 A	90 A	96 A
3/4 ETM	94 A	98 A	98 A
Ecart type	4,36	6,86	3
Coefficient de variation (%)	4,67	7,29	3,08
Signification (seuil de 5%)	NS	NS	NS

Les chiffres suivis de différentes lettres dans chaque colonne indiquent une différence significative (**S**) ou non significative (**NS**) au seuil de 5% entre les traitements.

L'examen des données présentées dans le tableau 2 montre qu'au 10ème jour après le repiquage, le témoin et le ¾ ETM présentent les taux de reprises les plus élevés (98%) contre 96% pour l'ETM.

L'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative au seuil de 5% entre les régimes d'irrigation quelle que soit la date de comptage considérée. Ainsi, le taux de reprise de la laitue ne semble pas être influencé par les régimes d'irrigation appliqués.

Le ¾ ETM (plus faible dose : 2 arrosoirs par jour et par planche de $10m^2$) est nécessaire et suffisant pour garantir un taux de reprise optimal durant les 10 jours après repiquage.

Effet de l'irrigation sur le taux de recouvrement de la laitue

L'évolution du taux de recouvrement de la laitue a été enregistrée du 7ème au 28ème jour après le repiquage (figure 2).

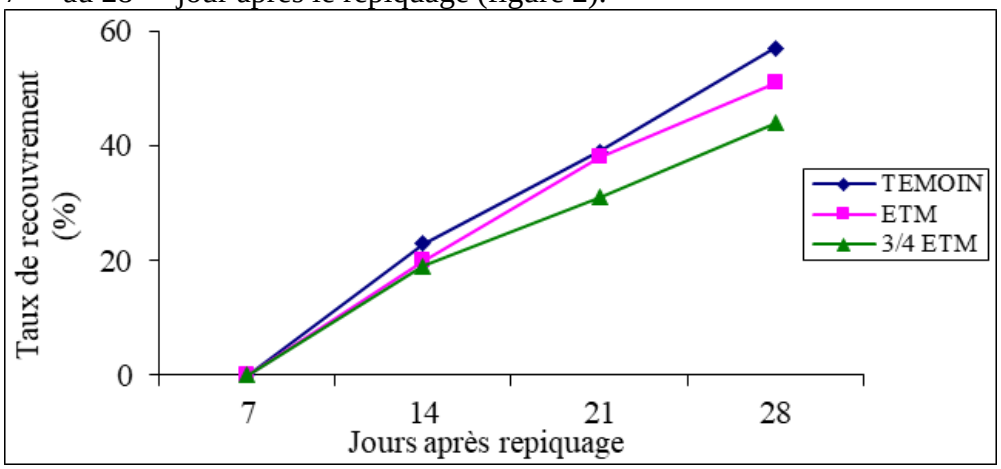


Figure 2: Effet de l'irrigation sur l'évolution du taux de recouvrement de la laitue

L'analyse de la figure 2 montre que le taux de recouvrement de la laitue augmente durant la croissance quel que soit le régime d'irrigation jusqu'au 28ème jour après le repiquage. Le témoin et l'ETM présentent des taux de recouvrements les plus élevés du 14ème au 28ème jour après le repiquage (JAR) comparativement au ¾ ETM. Cette tendance générale de l'évolution du recouvrement est également traduite par l'analyse de variance du tableau 3.

Tableau 3: Analyse de la variance sur l'évolution du taux recouvrementde la laitue

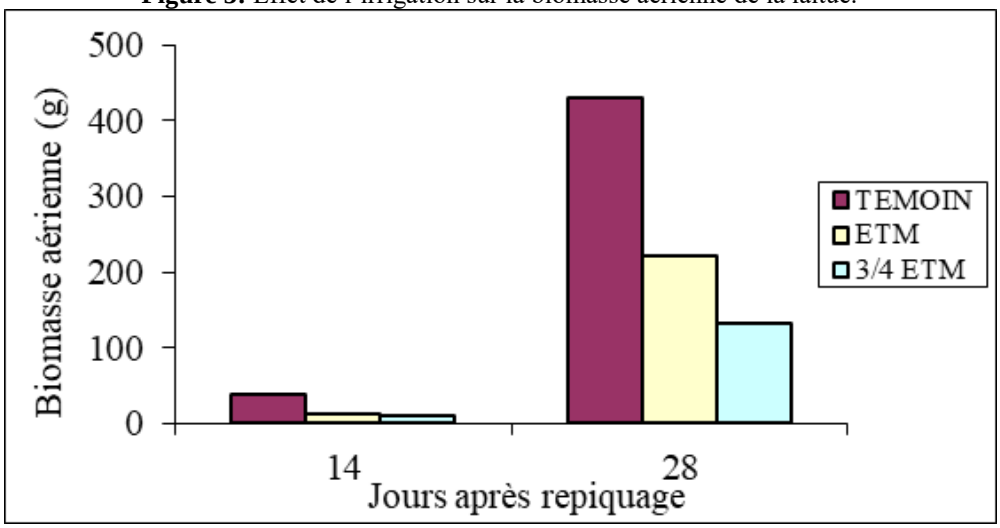
Traitements	14 JAR	21 JAR	28 JAR
Témoin	23 A	39 A	57 A
ETM	20 A	38 A	51 AB
3/4 ETM	19 A	31 A	44 B
Ecart type	5,0	8,5	9,0
Coefficient de variation (%)	24,03	23,9	17,76
Signification (seuil de 5%)	NS	NS	S

L'analyse de la variance du tableau 3 montre que l'évolution du recouvrement n'est pas significativement différente entre les régimes d'irrigation au seuil de 5%, du 14ème au 21ème jour près le repiquage. Une différence significative au seuil de 5% entre les traitements se dégage au 28ème jour après le repiquage de la laitue. Le 28ème jour constitue vraisemblablement l'arrivée en maturité de la laitue pour le régime d'irrigation témoin.

Effet de l'irrigation sur la biomasse aérienne de la laitue

Le prélèvement de la biomasse aérienne s'est effectué toutes les deux semaines (figure 3).

Figure 3: Effet de l'irrigation sur la biomasse aérienne de la laitue.



L'analyse de la figure 3 montre que la biomasse aérienne de la laitue augmente quel que soit le régime d'irrigation du 14ème jour au 28ème jour après le repiquage. Le témoin présente une biomasse plus importante alors que le ¾ ETM développe une biomasse plus faible.

Les variations entre les régimes d'irrigation expérimentés sont explicitées par l'analyse de variance du tableau 4.

Tableau 4: Analyse de la variance sur l'évolution de la biomasse aérienne

Traitements	14 JAR	28 JAR	Iv. (100%)28 JAR
Témoin	38 A	430,7 A	100%
ETM	13 B	221,7 AB	51,50%
3/4 ETM	10 B	133,3 B	25,21%
Ecart type	4,0	108,6	
Coefficient de variation (%)	19,5	41,5	
Signification (seuil de 5%)	S	S	

Iv. : Indice de variation de la biomasse aérienne au 28ème jour après repiquage

L'analyse de la variance du tableau 4 montre que l'ETM et le ¾ ETM présentent respectivement des pertes de biomasse de l'ordre de 48,5% et 75% par rapport au témoin, au 28ème jour après repiquage. De cette analyse, il apparait une différence significative entre tous les traitements au seuil de 5%, au 28ème jour après le repiquage, mais au 14ème jour, cette différence est remarquable entre le témoin et les autres traitements.

Ce résultat s'explique par le fait que le témoin reçoit un régime hydrique satisfaisant le développement de la biomasse aérienne contrairement aux traitements ETM et ¾ ETM.

Croissance racinaire de la laitue

La croissance racinaire de la laitue est déterminée par sur la mesure de la longueur maximale atteinte toutes les deux semaines (figure 4).

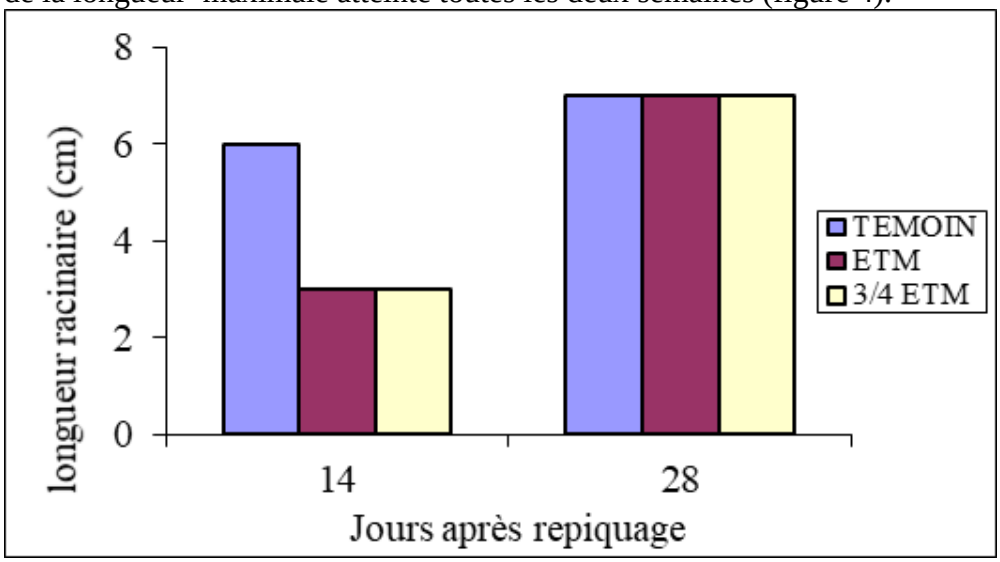


Figure 4: Effet de l'irrigation sur la croissance racinaire de la laitue

L'analyse de la figure 4 montre que la croissance racinaire de la laitue augmente quel que soit le régime d'irrigation, du 14ème au 28ème jour après repiquage. Au 14ème jour après repiquage, le témoin présente une croissance racinaire plus rapide par rapport à l'ETM et ¾ ETM. Au 28ème jour après le repiquage, la croissance racinaire de la laitue devient identique entre les trois traitements. Ce résultat montre que la croissance racinaire de la laitue présenterait un seuil, au-delà duquel tout traitement appliqué ne constitue plus qu'un gaspillage.

Les variations observées sur la figure 4 sont confirmées par l'analyse de variance du tableau 5.

Tableau 5: Analyse de la variance sur la croissance racinaire de la laitue

Traitements	14 JAR	28 JAR
Témoin	5,6 A	7,3 A
ETM	3,1 B	6,6 A
3/4 ETM	3,0 B	6,8 A
Ecart type	0,6	2,1
Coefficient de variation (%)	15,2	30,9
Signification (seuil de 5%)	S	NS

L'analyse de la variance du tableau 5 montre qu'au 14ème jour après le repiquage, le témoin présente un allongement racinaire de 5,6 cm contre 3 cm pour l'ETM et le ¾ ETM, soit une différence significative de 2,6 cm. Le 14ème jour constitue la phase critique de développement de la laitue. Par contre, au 28ème jour après le repiquage, la croissance racinaire de la laitue est presque identique dans les trois traitements, environ 7 cm. Ce qui prouve que la croissance racinaire de la laitue s'arrête au 28ème jour après le repiquage peu importe le régime d'irrigation appliqué.

Biomasse racinaire de la laitue.

La biomasse racinaire se réfère aux pesées des parties racinaires, réalisées toutes les deux semaines (figure 5).

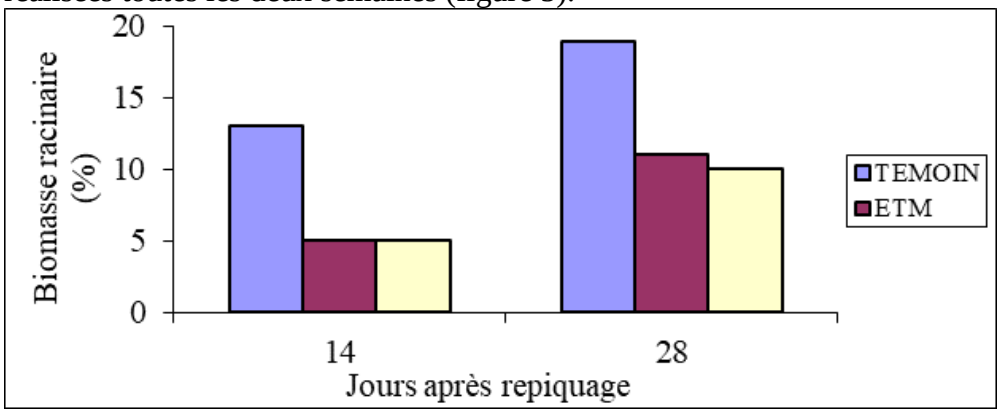


Figure 5: Effet de l'irrigation sur la biomasse racinaire de la laitue

L'analyse de la figure 5 montre que la biomasse racinaire de la laitue augmente quel que soit le traitement, du 14ème au 28ème jour après le repiquage. Le témoin présente une biomasse racinaire plus élevée comparativement aux deux autres traitements durant le cycle de croissance. L'ETM et le ¾ ETM évoluent presque identiquement, du 14ème au 28ème jour après repiquage.

L'analyse de variance de ces résultats est consignée dans le tableau 6.

Tableau 6: Analyse de la variance sur le développement de la biomasse racinaire de la laitue

Traitements	14 JAR	28 JAR	Iv. (%) 28 JAR
Témoin	13,3 A	18,7 A	100%
ETM	5,3 A	11,0 A	59%
3/4 ETM	3,3 A	8,3 A	44%
Ecart type	4,6	5,6	
Coefficient de variation (%)	63,5	44,4	
Signification (seuil de 5%)	NS	NS	

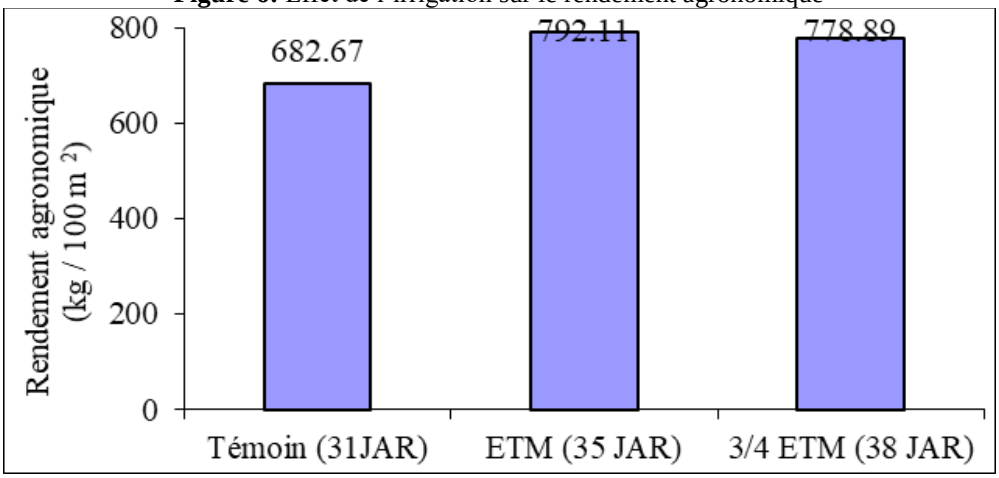
Iv. : indice de variation de la biomasse racinaire

L'analyse de la variance du tableau 6 montre que du 14ème au 28ème jour après le repiquage, la biomasse racinaire augmente de 5,4g pour le témoin, 5,7g pour l'ETM et 5g pour le ¾ ETM. Les variations de la biomasse racinaire au 28ème jour après le repiquage de l'ETM et du ¾ ETM par rapport au témoin, sont respectivement de 7,7g et 10,4g soit une diminution de 41% et 56%. L'analyse de ces résultats ne révèle aucune différence significative entre les traitements au seuil de 5%. Ce qui signifie que le développement de la biomasse racinaire n'est pas influencé par les régimes d'irrigation appliqués.

Rendement agronomique

Le rendement agronomique correspond au rendement constitué par la récolte des deux lignes de culture centrales (figure 6) à l' exclusion des bordures.

Figure 6: Effet de l'irrigation sur le rendement agronomique



L'analyse de la figure 6 montre que le rendement agronomique varie suivant le traitement appliqué et la date de récolte.

Le témoin a permis d'atteindre plus tôt la maturité (31 JAR), suivi de l'ETM (35 JAR) et enfin le ¾ ETM (38 JAR) mais les rendements a l'ETM et au ¾ ETM sont supérieurs au témoin. Les variations de rendements obtenus à chaque stade de récolte sont présentées par l'analyse de la variance du Tableau 6.

Tableau 7: Analyse de la variance sur le rendement agronomique de la laitue

Traitements	Rendemnt agronomique (kg/100m2)	Iv. (%)
Témoin (31 JAR)	682,7 A	100%
ETM (35 JAR)	792,1 A	116%
3/4 ETM (38 JAR)	778,9 A	114%
Ecart type	61,9	
Coefficient de variation (%)	8,2	
Signification (seuil de 5%)	NS	

Iv. : indice de variation du rendement agronomique

L'analyse de la variance du tableau 7 montre que le rendement de la laitue varie de 109,4 kg, du traitement témoin à l'ETM soit une augmentation de 16% et une augmentation de 14% avec le ¾ ETM. Cette analyse ne révèle aucune différence significative entre les traitements au seuil de 5%. Cela s'explique par le fait que les laitues atteignent la maturité physiologique à différents stades.

Rendement réel

Le rendement réel englobe toute la production sans les échantillons utilisés pour les analyses diverses. Le rendement réel varie d'une date de récolte à une autre (figure7).

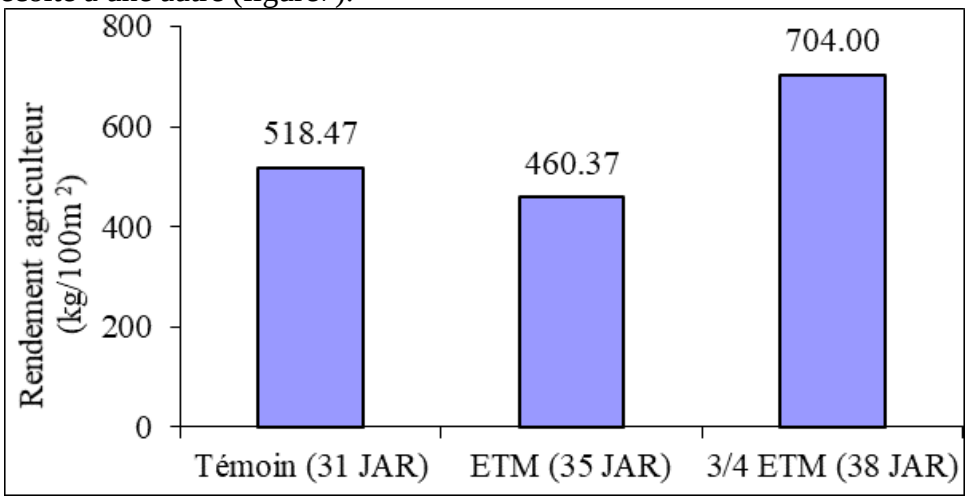


Figure 7: Effet de l'irrigation sur le rendement réel

L'analyse de la figure 7 montre que le rendement réel varie en fonction des régimes d'irrigation appliqués et des dates de récolte. Le ¾ ETM offre des rendements supérieurs au témoin et à l'ETM lorsque la laitue est récoltée à maturité physiologique pour chaque traitement. Le ¾ ETM allonge le cycle normal des laitues, en rapport avec le stress hydrique dont elles sont sujettes. Cela entraîne une pommaison précoce et une prise de poids supplémentaire comparativement au témoin et à l'ETM. Les variations de la figure 7 sont traduites dans le tableau 8 par une analyse de la variance.

Tableau 8 : Analyse de la variance sur le rendement réel de la laitue.

Traitements	Rendemnt agriculteur (kg/100m^2)	Iv (%)
Témoin (31 JAR)	518,5 A	100%
ETM (35 JAR)	460,4 A	89%
3/4 ETM (38 JAR)	704 A	136%
Ecart type	111,1	
Coefficient de variation (%)	9,8	
Signification (seuil de 5%)	NS	

Iv : indice de variation du rendement agriculteur

L'analyse de la variance du tableau 7 montre que le rendement varie de 58,1kg entre le témoin et l'ETM, soit une diminution de 11%, mais entre le témoin et le ¾ ETM, le rendement est en accroissement de 36%.

De plus, la variation du rendement du témoin au ¾ ETM est de 185,5kg, soit une augmentation de 36 %.

Cette analyse ne révèle aucune différence significative entre les régimes d'irrigation donc les traitements appliqués ne permettent pas d'atteindre la maturité physiologique de la laitue au même moment.

La qualité des laitues récoltées en rendement réel et commercialisées par l'agriculteur est variable d'un pied à l'autre. Ainsi, le prix sera influencé par la taille de la laitue. Les laitues ont été réparties en trois classes commerciales en fonction du diamètre (Ø) foliaire :

- Classe 1 : laitue de qualité médiocre (Ø < 20cm) ;
- Classe 2 : laitue de qualité moyenne (20≤Ø≤30cm) ;
- Classe 3 : laitue de meilleure qualité (>31cm).

La figure 8 indique le nombre de laitues récoltées par qualité commerciale.

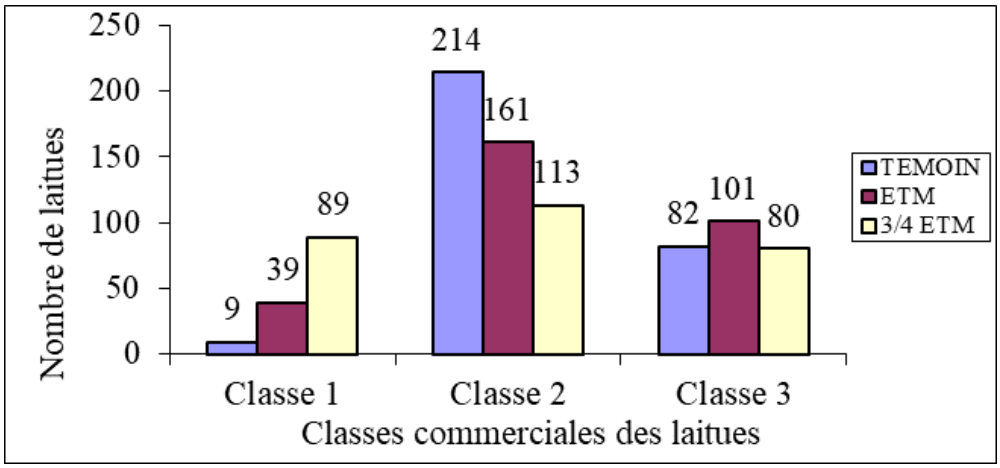


Figure 8: Classeiffication de laitues par qualité commerciale et par régime d'irrigation pratiquée

L'analyse des graphiques de la figure 8 montre que la qualité commerciale des laitues récoltées varie d'un traitement à un autre. Les laitues de classe 1 sont fortement dominées par le ¾ ETM (89 pieds) et faiblement représenté par le témoin (9 pieds). Les laitues de classe 2 sont les plus importantes et dominées par le témoin avec 214 pieds. Les laitues de classe 3 sont moyennes avec la domination du traitement ETM. L'analyse de ces résultats montre que les traitements témoin et ETM ont reçu des régimes d'irrigation bien favorables au développement de la laitue comparativement au ¾ ETM, sujet a un stress hydrique.

Evaluation des rendements de la laitue en fonction des quantités d'eau apportée

L'évolution des rendements de la laitue en fonction des quantités d'eau apportées est présentée à la figure 9.

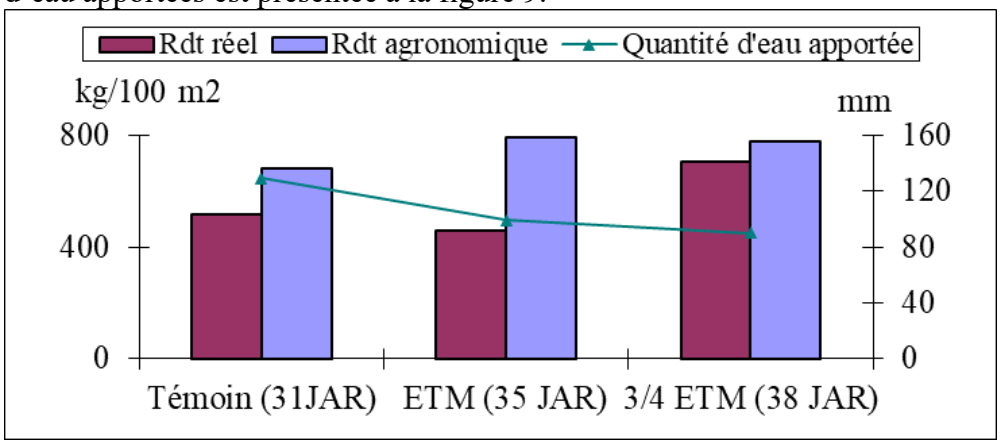


Figure 9: Rendement de la laitue par régime d'irrigation

L'analyse des graphiques de la figure 9 montre que les rendements réels et agronomiques varient en fonction des quantités d'eau apportées et des dates de la récolte de la laitue. Les rendements réels et agronomiques sont plus élevés en régime ¾ ETM (90 litres d'eau) qu'en régime témoin (129,3 litres d'eau). Le rendement réel obtenu avec le ¾ ETM a 185,5 kg de plus que le témoin, mais avec un cycle plus long (7 jours de plus que le témoin). Cette logique est respectée pour le rendement agronomique, où il est enregistré un gain de masse de 96,22 kg en régime ¾ ETM par rapport au témoin récolté plus tôt (31 JAR). L'analyse de ces résultats montre qu'en disposant d'assez d'eau, l'exploitant optera pour la formule témoin pour produire la laitue, mais dans le cas contraire, les régimes ETM et ¾ ETM sont plus appropriés à la production de la laitue.

Discussion

Les résultats montrent que les régimes d'irrigation ont eu des effets variables sur la croissance et le rendement de la laitue (Lactuca sativa). Le taux de reprise a été élevé dans tous les traitements, sans différence significative. Cela indique que la laitue tolère bien de légers déficits hydriques initiaux, comme le montrent (Dlamini & Zwane, 2020).

Le taux de recouvrement et la biomasse aérienne ont été influencés par l'irrigation. Le témoin et l'ETM ont développé une biomasse plus importante que le ¾ ETM. Ces résultats confirment que l'eau favorise l'expansion des feuilles et la production de biomasse, comme rapporté par

Refai et al. (2019). Les déficits hydriques modérés ont réduit la croissance aérienne, mais sans compromettre le rendement final (Yacoubi et al., 2022).

La croissance et la biomasse racinaire n'ont pas montré de différences significatives entre les régimes d'irrigation au 28e jour. Cela suggère qu'au-delà d'un certain seuil, le développement racinaire devient moins sensible à l'eau appliquée. Ce phénomène est cohérent avec les observations de (Yacoubi et al., 2022), selon lesquelles les racines explorent le sol pour optimiser l'absorption d'eau.

Le rendement agronomique et le rendement réel n'ont pas été significativement différents entre traitements. Cependant, la maturité a été atteinte plus tôt sous le témoin. Les régimes partiellement déficitaires ont permis un rendement similaire, mais sur un cycle plus long. Cela s'explique par une redistribution des assimilats vers les têtes de laitue sous stress hydrique modéré, comme décrit par (Abdelkhalik et al., 2019).

La qualité commerciale a été affectée par l'irrigation. Les laitues de faible qualité étaient majoritairement issues du ¾ ETM. Les laitues de meilleure qualité étaient plus nombreuses dans le témoin et l'ETM. Ces résultats confirment que le stress hydrique limite l'expansion foliaire et le poids des têtes, réduisant la proportion de produits commerciaux de haute qualité (Refai et al., 2019).

En conclusion, la laitue tolère des régimes d'irrigation partiellement réduits sans perte significative de rendement. L'eau influence surtout la biomasse aérienne et la qualité commerciale. Les régimes partiellement déficitaires peuvent prolonger le cycle, mais restent adaptés pour optimiser l'usage de l'eau tout en maintenant des rendements acceptables (Refai et al., 2019)).

Conclusions

L'étude a montré que les régimes d'irrigation influencent différemment la croissance et le rendement de la laitue (*Lactuca sativa*). Le taux de reprise des plants est resté élevé dans tous les traitements, indiquant une bonne tolérance initiale aux variations d'apports hydriques. La biomasse aérienne et le taux de recouvrement foliaire ont été favorisés par des niveaux d'eau plus élevés, tandis que la croissance racinaire et la biomasse racinaire ont été moins sensibles aux différences d'irrigation. Le rendement agronomique et le rendement réel ont été similaires entre les traitements, bien que le cycle de croissance ait été légèrement prolongé sous irrigation partiellement déficitaire.

Les régimes ETM et ¾ ETM ont permis de maintenir ou d'améliorer le rendement final tout en entraînant une maturation plus lente des laitues. La qualité commerciale a été influencée par l'irrigation, les faibles apports hydriques produisant davantage de laitues de qualité inférieure. Ces résultats

soulignent que la gestion de l'eau affecte à la fois la quantité et la qualité des récoltes.

Ainsi, la laitue peut tolérer des irrigations modérément réduites sans perte significative de rendement, offrant aux producteurs des options pour optimiser l'usage de l'eau. L'adoption de régimes d'irrigation ajustés permet de concilier performance agricole et gestion durable des ressources hydriques. Ces données constituent une base pratique pour améliorer la production maraîchère tout en assurant une utilisation efficiente de l'eau.

Remerciements

Les auteurs remercient les responsables de l'Institut Gabonais d'Appui au Développement (IGAD) et les équipes de terrain pour leur appui technique et logistique durant la conduite de l'expérimentation.

Contributions des auteurs

La conception de l'étude et la collecte des données ont été assurées par Abaga Obiang. J. A. Bourobou Bourobou et J. J. Edzang Mba ont contribué à la révision critique de l'article. P. Ondo Ovono a assuré la supervision scientifique et la coordination générale du travail. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale de l'article.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Abdelkhalik, A., Pascual, B., Inmaculada, N., Baixauli, C., & Pascual-seva, N. (2019). Deficit Irrigation as a Sustainable Practice in Improving Irrigation Water Use E ffi ciency in Cauliflower under Mediterranean Conditions. *Agronomy*, *9*, 732.
2. Ayesha, M. S., & Trichur S. Suryanarayanan, Karaba N. Nataraja, S. R. P. and R. U. S. (2021). *Seed Treatment With Systemic Fungicides : Time for Review*. *12*, 1–9. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.654512
3. Bank, W. (2006). *Reengaging in Agricultural Water Management Challenges and Options*.
4. Bayendi, Loudit Sandrine, M., Ndoutoume, A., & Francis, F. (2017). *Le maraîchage périurbain à Libreville et Owendo (Gabon) : pratiques culturales et durabilité*.

https://doi.org/https://doi.org/10.4000/148tz
5. Brian Thomas, Brian G. Murray, D. J. M. (2017). *Plant physiology and development*.
6. Dlamini, M. V, & Zwane, S. (2020). *The Effects of Regulated Deficit Irrigation on the Growth and Yield of Lettuce (Lactuca sativa L .) Grown in the Malkerns Area , a Region in the Kingdom of Eswatini (Southern Africa)*. *12*(3), 1–7. https://doi.org/10.9734/AJAAR/2020/v12i330081
7. Ebrahim, G. Y., Lautze, J., Ngoni, B., Fhedzisani, R., Siziba, T., Munyai, B., and Pavelic, P. (2021). *Groundwater Monitoring Network Design for the Tuli Karoo Transboundary Aquifer*.
8. Emmanuel Obuobie, B. K., & George Danso, Philip Amoah, Olufunke O. Cofie, L. R.-S. and P. D. (2006). *Irrigated Urban Vegetable Production in Ghana : Characteristics , Benefits and Risks*.
9. FAO. (2013). *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops*.
10. FAO. (2020). *The State of Food and Agriculture 2020*. FAO. https://doi.org/10.4060/cb1447en
11. FAO. (2022). *The state of food and agriculture*.
12. FAO. (2024). *World food and agriculture statistical*.
13. García-Tejero I.F., Rubio, A.E., Viñuela, I., Hernández, A., Gutiérrez-Gordillo, S., Rodríguez-Pleguezuelo, C.R., V.H., D.-Z. (2014). *Thermal imaging at plant level to assess the crop-water status in almond trees (cv . Guara) under deficit irrigation strategies*. 3–26.
14. Goenadi, D. H., Santi, L. P., & Kalbuadi, D. N. (2022). *Development of Magnesium Fertilizer Replacing Kieserite from Bio-Physico-Chemical Activated Dolomite*. 81–92. https://doi.org/10.4236/jmmce.2022.101006
15. Group, W. B. (2021). *Climate risk country profile: gabon*.
16. Haddaway, N. R., Woodcock, P., Macura, B., & Collins, A. (2015). Making literature reviews more reliable through application of lessons from systematic reviews. *Conservation Biology*, *29*(6), 1596–1605. https://doi.org/10.1111/cobi.12541
17. Hakdan Aytem, D. K. & E. Š. (2025). Influence of tillage methods on transplanter performance with different transplanting mechanisms. *Scientific Reports*, 1–14.
18. Hendrik Poorter, Jonas Bühler, Dagmar van Dusschoten, J. C. and J. P. (2012). Pot size matters : a meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. *Functional Plant Biolgy*, *39*, 839–850.
19. Lal, R. (2015). *Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation*.

5875–5895. https://doi.org/10.3390/su7055875
20. Lynch, J. P. (2019). Root phenotypes for improved nutrient capture : an underexploited opportunity for global agriculture. *New Phytologist*, *223*, 548–564. https://doi.org/10.1111/nph.15738
21. Nathalie, L., Madoungou, S., & Omar, P. T. (2024). *Agriculture au sein de l ' universite omar bongo : entre relance et diversites*. 365–386.
22. Omoregie, A. U., Umeri, C., & Nwajei, S. E. (2025). *Effect of NPK 15 : I5 : 15 Fertilizer on the Growth and Root Yield of Two Varieties of Carrot (Daucus Carota L .) in a Humid Environment of Edo State , Nigeria*. *8*(1).
23. Ondo, J. A. (2011). *Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon (région de Libreville) : acidification et mobilité des éléments métalliques*.
24. Pereira, L. S., Allen, R. G., Smith, M., & Raes, D. (2014). Crop evapotranspiration estimation with FAO56 : Past and future. *Agricultural Water Management*, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.031
25. Refai E.F.S., Hassan H. A. Mostafa, M. H. and M. M. A. A. Z. (2019). Enhance of water use efficiency , productivity and quality of lettuce (Lactuca sativa L .) on newly reclaimed soils. *Middle East J. Appl. Sci*, *09*(02), 464–473.
26. Sanchez, P. A. (2019). Properties and management of soils in the tropics. *Eur J Soil Sci.*, 1–3. https://doi.org/10.1111/ejss.12897
27. Şenyiğit, U., & Kaplan, D. (2013). *Impact of different irrigation water levels on yield and some quality parameters of lettuce (lactuca sativa l . Var . Longifolia cv .) Under unheated greenhouse condition*. *2*, 97–107.
28. Soriano, E. F. and M. A. (2007). *Deficit irrigation for reducing agricultural water use*. *58*(2), 147–159. https://doi.org/10.1093/jxb/erl165
29. Water, U. (2021). *Progress on Integrated Water Resources Management*.
30. Xiangbei Du, M. X. & L. K. (2019). Split application of reduced nitrogen rate improves nitrogen uptake and use efficiency in sweetpotato. *Scientific Reports*, 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-019-50532-2
31. Yacoubi, S., Slatni, A., Azzi, R., & Oueslati, T. (2022). *Impact of deficit irrigation strategies on water use and productivity of vege table crops in a semi-arid context of Tunisia*. *263*, 109–115. https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28212