

Étude des facteurs environnementaux favorisant l'expansion de *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass., en milieu urbain : une approche intégrée entre données de terrain, sol et climat

AKOTTO Odi Faustin^{1*}, KOUADIO Konan Kan Hippolyte¹, MESSOUM Francis Gustave², DJIHA Boni Richard¹.

¹Filière Pédologie et Agriculture Durable, Laboratoire des Sciences du sol, des eaux, des Géomatériaux (LSSEG), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan (UFHB), 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Direction Générale de la Recherche, BP V151 Abidjan, Côte d'Ivoire

*Correspondance : akoto_faustin2006@yahoo.fr

Mots clés : Expansion végétale, *Porophyllum ruderale*, Facteurs environnementaux, Gestion durable

Keywords : Plant expansion, *Porophyllum ruderale*, Environmental factors, Sustainable management

Submitted 07/07/2023, Published online on 30/09/2023 in the [Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024](#)

1 RESUME

Porophyllum ruderale, connu sous les noms de papaloquelite ou coriandre bolivienne, est une plante vivace originaire d'Amérique du Sud. Ses feuilles dégagent un arôme distinctif rappelant la coriandre et les agrumes. Couramment utilisée dans la cuisine traditionnelle, elle sert d'herbe aromatique et d'accompagnement pour diverses préparations culinaires. Bien que reconnue pour ses possibles vertus médicinales, des recherches complémentaires sont nécessaires pour étayer ces affirmations. Une étude exhaustive sur cette plante a mobilisé des données de terrain, de sol, de topographie du sol et de climat pour identifier les facteurs cruciaux favorisant son expansion en milieu urbain. La couleur des Anthrosols, évaluée selon le système CIE Lab*, s'est avérée être un indicateur rapide de la présence de *P. ruderale*, avec une nette prédominance des tons clairs. L'étude a également souligné que, parmi les paramètres climatiques étudiés, les précipitations du trimestre le plus sec (bio17) ont exercé une influence prépondérante, surpassant même l'impact de la température moyenne du trimestre le plus humide (bio8) et des précipitations du trimestre le plus froid (bio19). Le modèle prédictif employé a démontré une précision remarquable, obtenant un score AUC de 0,985. Ces découvertes ouvrent de nouvelles perspectives pour la prédiction d'autres espèces d'intérêt en Côte d'Ivoire et pour une gestion durable des espaces verts en milieu urbain. Ces connaissances revêtent une importance cruciale pour soutenir des stratégies efficaces de gestion et de conservation, visant à préserver l'intégrité des écosystèmes naturels face aux défis posés par les espèces invasives

ABSTRACT

Porophyllum ruderale, commonly known as papaloquelite or Bolivian coriander, is a perennial herb native to South America. It is distinguished by its aromatic leaves with a pronounced taste reminiscent of coriander and citrus. Widely used in traditional cuisine, especially in Mexican and Central American dishes, it serves as both an aromatic herb and garnish for various culinary preparations. Additionally, papaloquelite is valued for its potential

medicinal properties, although further research is needed to substantiate these claims. This study on *Porophyllum ruderale* utilized field, soil, topographical, and climatic data to identify key factors favoring its presence in urban landscapes. Remarkably, the color of Anthroposols, assessed using the CIE Lab* system, proved to be a rapid indicator of the prevalence of *P. ruderale*, with a predominance of lighter shades. Furthermore, the study highlighted that, among the examined climatic variables, precipitation in the driest quarter (represented by bio17) played a determining role, even surpassing the influence of the average temperature in the wettest quarter (bio8) and the precipitation in the coldest quarter (bio19). The employed predictive model demonstrated outstanding precision, achieving an AUC score of 0.985. The study's conclusions open new perspectives for predicting other species of interest in Côte d'Ivoire and for sustainable management of green spaces in urban environments. This knowledge is crucial in supporting effective strategies for the management and conservation of natural ecosystems, aiming to preserve their integrity in the face of challenges posed by invasive species

2 INTRODUCTION

L'expansion des espèces végétales en milieu urbain constitue un enjeu majeur dans le domaine de l'écologie urbaine. Parmi ces espèces, *Porophyllum ruderale*, également connue sous le nom de "coriandre bolivienne" ou "arnica-brésilienne", se distingue par sa capacité d'adaptation et sa propension à coloniser rapidement dans les agrosystèmes en Côte d'Ivoire depuis les années 2010-2011 (Fonseca *et al.*, 2006 ; Dogba *et al.*, 2018). Malgré son caractère envahissant et sa présence répandue dans de nombreuses régions, les facteurs environnementaux qui favorisent son expansion en milieu urbain restent encore mal compris. En Côte d'Ivoire, les études portant sur *P. ruderale* se sont essentiellement concentrées sur son comportement envahissant au sein des zones agricoles (Yao *et al.*, 2017 ; Kpla *et al.*, 2017 ; Marnotte et Le Bourgeois, 2019). Toutefois, les investigations spécifiques relatives à la caractérisation des sols associés à cette espèce en

milieu urbain demeurent encore peu abondantes dans la région. Cette lacune met en évidence la pertinence de la présente étude, qui vise à approfondir notre compréhension des interactions entre le sol et la plante, ainsi que des mécanismes sous-jacents à la prolifération de cette plante invasive au sein des environnements urbains. L'objectif central de cette étude consiste donc à examiner de manière globale les facteurs environnementaux favorisant l'expansion de *P. ruderale* en milieu urbain. Pour ce faire, une enquête détaillée a été conduite au sein du District Autonome d'Abidjan, une région urbaine dynamique située dans le sud de la Côte d'Ivoire. Cette étude revêt une importance capitale en ouvrant de nouvelles perspectives et en apportant des informations cruciales concernant les facteurs environnementaux qui facilitent l'expansion de *P. ruderale* (Kpla *et al.* ; 2018 ; Marnotte et Le Bourgeois, 2019).

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Matériel: Le matériel biologique est composé de l'adventice *P. ruderale*. Le matériel technique est constitué d'un GPS (Global Positioning System) qui a servi à localiser les différents sites et le code Munsell, pour la caractérisation des couleurs selon la notation Munsell.

3.2 Zone d'étude : Trois sites (Abidjan-ville, Anyama et Bingerville) ont été choisis sur la base de leur localisation dans le District Autonome d'Abidjan, situé entre 5°12' et 5°39' N et entre 3°42' et 4°24' W. La température moyenne mensuelle varie entre 24 °C et 28 °C, avec une valeur moyenne de 26,6 °C. L'humidité relative reste constamment supérieure à 70 %

tout au long de l'année. La pluviométrie moyenne annuelle dépasse les 1605 mm, dans un climat de type équatorial caractérisé par quatre saisons distinctes : deux saisons de pluies (mars à juin et septembre à novembre) et deux saisons sèches (décembre à février et juillet à août).

3.3 Méthodes :

3.3.1 Collecte des données d'occurrence de *P. ruderale* : L'approche intégrée entre données de terrain, sol et climat a été mise en œuvre afin d'explorer les facteurs environnementaux propices à l'expansion de *P. ruderale* en milieu urbain. Notre dessein était d'appréhender les conditions favorables au maintien et à la prolifération de cette espèce au sein de milieux urbains spécifiques. Pour recueillir des données de terrain d'une précision avérée, le système de positionnement global

(GPS) a été déployé pour géoréférencer avec précision 130 sites d'aménagements (Figure 1), étalés sur une superficie de 80 km² au sein du District Autonome d'Abidjan, en Côte d'Ivoire. Ces sites ont été méthodiquement choisis pour représenter diverses zones urbaines, incluant Abidjan-ville, Anyama et Bingerville. Parallèlement aux données de terrain, des informations complémentaires concernant le sol et le climat ont été acquises. Pour les données relatives au sol, la base de données Harmonized World Soil Database (HWSD) dans sa version "raster" a été mobilisée pour caractériser les types de sols présents dans les zones d'étude. Cette base de données constitue une référence fiable et universellement reconnue pour l'analyse des sols à une échelle mondiale (Lehmann *et al.*, 2014).

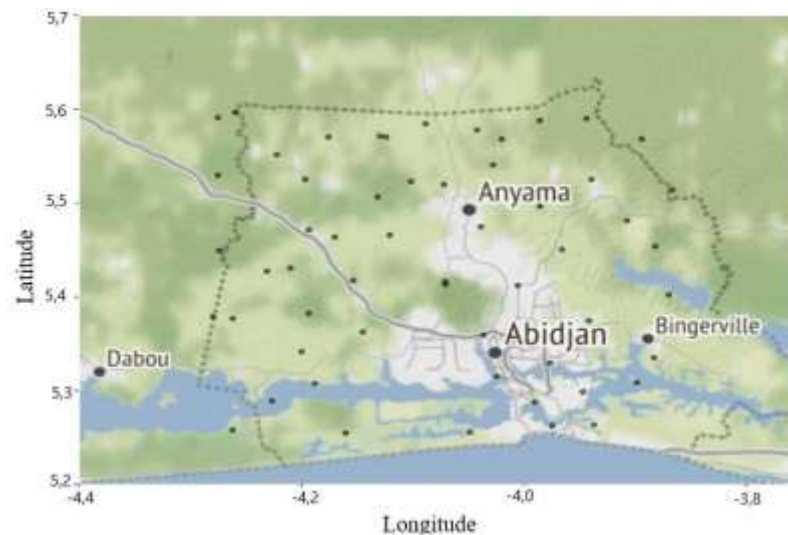


Figure 1 : Localisation géographique des points de présence et/ou de pseudo-absences de *P. ruderale* dans le District Autonome d'Abidjan.

3.3.2 Collecte des données bioclimatiques de *P. ruderale* : Afin d'évaluer les conditions climatiques, il a été fait appel à la base de données WorldClim version 1.4, conforme à l'étude menée par Hijmans *et al.*, en 2005. Les variables extraites comprenaient des données topographiques, notamment la pente, l'altitude topographique et l'aspect. Ces informations nous ont éclairés quant à l'influence de la topographie sur la répartition de *P. ruderale* dans les environnements urbains analysés.

3.3.3 Caractérisation de la couleur des sols d'occurrence de *P. ruderale* : Une caractéristique singulièrement captivante de l'étude résidait dans l'évaluation de la couleur du sol à l'aide du code Munsell. Le système normalisé par la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE Lab*) a été déployé pour évaluer la clarté, le rouge et le jaune des sols. Cette méthodologie a permis de mettre en lumière la couleur du sol en tant qu'indicateur rapide de la présence de cette espèce dans les

environnements urbains sous investigation (Munsell Color, 2021). La transition de la notation Munsell au système C.I.E. (Commission Internationale de l'Éclairage) pour décrire la couleur du sol a été accomplie en mesurant la courbe de réflectance de chaque pastille des planches de couleurs. Cette mesure a permis de convertir les valeurs de teinte, de clarté et de pureté en coordonnées C.I.E. (Lab*) et C.I.E. (LCh*), selon les composantes suivantes :

- Luminance (L*) : reflète l'axe des gris et indique la clarté du sol ;
- Rougeur (a*) : représente la quantité de rouge présente dans le sol ;
- Jaunissement (b*) : met en évidence la quantité de jaune présente dans le sol ;
- Chromaticité (C*) : décrit l'intensité de la couleur de l'axe des gris ;
- Angle de teinte (h*) : exprime l'angle de teinte de manière circulaire, où 0° correspond à la teinte magenta, 90° à la teinte jaune, 180° à la teinte verte, 270° à la teinte bleue, etc.

Pour calculer les paramètres de chromaticité (C*) et d'angle de teinte (h*), les formules 1 et 2

proposées par Rossel *et al.* (2006) ont été appliquées :

Chromaticité (C*) :

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

Angle de teinte (h*) :

$$h^* = \arctan (b^*/a^*) \text{ (en degrés)} \quad (2)$$

A partir des données collectées sur le terrain, les informations sur le sol et le climat, ainsi que les techniques statistiques disponibles dans les logiciels R et R Studio (R Core Team, 2023), un modèle prédictif d'une grande précision quant à l'occurrence de *P. ruderalis* en milieu urbain a été généré. Pour évaluer la précision prédictive du modèle, l'aire sous la courbe (AUC) a été calculée. L'AUC mesure la capacité du modèle à prédire l'occurrence des espèces d'intérêt (Hanley & McNeil, 1982 ; Swets, 1988). Cette approche intégrée, combinant les données de terrain, de sol et de climat, a ainsi permis une meilleure compréhension des facteurs environnementaux qui favorisent l'expansion de *P. ruderalis* en milieu urbain. Le sol a été caractérisé selon la classification IUSS Working Group WRB (2015).

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Influence des conditions environnementales sur la prolifération de *P. ruderalis*

4.1.1 Caractéristiques de la couleur des sols et occurrence de *P. ruderalis* : Cette étude a mis en lumière les caractéristiques attribuables à l'influence des conditions environnementales sur la prolifération de *P. ruderalis*. L'un des aspects

clés analysés concerne la couleur des sols et son association avec l'occurrence de l'espèce. Les résultats ont révélé que les teintes prédominantes dans les zones où *P. ruderalis* est présent sont 5YR, 7,5YR et 10R, correspondant à des nuances brunes typiques des Anthrosols (Figure 2).

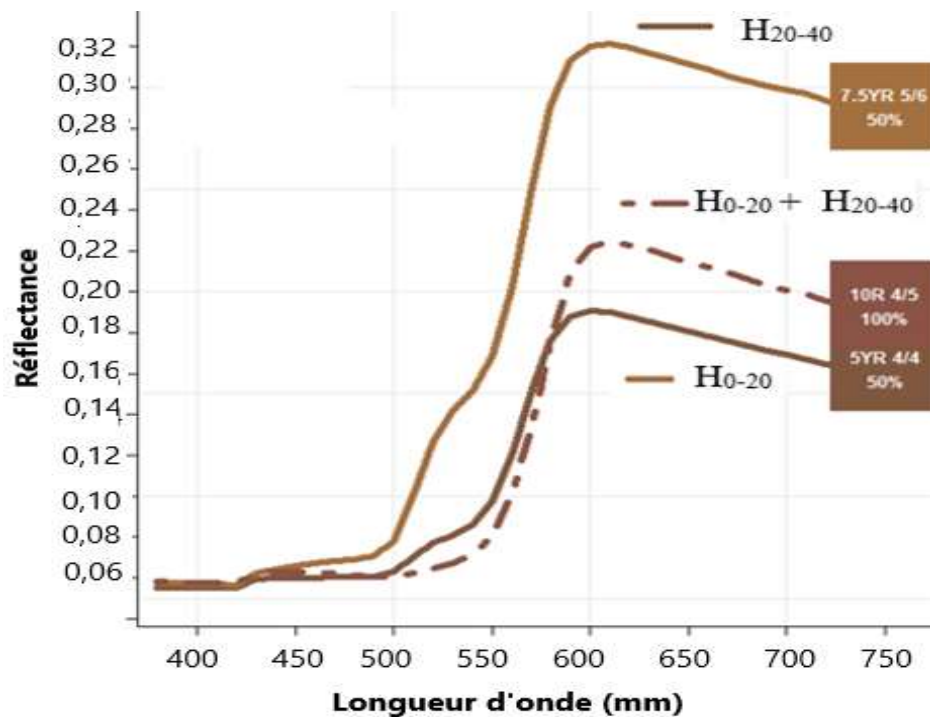


Figure 2 : Courbe de réflectance de deux échantillons de sols de la gamme étudiée
Ligne continue : valeurs mesurées les horizons 0-20 et 20-40 ; pointillé : valeurs modélisées

Ces sols se caractérisent par une teinte rouge prédominante dans les horizons de 0-20 cm et 20-40 cm. Il est pertinent de noter que la présence de *P. ruderalis* a été principalement constatée dans des sols affichant une clarté ≥ 4 , indiquant ainsi une coloration sombre en surface. De plus, l'observation a révélé une teinte brune persistante jusqu'à une profondeur de 20-

40 cm là où cette espèce invasive était présente. Une autre constatation significative a été les signes initiaux d'illuviation d'argile dans les 20 premiers centimètres des sols abritant *P. ruderalis*. Ceci suggère une teneur en sable élevée de 0-20 cm et une teneur en argile relativement élevée de 20-40 cm (Figure 3).

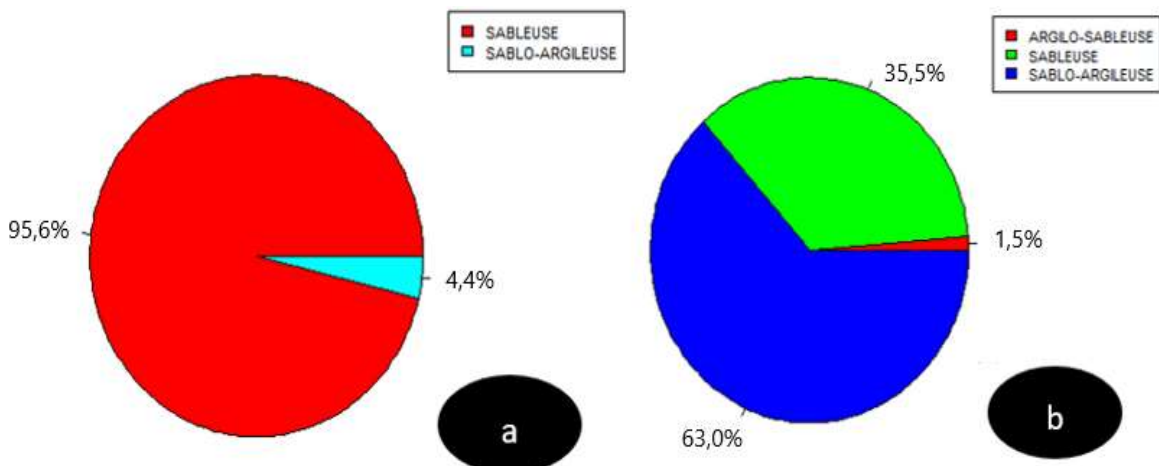


Figure 3 : Diagramme circulaire montrant la proportion de chaque texture de l'ensemble des données pédologiques. (a) : horizon 0-20 cm, (b) : horizon 20-40 cm

Ces aspects pédologiques particuliers des Anthrosols semblent propices à l'établissement de *P. rudérale*. Ces résultats corroborent l'influence cruciale de la couleur des sols sur l'occurrence de *P. rudérale*, une constatation également mise en évidence par des études antérieures, notamment celle menée par Lane & Jarvis (2007). Les teintes brunes et la coloration sombre en surface semblent encourager l'établissement de cette espèce envahissante. Ces paramètres peuvent être influencés par divers facteurs tels que la composition minérale du sol, la teneur en matière organique et le niveau d'humidité, tous susceptibles de jouer un rôle dans les variations chromatiques observées. Les teintes rouges, brunes ou jaunâtres peuvent indiquer la présence de minéraux tels que l'oxyde de fer, tandis que les teintes plus claires peuvent être associées à une concentration accrue en sable ou en matière organique (Schaeztl et Anderson, 2005). Ces travaux fournissent une compréhension approfondie de la genèse des sols, de leur composition minérale, ainsi que des éléments organiques, et des autres facteurs influençant les caractéristiques et les teintes observées dans les sols. La coloration des sols offre des indications précieuses sur leurs propriétés physico-chimiques. Les sols plus sombres, riches en matière organique, tendent à avoir une meilleure rétention d'eau, tandis que les sols plus clairs présentent une meilleure perméabilité et une aération accrue. La coloration peut également refléter des conditions environnementales spécifiques, comme démontré par Koné *et al.* (2008) dans leur étude sur les régions tropicales humides de Côte d'Ivoire. Ils ont établi un lien entre la couleur du sol, la distribution microbienne et la teneur en matière organique. Cette corrélation suggère que les sols aux teintes plus foncées, comme les teintes rouges, brunes ou jaunâtres, renferment souvent davantage de matière organique. Ceci améliore leur capacité à retenir l'eau, essentielle pour les plantes, même en périodes de sécheresse modérée. D'autre part, les sols plus clairs, souvent composés d'une

proportion plus élevée de sable ou présentant une structure granulaire, favorisent un meilleur drainage et une plus grande circulation d'air. Ces conditions sont propices à la croissance de plantes comme *P. rudérale* qui nécessitent un drainage efficace et une bonne aération racinaire. De surcroît, la coloration du sol peut influencer la biodiversité du sol en étant révélatrice de conditions environnementales spécifiques. Les teintes différentes sont associées à des microorganismes distincts, à des communautés microbiennes spécifiques ou à des propriétés physico-chimiques particulières. Ces variations dans la biodiversité du sol peuvent à leur tour impacter l'occurrence de *P. rudérale*, car les interactions avec les microorganismes du sol jouent un rôle déterminant dans la disponibilité des nutriments et la santé des plantes. Les Anthrosols, avec leur couleur brune caractéristique, fournissent des conditions propices à l'établissement de cette espèce envahissante. Ces résultats sont cohérents avec d'autres études qui ont souligné l'importance de ces facteurs dans la distribution des plantes en milieu urbain (Weissgerber *et al.*, 2019 ; Turo & Gardiner, 2019). Comprendre les relations entre les paramètres de couleur du sol et l'occurrence de *P. rudérale* est crucial pour une gestion efficace de cette espèce envahissante et pour prévoir son expansion éventuelle dans le contexte du changement climatique.

4.1.2 Influence des variables bioclimatiques sur la prolifération de *P. rudérale* : Une analyse de régression Random Forest (Figure 4) a été utilisée pour identifier les variables bioclimatiques les plus importantes pour prédire l'abondance de *P. rudérale*. Les résultats de ont révélé que les variables bioclimatiques bio17 (précipitations du trimestre le plus sec) était la première variable la plus influentes. Elle est suivie par bio8 (température moyenne du trimestre le plus humide) vient en deuxième position. Dans une moindre mesure, bio19 (précipitations du trimestre le plus froid) vient en troisième position.

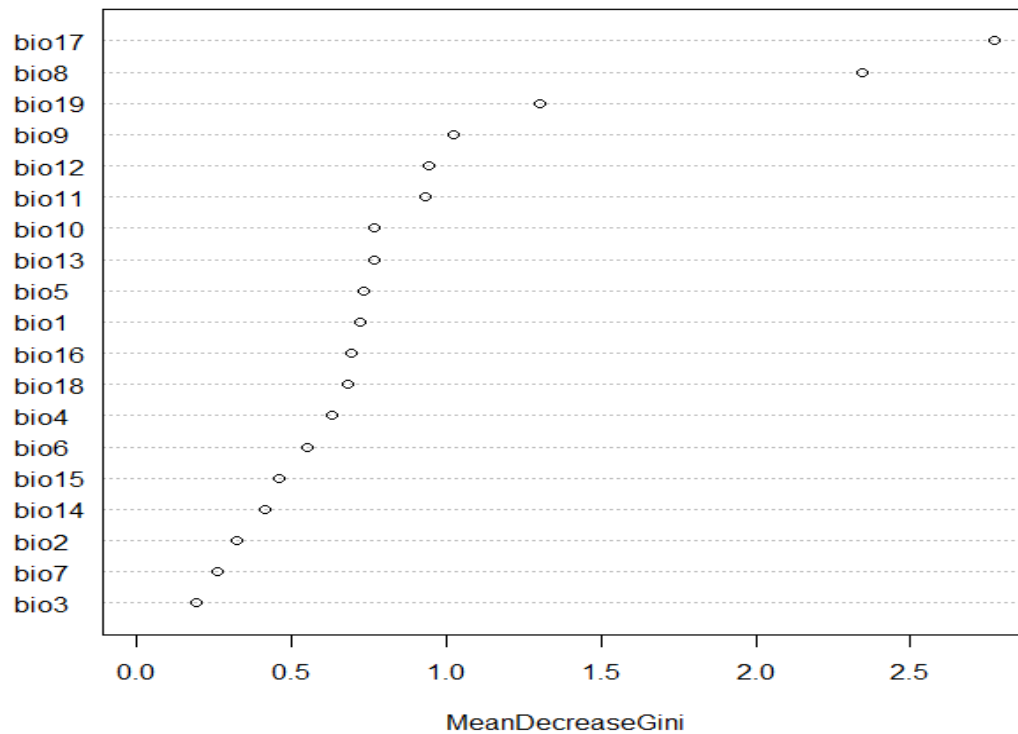


Figure 4 : Variables bioclimatiques importantes prédisant l'infection des Anthrosoles du District d'Abidjan par *P. ruderales* à l'aide de l'algorithme Random Forest

De ce qui précède, il a été mis en exergue l'influence significative des précipitations saisonnières et des variations thermiques sur la prolifération de *P. ruderales*. Ces résultats rejoignent en cela l'étude préalable d'Albert *et al.* (2011), soulignant l'impact des variables bioclimatiques sur l'abondance des plantes. Cependant, ces résultats ne corroborent pas les travaux de Kouakou *et al.* (2012), Gbesso *et al.* (2013) et Oga *et al.* (2016), qui avaient mis en avant une régression des zones favorables à la distribution des espèces en raison du changement climatique. Néanmoins, cela renforce l'hypothèse avancée par le WWF (2011) selon laquelle les modifications climatiques pourraient altérer l'aire de répartition des espèces. Les hausses de température et les réductions de précipitations pourraient être les facteurs à l'origine de la recrudescence de

l'espèce étudiée (Doffou *et al.*, 201). L'analyse de la répartition de *P. ruderales* dans le District d'Abidjan (Figure 5) a révélé trois zones distinctes. La première, localisée au sud de la région d'Abidjan, se caractérise par des habitats moins favorables, présentant un indice inférieur à 0,6. Cette zone manifeste une propension moindre à l'infestation par *P. ruderales*. La deuxième zone, qui s'étend au centre de la région, englobant notamment les localités d'Anyama au nord, comprend des habitats relativement propices à *P. ruderales*, avec un indice compris entre 0,6 et 0,8. Ces conditions favorables à la croissance et à la propagation de *P. ruderales* expliquent sa fréquente présence dans cette zone. Enfin, la troisième zone, localisée au sud-est d'Abidjan, se caractérise par des habitats très favorables, avec un indice dépassant 0,8.

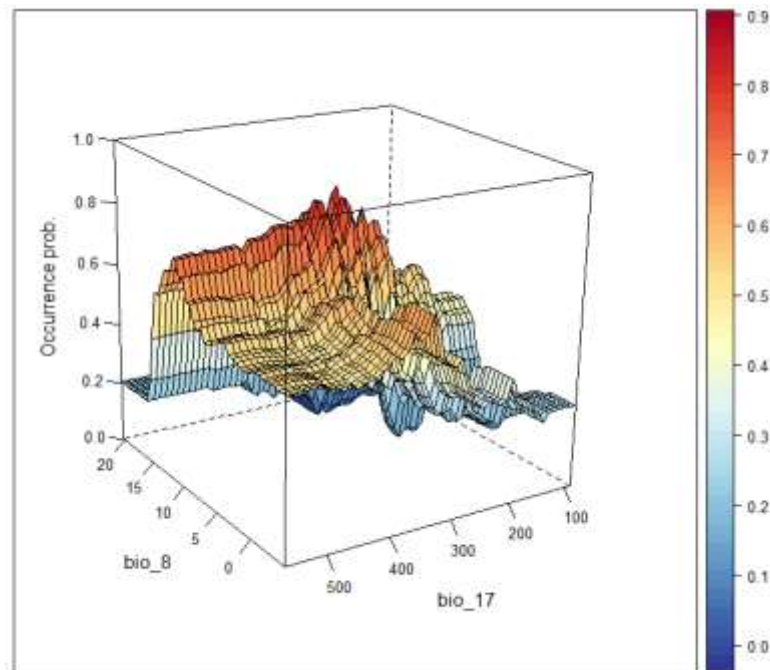


Figure 5 : Classes des probabilités de présence actuelle de *Porophyllum ruderale* dans le District Autonome d'Abidjan

Ces habitats offrent des conditions propices à son établissement en fonction du degré d'infestation et du lotissement, ce qui explique sa présence abondante dans cette zone. Les informations fournies sont précieuses pour la connaissance des facteurs environnementaux et les conditions favorables à son établissement et à sa propagation. Ces résultats sont en accord avec des études antérieures, telles que celle menée par Mahamoud et Akpo (2018), qui ont également souligné l'importance de la

compréhension des habitats propices aux espèces végétales pour la gestion et le contrôle de cette espèce envahissante. Ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte les variables environnementales dans la gestion des invasions biologiques et dans l'élaboration de mesures de conservation appropriées. Le degré d'infestation de l'espèce végétale serait, non seulement, liée au lotissement, mais également à la nature de la roche sous-jacente comme illustré sur la figure 6.

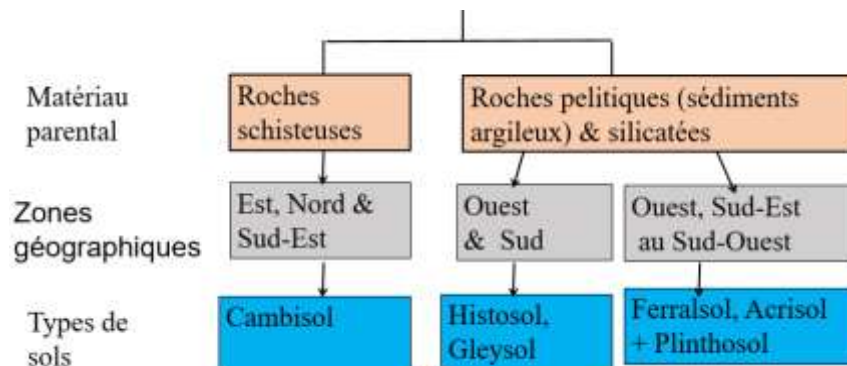


Figure 6 : Troncature des sols en fonction du matériau parental, de la zone géographique et des types de sols dans le District Autonome d'Abidjan

Porophyllum ruderale s'avère être un cas intéressant pour évaluer les effets du changement climatique (Estrada *et al.*, 2016) puisque depuis son apparition en Côte d'Ivoire dans les années 2010-2011, son aire de distribution ne cesse de s'étendre (Dogba *et al.*, 2018). En raison du changement climatique, *P. ruderale* étend son aire de répartition aux propriétés inconnues, se déplaçant dans des sites complètement nouveaux, rejoignant en cela les prédictions faites par Peterson *et al.* (2002) sur l'effet du changement climatique.

4.1.3 Relation espèce-environnement et climat favorable à *P. ruderale* : Les résultats de

l'ACP (Figure 7) ont révélé que *P. ruderale* présente une large tolérance le long de l'axe 2, principalement influencée par les variables de précipitations trimestrielles (bio17 et bio19). Cette tolérance indique que *P. ruderale* peut s'adapter à une gamme de régimes de précipitations. Par ailleurs, la tolérance de *P. ruderale* est intermédiaire le long de l'axe 1, pilotée par la variable bio8, qui représente la température moyenne du trimestre le plus humide. Cela suggère que *P. ruderale* préfère les climats chauds et humides pour sa prolifération.

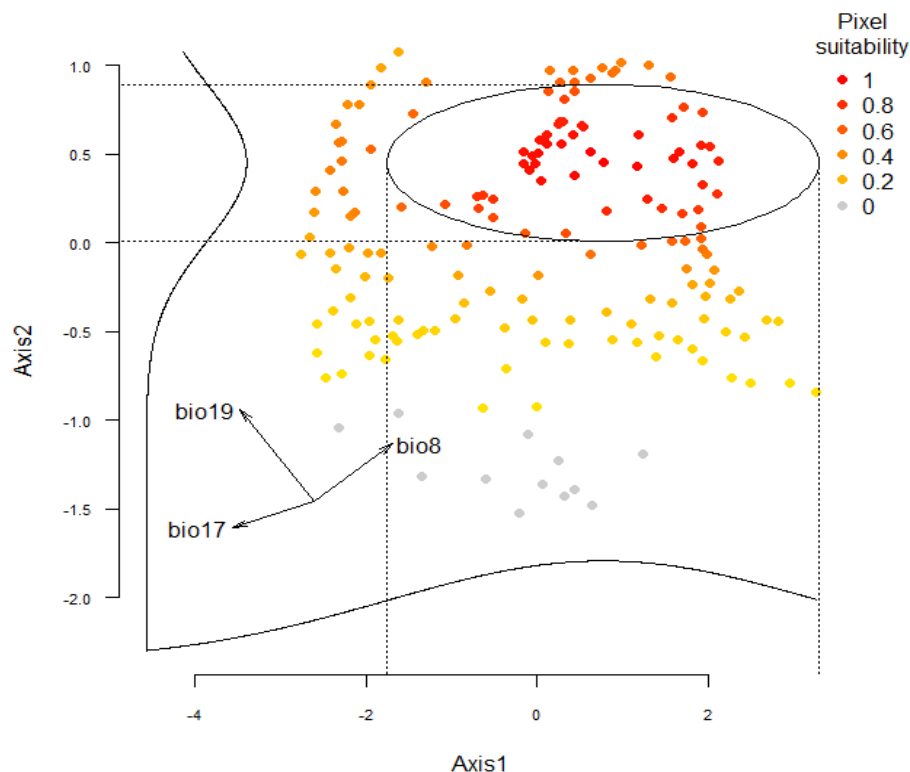


Figure 7 : Aptitude environnementale de *P. ruderale* avec une analyse en composantes principales (ACP) de trois variables climatiques

Ces résultats sont cohérents avec l'étude menée par Matias (2012), qui a également souligné l'importance des variables bioclimatiques dans la préférence climatique de des espèces végétales. Les climats chauds et humides offrent des conditions idéales pour la croissance et la propagation de cette espèce envahissante. En intégrant ces résultats dans la discussion plus

large, il est clair que les conditions environnementales, telles que les variables bioclimatiques jouent un rôle déterminant dans la prolifération de *P. ruderale*. En identifiant les facteurs environnementaux (précipitations saisonnières, climats chauds et humides) qui favorisent son établissement et sa propagation, des mesures de gestion appropriées peuvent être

prises en place pour limiter son expansion et minimiser ses impacts négatifs sur les écosystèmes natifs. La figure 8A met en évidence une probabilité significativement élevée d'occurrence de *P. ruderale* dans des conditions climatiques caractérisées par des températures, oscillant entre 5°C et 15°C, telles que celles représentées par la variable bio8. Cette plage thermique semble être particulièrement propice à l'établissement et à la prolifération de *P. ruderale*. De surcroît, des niveaux de précipitations situés entre 300 et 400 mm ont été

corrélés à une probabilité d'occurrence plus marquée de *P. ruderale*, telles que celles représentées par la variable bio17 (Figure 8B). Ces précipitations fournissent l'humidité essentielle pour soutenir la croissance et la propagation de cette espèce envahissante. En somme, l'identification avec précision les plages de température et les niveaux de précipitations favorables à son établissement, permet d'optimiser les initiatives de gestion et de contrôle.

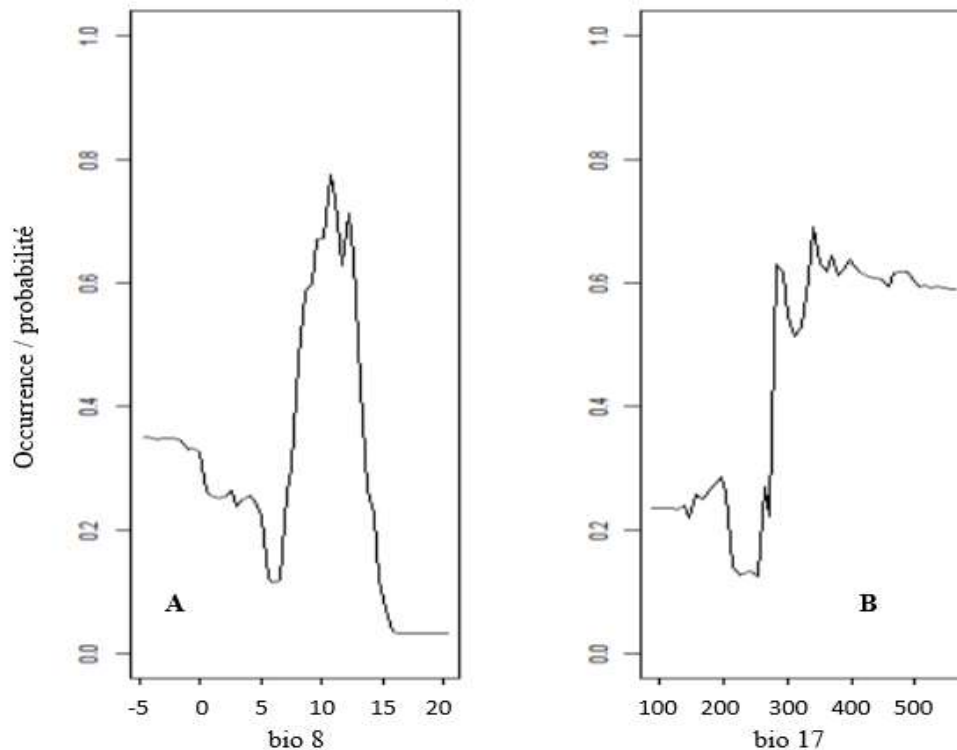


Figure 8 : Relation *P. ruderale*-environnement et climat favorable

4.2 Évaluation de l'adéquation de l'habitat de *Porophyllum ruderale* dans les conditions bioclimatiques et perspectives de prédiction

4.2.1 Performance diagnostique et adéquation de l'habitat : La Figure 9 met en évidence la sensibilité, la spécificité, ainsi que les

valeurs prédictives positives et négatives du modèle d'évaluation, représentées par la courbe de caractéristique opérationnelle du récepteur (ROC). L'aire sous la courbe (AUC) a été utilisée comme mesure de la précision prédictive du modèle.

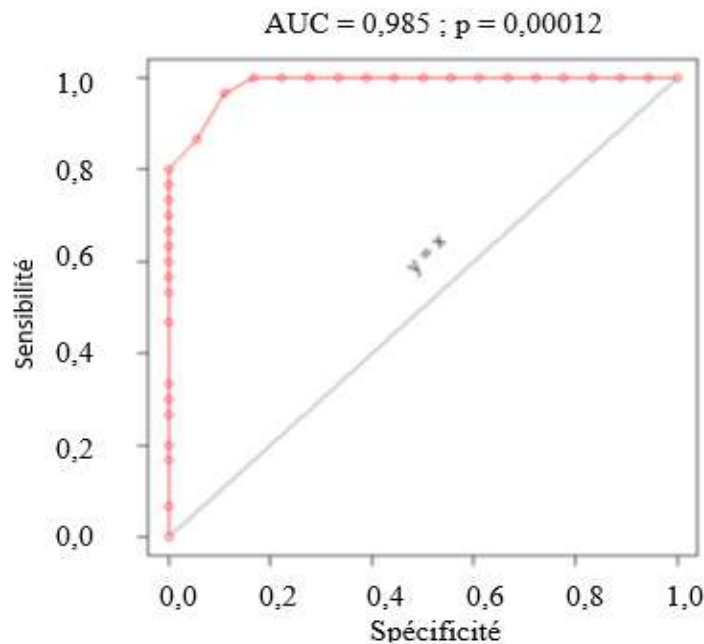


Figure 8 : Évaluation de la modélisation prédictive de l'occurrence de *P. ruderalis* sous l'influence des variables bioclimatiques.

Par ailleurs, le processus de validation du modèle utilisé et les contributions des variables bioclimatiques ont mis en exergue des valeurs de l'AUC de plus de 0,90. Baldwin (2009) établit qu'une valeur AUC de $< 0,7$ indique un modèle à faible valeur prédictive, $0,7 < \text{AUC} < 0,9$ un modèle performant et $\text{AUC} > 0,9$ un très bon modèle prédictif. Ce dernier correspond au modèle présenté dans cette étude. Les résultats ont révélé une précision $\text{AUC} = 0,985$; ce qui traduit une capacité robuste du modèle à prédire l'habitat favorable à *P. ruderalis*. Ces résultats sont encourageants, car ils démontrent que le modèle prédictif est fiable et précis dans son évaluation de l'adéquation de l'habitat de *P. ruderalis*. Ils suggèrent que le modèle peut être utilisé avec confiance pour identifier les zones propices à la présence de *P. ruderalis* en fonction des variables bioclimatiques considérées. En utilisant ce modèle prédictif, il devient possible de prendre des mesures proactives pour prévenir l'établissement et la prolifération de *P. ruderalis* dans les habitats les plus favorables.

4.2.2 Seuil d'adéquation de l'habitat et utilisation du modèle : Les résultats obtenus ont démontré une capacité remarquable du

modèle à prédire ces habitats, ce qui confère au seuil d'adéquation de l'habitat une qualification d'« excellent ». Grâce à cette capacité prédictive élevée, le modèle fournit des données précieuses pour la planification et la gestion des habitats envahis par *P. ruderalis*. En identifiant les zones propices à la présence de cette espèce envahissante, il devient possible d'adopter des mesures préventives et de contrôle ciblées, visant à réduire son établissement et sa propagation dans de nouvelles régions. Il convient de souligner que l'utilisation de ce modèle prédictif dans d'autres régions de la Côte d'Ivoire nécessite une adaptation appropriée aux conditions locales spécifiques. Cependant, les bases solides établies par cette étude fournissent une approche prometteuse pour l'utilisation du modèle dans le cadre de la gestion de *P. ruderalis* à l'échelle régionale.

4.2.3 Perspectives de prédiction et implications : L'utilisation de ce modèle prédictif ouvre des perspectives prometteuses pour la prédiction de l'habitat de *P. ruderalis* dans différentes régions de la Côte d'Ivoire. En identifiant les conditions bioclimatiques appropriées, les gestionnaires et les décideurs

disposent d'un outil précieux pour prendre des mesures préventives et d'atténuation visant à contrôler la prolifération de cette espèce envahissante. En utilisant les informations fournies par le modèle, des actions ciblées peuvent être entreprises pour limiter l'établissement et la propagation de *P. ruderalis* dans les régions sensibles. Les résultats de ce modèle peuvent également être utilisés dans le cadre de la planification territoriale, en tenant compte des habitats favorables à *P. ruderalis* lors de la prise de décisions relatives au développement et à la conservation des zones naturelles. En utilisant ce modèle, il devient possible de faire des prédictions dans d'autres régions de la Côte d'Ivoire, ce qui contribue à une gestion efficace et à la conservation des écosystèmes. Cependant, il convient de souligner que des études supplémentaires sont nécessaires pour affiner et adapter le modèle à d'autres contextes géographiques. Chaque région possède des caractéristiques environnementales uniques qui peuvent influencer la distribution de *P. ruderalis*, et il est donc important d'adapter le modèle en fonction de ces spécificités. Les résultats obtenus constituent une base solide pour de futures recherches visant à améliorer et à adapter le modèle à d'autres contextes géographiques.

4.3. Corrélations croisées entre les paramètres de couleur du sol, les facteurs topographiques et l'abondance de *P. ruderalis* : L'analyse des paramètres de couleur du sol et de leur relation avec l'abondance de *Porophyllum ruderalis* est une étape cruciale pour mieux comprendre les facteurs qui influencent la présence de cette espèce envahissante. Cette étude se concentre sur l'exploration des corrélations entre les paramètres de couleur du sol, les variables topographiques et l'abondance de *P. ruderalis*, ainsi que sur l'évaluation du potentiel prédictif de ces paramètres. Les résultats de cette étude ont révélé une association significative entre les paramètres de couleur du sol et l'abondance de *P. ruderalis*. Plus précisément, il a été constaté que les teintes dominantes dans les zones où *P. ruderalis* est présent sont les teintes brunes caractéristiques

des Anthrosols, avec une teinte rouge prédominante au sein des horizons superficiels du sol. De plus, la clarté des sols s'est avérée être un facteur important, avec une clarté plus élevée en surface et une teinte brune persistante jusqu'à une certaine profondeur. Ces résultats suggèrent que les paramètres de couleur du sol peuvent servir d'indicateurs de l'habitat propice à *P. ruderalis*. En identifiant les sols présentant des caractéristiques spécifiques de couleur et de clarté, il devient possible de prédire les zones où cette espèce envahissante est susceptible de proliférer. Les résultats ont révélé plusieurs associations significatives. Premièrement, il a été observé une très forte corrélation positive entre la clarté du sol (L^*) et l'abondance de *P. ruderalis* ($r = 0,83$, $p < 0,0001$). Cette corrélation indique que les sols plus clairs sont associés à une plus grande abondance de l'espèce. L'équation de régression linéaire établie est : Abondance = $-8,44 + 0,24 \times L^*$ (Tableau 1A).

De plus, les composantes de rougeur (a^*) et de jaunissement (b^*) présentent une corrélation linéaire faible mais hautement significative et négative avec l'abondance de *P. ruderalis*. Les équations de régression linéaire correspondantes sont :

Abondance = $3,42 - 0,16 \times a^*$ et Abondance = $2,64 - 0,07 \times b^*$ (Tableau 1A).

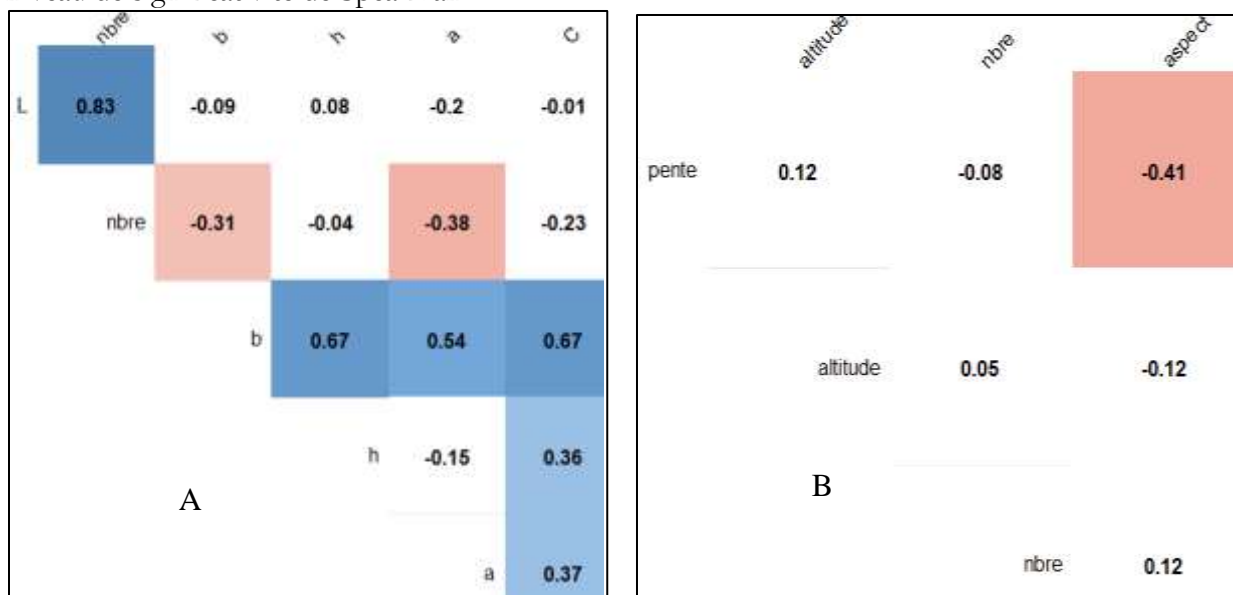
Ces résultats suggèrent que les sols avec des valeurs plus faibles de rougeur et de jaunissement sont associés à une plus grande abondance de l'espèce.

En ce qui concerne les facteurs topographiques (Tableau 1B), seul l'aspect de la pente a montré une corrélation linéaire relativement modérée et significativement négative avec l'abondance de *P. ruderalis* ($r = -0,41$, $p < 0,05$). Cela indique que les zones avec une pente plus prononcée sont moins favorables à l'abondance de cette espèce. Les équations de régression linéaire établies pour chaque paramètre de couleur du sol permettent de prédire l'occurrence de *P. ruderalis* en fonction de ces variables. Ces résultats sont cohérents avec d'autres études qui soulignent l'importance des caractéristiques du sol et du relief dans la distribution des espèces végétales (Omar, 2018).

En résumé, les résultats de cette étude mettent en évidence des associations significatives entre les paramètres de couleur du sol, les facteurs topographiques et l'abondance de *Porophyllum ruderale*. Ces paramètres de couleur du sol peuvent donc être utilisés comme des indicateurs utiles pour prédire l'occurrence de *P. ruderale*. Cependant, il est important de noter que ces résultats sont spécifiques à cette étude et à la

région étudiée, et des validations supplémentaires seront nécessaires pour généraliser ces conclusions à d'autres contextes géographiques. De plus, les variables de chroma (C*) et de teinte (h*) ont montré une interaction positive avec les paramètres a* et b*, suggérant leur potentiel de contribution à la prédiction de l'abondance de l'espèce.

Tableau 1 : Corrélogramme entre les variables couleur des sols l'abondance de *Porophyllum ruderale* niveau de significativité de Spearman.



En bleu : corrélation positive ; en rouge : corrélation négative ; (.) correspond à « , », nbre : nombre de pieds par mètre carré.

5 CONCLUSION

L'étude met en évidence l'importance des paramètres de couleur du sol et des variables topographiques dans la compréhension de l'abondance de *Porophyllum ruderale*. Les résultats révèlent des corrélations significatives entre la clarté du sol, les composantes de couleur (rougeur et jaunissement) et l'abondance de cette espèce envahissante. De plus, l'aspect de la pente présente également une relation marquée avec son abondance. Ces découvertes offrent des perspectives prometteuses pour la prédiction de l'occurrence de *P. ruderale*, en utilisant les paramètres de couleur du sol comme des indicateurs fiables. Cette approche pourrait faciliter la gestion et le contrôle de cette plante

indésirable, en ciblant les zones où les conditions pédologiques et topographiques favorisent sa présence. Cependant, il est essentiel de souligner que ces résultats sont spécifiques à notre étude et nécessitent des recherches supplémentaires pour confirmer leur validité et les généraliser à d'autres régions et écosystèmes. Des études complémentaires devraient également prendre en compte d'autres variables environnementales et biogéographiques afin d'obtenir une vision plus complète de l'écologie de *P. ruderale*. En définitive, cette recherche contribue à notre compréhension des facteurs sous-jacents à la répartition de *Porophyllum ruderale* et ouvre de nouvelles perspectives dans la prédiction de

l'occurrence des plantes envahissantes. Ces connaissances sont cruciales pour soutenir des stratégies efficaces de gestion et de conservation,

visant à préserver l'intégrité des écosystèmes naturels face aux défis posés par les espèces invasives.

6 REFERENCES

- Albert CH, Yoccoz NG, Edwards TC, Graham CH, Zimmermann NE and Thuiller W: 2011. Sampling in ecology and evolution – Bridging the gap between theory and practice”. *Ecography*. DOI : [10.1111/j.1600-0587.2010.06421.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06421.x).
- Baldwin, R. A. (2009). Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy*, 11, 854866.
- Doffou S, Kouadio K. et Dibi NH. (2021). Effets des variations climatiques à l'horizon 2050 sur la distribution phytogéographique de *Tieghemella beckerlii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(2) : 679-694, DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i2.23>
- Dogba M, Malan DF, Neuba DFR et Konan AS : 2018. Biologie et écologie de *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass., une Compositae nouvellement apparue en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences* 36(3) : 5907-5918.
- Estrada AS, Ortiz E, Villaseñor JL and Espinosa-garcía FJ: 2016. The distribution of cultivated species of *Porophyllum* (Asteraceae) and their wild relatives under climate change, *Systematics and Biodiversity*, 0(0): 1-11.
- Gbesso FHG, Tente BHA, Gouwakinnou NG et Sinsin BA : 2013. Influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *Chrysophyllum albidum* G. Don (Sapotaceae) au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5): 2007-2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i5.18>
- Hanley JA and McNeil BJ: 1982. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143(1), 29-36. Doi:10.1148/radiology.143.1.7063747.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(15): 1965-1978. Doi: 10.1002/joc.1276. <http://dx.doi.org/10.1080/14772000.2016.1205678>
- IUSS Working Group WRB: 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015 International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps* (World Soil Resources Reports No. 106). Rome, Italy: FAO.
- Kone WA, Tondoh EJ, Angui KTP, Reversat FB, Loranger-Merciris G, Brunet D and Brédoumi TKS : 2008. Is soil quality improvement by legume cover crops a function of the initial soil chemical characteristics. Nutrient cycling in agroecosystems. 17 pp.
- Kouakou E, Goula BTA and Kouassi AM: 2012. Analyze of climate variability and change impacts on hydro-climate parameters: case study of Côte d'Ivoire. *International Journal of Scientific & Engineering Research* 3(2): 1-8. DOI: dx.doi.org/10.14299/ijser.2012.03.
- Kpla ACF, Touré A, Gué A et Ipou IJ : 2018. Distribution d'une nouvelle adventice, *Porophyllum ruderale* (Asteraceae), des cultures de Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* 14(36) : 333-351.
- Kpla ACF, Touré A et Ipou IJ : 2017. Germination Capacity of *Porophyllum Ruderale* (JACQ.) Cass (Asteraceae) A Food Crop Weed in Côte d'Ivoire. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 6 (2): 114-120.
- Lane A. and Jarvis A: 2007. Changes in climate will modify the geography of crop suitability: Agricultural biodiversity can help with adaptation. *International*

- Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics 4: 112.
- Lehmann J, Solomon D, Zhao F and Börner, J. (2014). Spatial complexity of soil organic matter forms at nanometre scales. *Nature Geoscience* 7(11) : 1-7. Doi : 10.1038/ngeo2293
- Mahamoud MC et Akpo EL : 2018. Effet des facteurs environnementaux sur la structuration de la flore ligneuse du Karthala (Grande-Comore, Océan indien) », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 18 numéro 1 | mai 2018, mis en ligne le 25 mai 2018, consulté le 24 juin 2023. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/20211> ; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.20211>.
- Marnotte P et Le Bourgeois T : 2019. *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. In : *Le Journal de botanique* 87 : 123-125; doi : <https://doi.org/10.3406/jobot.2019.1925> https://www.persee.fr/doc/jobot_1280-8202_2019_num_87_1_1925
- Matias L : 2012. Cambios en los limites de distribucion de especies arboreas como consecuencia de las variaciones climaticas. *Revista Ecosistemas* 21: 9196.
- Munsell Color: 2021. Munsell soil color charts. Retrieved from <https://www.munsellcolor.com/>
- Oga YMS, Adja M, Yapi AF, Kpan JG, Baka D, Yao KT et Biémi J : 2016. Projection de la variabilité climatique à l'horizon 2050 dans la zone côtière au Sud-Est de la Côte d'Ivoire (d'Abidjan à Aboisso). *Larhyss Journal* 25 : 67-81. DOI : 360-1240-1-PB.pdf
- Omar M : 2018. Facteurs responsables de la distribution des espèces végétales et de sa dynamique aux pieds des arbres d'alignement à Paris. *Ecologie, Environnement. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS ; Université Libanaise. Faculté des Sciences (Beyrouth, Liban), 2018.* Français. ffNNT : 2018MNHN0031ff. fftel-03247088
- Peterson AT, Ortega-Huerta MA, Bartley J, Sanchez-Cordero V, Soberon J, Buddemeier RH and Stockwell DR : 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416 : 626629.
- R Core Team : 2023. R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Rossel RAV, Behrens T and Shepherd KD : 2006. Visual soil assessment (VSA) Handbook. Version 2.0. CSIRO, Canberra, Australia.
- Schaetzl R.J and Anderson S : 2005. *Soils : Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press.
- Swets J.A : 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857) : 1285-1293. doi :10.1126/science.3287615.
- Turo, K. J., & Gardiner, M. M. (2019). From potential to practical : conserving bees in urban public green spaces. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(3) : 167-175.
- Weissgerber M., Roturier S., Julliard R., & Guillet F : 2019. Biodiversity offsetting: Certainty of the net loss but uncertainty of the net gain, *Biological conservation* 237 : 200-208.
- WWF (World wide fund for nature) : 2011. Rapport des impacts du changement climatique sur les espèces. WWF. 21 pp.
- Yao AC, Ipou IJ, Edson LB, Djédoux MA et Koné WM : 2017. Caractérisation physiologique et évaluation du comportement germinatif de semences de *Rottboellia cochinchinensis*, *Euphorbia heterophylla*, et *Porophyllum ruderale*, trois adventices des rizières de Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* 13 : 1857 – 7881.