



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Ecologie et mécanismes d'adaptation à la sécheresse de *Caralluma adscendens* N.E.Br. à l'Ouest du Burkina Faso

Elycée TINDANO^{1*}, Aïssata TRAORE² et Paulin OUOBA²

¹Université Thomas SANKARA, Unité de Formation et de Recherches en Science et Techniques 12 BP 417 12, Ouagadougou, Burkina Faso.

²Université Nazi BONI, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Burkina Faso.

*Corresponding author; E-mail: kimtienou@gmail.com; Tel: +226 70 47 32 47

Received: 22-07-2023

Accepted: 27-09-2023

Published: 31-10-2023

RESUME

Les inselbergs sont des affleurements rocheux caractérisés par la précarité de leurs facteurs édaphiques et microclimatiques. Ce sont des biotopes dont les espèces qui les colonisent ont la capacité de s'adapter à ce type d'environnement. C'est ce qui justifie l'étude sur *Caralluma adscendens* qui est l'une des espèces fréquentes sur les inselbergs du Burkina Faso. L'objectif de cette étude est de contribuer à la connaissance de l'écologie et des mécanismes d'adaptation de l'espèce à l'environnement xérique. Pour ce faire, une caractérisation des communautés végétales à *C. adscendens* s'est faite à l'aide de données floristiques collectées sur la base d'un échantillonnage orienté. Pour l'étude des mécanismes d'adaptation, plusieurs caractères physiologiques et morphologiques ont été évalués. Le cortège floristique des communautés végétales à *C. adscendens* est de 57 espèces réparties dans 45 genres et 23 familles dont les Poaceae (30%), les Fabaceae-Faboideae (12%) et les Cyperaceae (7%) sont les mieux représentées. Les mécanismes d'adaptation mis en place par l'espèce sont, la réduction des feuilles en feuilles vestigiales, le transfert des stomates des feuilles aux tiges, le nombre réduit de stomate par mm² et la grande capacité de rétention d'eau de l'espèce. Ces résultats témoignent la résistance de l'espèce à une perte d'eau importante et sa capacité à s'adapter à un environnement xérique.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Affleurements rocheux, *Caralluma adscendens*, Dessiccation, Taux d'humidité, Burkina Faso.

Ecology and drought adaptation mechanisms of *Caralluma adscendens* N.E.Br. in western Burkina Faso

ABSTRACT

Inselbergs are rocky outcrops characterised by precarious edaphic and microclimatic factors. They are biotopes in which the species that colonise them are able to adapt to this type of environment. This justifies the study of *Caralluma adscendens*, which is one of the most common species found on inselbergs of Burkina Faso. The aim of this study was to contribute to our knowledge of the ecology and adaptation mechanisms of the species to the xeric environment. To this end, the plant communities of *C. adscendens* were characterised using floristic data collected on the basis of targeted sampling. Several physiological and morphological characteristics

were assessed to study the adaptation mechanisms. The floristic assemblage of plant communities with *C. adscendens* comprises 57 species in 45 genera and 23 families, of which Poaceae (30%), Fabaceae-Faboideae (12%) and Cyperaceae (7%) were the best represented. The adaptation mechanisms put in place by the species were the reduction of leaves to vestigial leaves, the transfer of stomata from the leaves to the stems, the reduced number of stomata per mm² and the species' high water retention capacity. These results demonstrate the species' resistance to significant water loss and its ability to adapt to a xeric environment.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Rock outcrops, *Caralluma adscendens*, Desiccation, Moisture content, Burkina Faso.

INTRODUCTION

L'ensemble des conditions énergétiques, physiques, chimiques et biologiques qui règnent au voisinage immédiat d'un organisme constitue son environnement. Chez les plantes, des conditions de vie extrêmes, tel que sur les inselbergs, impliquent la sélection de caractéristiques biologiques adaptées. Les inselbergs sont des affleurements rocheux généralement constitué de granite, de gneiss ou de grès (Porembski et al., 2021; Tindano et al., 2021). Ces biotopes sont caractérisés par leur isolement par rapport au relief environnant et par leur indépendance du réseau hydrologique régional d'une part mais aussi par la précarité des conditions microclimatiques et édaphiques (de Paula et al., 2017). Malgré la précarité de leurs conditions microclimatiques et édaphiques très particulières (fortes insulations et évapotranspirations, plus ou moins existence de la couverture du sol), des études ont montrés que les inselbergs abritent une diversité floristique riche et caractéristiques en Côte d'Ivoire, en Guinée, au Bénin et au Burkina Faso (Kouassi et al., 2014; Tindano et al., 2015). De plus ces milieux constituent des refuges pour de nombreuses espèces végétales dans les régions à forte pression anthropique (Tindano et al., 2023b), et constituent des habitats particuliers aussi bien de par la nature de leur substrat que par la flore et la végétation. Certaines espèces végétales colonisent les inselbergs et sont associées à ce type de biotope du nord au sud du Burkina Faso. L'étude des stratégies d'adaptations d'ordre morphologique et physiologique de ces espèces est importante pour comprendre leur adaptation aux inselbergs. *Caralluma adscendens*, plante crassulescente, est l'une de

ces espèces. Malgré que l'espèce soit connue comme colonisant les aires sèches d'Afrique tropicale et d'Arabie du Sud (De Kock et al., 2007), aucune étude ne s'est intéressée aux stratégies d'adaptation à la sécheresse de cette espèce au Burkina Faso. Quelles sont donc les stratégies morphologiques et physiologiques qui permettent à *C. adscendens* à faire face aux conditions environnementales rudes des inselbergs? La présente étude veut répondre à cette question en se fixant pour objectif de contribuer à la connaissance de l'écologie et des mécanismes d'adaptation de *C. adscendens* à l'environnement xérique des inselbergs.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

La réalisation de ce travail a nécessité un certain nombre de matériels à savoir:

- le matériel végétal composé des pieds de *C. adscendens* est utilisé pour les différentes expérimentations;
- des sachets plastiques pour le stockage du matériel végétal du site de collecte au laboratoire;
- un microscope numérique LCD Elikliv (2000X) pour l'observation des stomates et des cellules de *C. adscendens*;
- un appareil de marque KERN pour la détermination du taux d'humidité des organes végétatifs;
- un pH-mètre pour la mesure du pH du sol;
- une solution de saccharose à différentes concentrations pour l'évaluation de la pression osmotique des cellules de *C. adscendens*.

Methodes

Zone d'étude

L'étude s'est déroulée à l'ouest du Burkina Faso dans le village de Koro à l'Est de

Bobo-Dioulasso, deuxième ville du pays (Figure 1). Dans cette zone, le modelé géodiversifié est caractérisé par une chaîne de falaises gréseuses jalonnée de crêtes rocheuses et de nombreuses ravines témoins du ruissellement intense des eaux sur les versants. Tout au long de cette chaîne gréseuse se développent des sols squelettiques pauvres en eau pendant la saison sèche. C'est sur ces sols que se développe l'espèce *Caralluma adscendens*, objet de la présente étude.

Échantillonnage et collecte des données

Données floristiques

Dans le but de décrire le contexte phytosociologique de l'espèce, nous avons voulu connaître le pool d'espèces associées à *C. adscendens*. Un inventaire floristique a été mené dans ce sens suivant un échantillonnage orienté et systématique (Kouaman, 2016; Sawadogo et al., 2017). L'installation des placettes était conditionnée par la présence d'une touffe de *C. adscendens*. L'unité d'échantillonnage était constituée de deux placettes circulaires équidistantes de 1 m de rayon. La première placette de 1 m de rayon est installée autour de la touffe à *C. adscendens* et la deuxième placette est équidistante de 1 m de rayon à la première placette et chaque placette avait pour centre la touffe à *C. adscendens* (Figure 2). Cette disposition des placettes sous forme de cercles concentriques se justifie par le fait que les inconvénients de ce type de placette semblent mineurs eu égard à ce qu'il induit des biais très faibles (Burnel et al., 2014). Dans chaque unité d'échantillonnage, toutes les espèces végétales ont été recensées (Missa et al., 2023) et affectées de leur coefficient d'abondance-dominance suivant la méthode de Braun-Blanquet (1932). Les coordonnées géographiques de chaque touffe ont été prises à l'aide d'un GPS.

Données édaphiques

La profondeur du sol a été mesurée à trois niveaux au pied de chaque touffe à l'aide d'une tige métallique graduée. Un prélèvement de sols a été fait près des touffes de *C. adscendens* à une profondeur 0-10 cm, au moyen d'une tarière pour déterminer la texture et le pH. Ensuite, un échantillon composite de

900 g a été constitué à partir des différents échantillons de sol (Doamba et al., 2011).

Caractères morphologiques et physiologiques de résistance à l'aridité

La survie dans un écosystème aux conditions climatiques et édaphiques drastiques requiert des mécanismes de résistance qui peuvent être morphologiques et/ou physiologiques. Cela nous a amené à rechercher les mécanismes de résistance de *C. adscendens* qui lui permettent de coloniser les inselbergs et de faire face au déficit hydrique sévère et à une évapotranspiration très élevée de ce biotope. Pour ce faire, une analyse des caractères morphologiques d'adaptation et des tests de résistance à la dessiccation de l'espèce ont été faits et comparés avec d'autres espèces végétales. Pour tenir compte des conditions édaphiques et climatiques, les espèces végétales pérennes (*Indigofera geminata* Baker et *Indigofera tinctoria* L.) associées à *C. adscendens* ont été choisies pour la comparaison.

Les caractères morphologiques

Une analyse de la morphologie des tiges et des feuilles en rapport avec l'environnement desséchant a été faite. Ainsi, la morphologie de certains organes et la densité stomatique ont été évaluées. La densité stomatique a été évaluée par comptage à l'aide d'un microscope optique muni d'un écran de comptage (Figure 3) en s'inspirant de la méthode de l'empreinte épidermique utilisée par Cornet et Fontaine (2019). Pour ce faire, nous avons réalisé des empreintes stomatiques avec une colle transparente appliquée sur les tiges de *C. adscendens* (cette espèce ne développant que des feuilles vestigiales); après 10 minutes de séchage, le film translucide a été détaché et monté entre lame et lamelle pour observation.

Test de résistance à la dessiccation

Pour déterminer l'état hydrique et la résistance à la dessiccation, un déterminateur de taux d'humidité a été utilisé. L'appareil sert à sécher les échantillons (Figure 4). Les tiges de *C. adscendens* ont servi à la détermination de l'état hydrique et la résistance à la dessiccation. La mesure du taux d'humidité des tiges a été faite à 3 niveaux à savoir la base, la

zone intermédiaire et le sommet de la tige. Pour une comparaison, nous avons appliqué le même procédé à des échantillons de *I. geminata* et *I. tinctoria*. Ainsi, chaque échantillon était soumis à une température de 120°C. Le taux d'humidité affichés directement sur l'écran de l'appareil, a été donné par la différence de poids entre la matière fraîche et la matière sèche (Loussaief et al., 2009).

Evolution de l'état hydrique des tiges de *C. adscendens* au cours des saisons

Nous avons 2 saisons dans la région des Hauts Bassins: une saison sèche et une saison humide. *C. adscendens*, étend une herbacée, elle devrait se desséchée inexorablement comme les autres herbacées de son environnement immédiat pendant la saison sèche. Mais nous constatons que l'espèce garde sa morphologie générale au cours de l'année. Il était important donc d'évaluer la variation du taux d'humidité des tissus de *C. adscendens* au cours de la saison sèche et de la saison humide. Cela permet de comprendre la capacité de cette espèce à lutter contre le stress hydrique important. Pour ce faire, 10 touffes de *C. adscendens* ont été échantillonnées. Pour chaque touffe un prélèvement d'une tige a été fait une fois par mois à des dates régulières aux mois de juillet, août et septembre pour la saison humide et pendant les mois de décembre, janvier et février pour la saison sèche. La mesure du taux d'humidité des tiges a été faite à 3 niveaux comme indiqué ci-dessus à l'aide d'un déterminateur de taux d'humidité (Figure 4).

La pression osmotique

La capacité de rétention d'eau de *C. adscendens* a été testée à travers le phénomène de la pression osmotique en soumettant les échantillons de l'espèce à des solutions de concentration différentes. L'évaluation de la pression osmotique a été faite à travers des coupes longitudinales très fines de l'épiderme de la tige qui ont été placées dans des solutions de saccharose à différentes concentrations 1%; 10%; 20%; 30%; 40%; 50%; 60%; 70%; 80%. Après 15 minutes de séjour dans chaque solution, nous avons procédé à l'observation microscopique de l'état de ces différents

morceaux de tiges (Chardard, 1970). L'évaluation de la pression osmotique a été appliquée également à *Indigofera geminata* et *Indigofera tinctoria* avec les mêmes solutions utilisées pour *C. adscendens*.

Analyse et traitement des données

Données floristiques

La richesse spécifique a été analysée en commençant par identifier les espèces à l'aide de plusieurs ouvrages (Berhaut, 1967; Lebrun et Stork, 1997) pour ensuite établir la liste des espèces recensées (Sambaré et al., 2010). Les types biologiques utilisés sont ceux définis par Raunkiaer (1934) et adaptés pour l'étude des formations végétales tropicales (Thiombiano et al., 2012). Les types phytogéographiques utilisés proviennent des subdivisions chorologiques de White (1986). Les spectres bruts ont été élaborés pour mettre en évidence l'abondance de chaque type biologique et phytogéographique. L'identification des espèces fidèles à *C. adscendens* a été faite selon la méthode de Dufrière et Legendre (1997). Dans cette méthode, lorsque plusieurs groupes de relevés sont formés, l'abondance relative et la fréquence relative d'une espèce *i* sont calculées dans chaque groupe de relevés. La valeur indicatrice de l'espèce *i* pour un groupe de relevés donné est obtenue par la multiplication de son abondance relative et de sa fréquence relative. La valeur indicatrice retenue pour l'espèce *i* sera la plus haute valeur observée dans l'un des groupes de relevés. Pour cette valeur, le test statistique de signification de Monte Carlo, a été réalisé. Nous avons testé le niveau de significativité au seuil de 5%. Dans la présente étude, les groupes de relevés formés sont ceux du groupe des relevés à 1 mètre de la souche de *C. adscendens* et ceux du groupe de relevés à 2 mètres de la souche de *C. adscendens*. Ainsi pour appliquer cette méthode, nous avons utilisé la rubrique Indicator Species Analysis du logiciel PC-Ord 6.20.

La fréquence spécifique (FS) a été calculée à travers la formule suivante:

$$FS = \frac{Fi}{N} \times 100$$
, avec F_i : le nombre de placettes où une espèce a été rencontrée et N le nombre total de placettes (Sangaré, 2021).

Données édaphiques

La profondeur moyenne du sol a été calculée à partir des différentes mesures effectuées à travers la formule suivante:

$$Pm = \frac{P1+P2+P3}{3}, P1 \text{ étant la profondeur 1, } P2 \text{ la profondeur 2, et } P3 \text{ la profondeur 3.}$$

Pour déterminer le pH du sol, 20 g de sol ont été pesés et mélangés avec 50 ml d'eau distillée, agiter pendant 1 heure de temps et laisser au repos pendant 30 minutes. Un pH-mètre a servi pour mesurer le pH (Coulibaly, 2012). La texture du sol a été déterminée par le test de bocal utilisé par Ouédraogo (2012). Ainsi, quelques grammes de sol ont été prélevés, mis dans un bocal et de l'eau distillée y a été ajoutée, le tout remué pendant 1 heure puis laissé au repos pendant 24 heures. Les couches de limon, de sable et d'argile ont été mesurées à l'aide d'une règle graduée (Figure 5).

Caractères morphologiques et physiologiques

Les données des caractères morphologiques et physiologiques ont été

compilées avec le tableur Microsoft Excel qui a servi à générer certaines figures.

La quantité d'eau contenue a été donnée par la différence de poids entre la matière fraîche et la matière sèche (Loussaief et al., 2009) par le déterminateur de taux d'humidité.

La pression osmotique des différentes solutions a été calculée avec la formule suivante:

$$PO = MxRxT, \text{ avec } PO: \text{ pression osmotique (atm); } M: \text{ concentration (mol/litre); } R: \text{ constante de gaz parfaits (0,0821 litre atmosphère/kelvin mol); } T: \text{ température (kelvin) = } 22,5^{\circ}C + 273,15.$$

Analyse statistique

Les moyennes des différents paramètres étudiés ont été comparées par des analyses univariées au seuil de 5 % (Anova de Kruskal-Wallis) avec le package R Commander (Fox, 2005). Le package ggplot2 (Wickham, 2016) a été utilisé pour générer les graphiques.

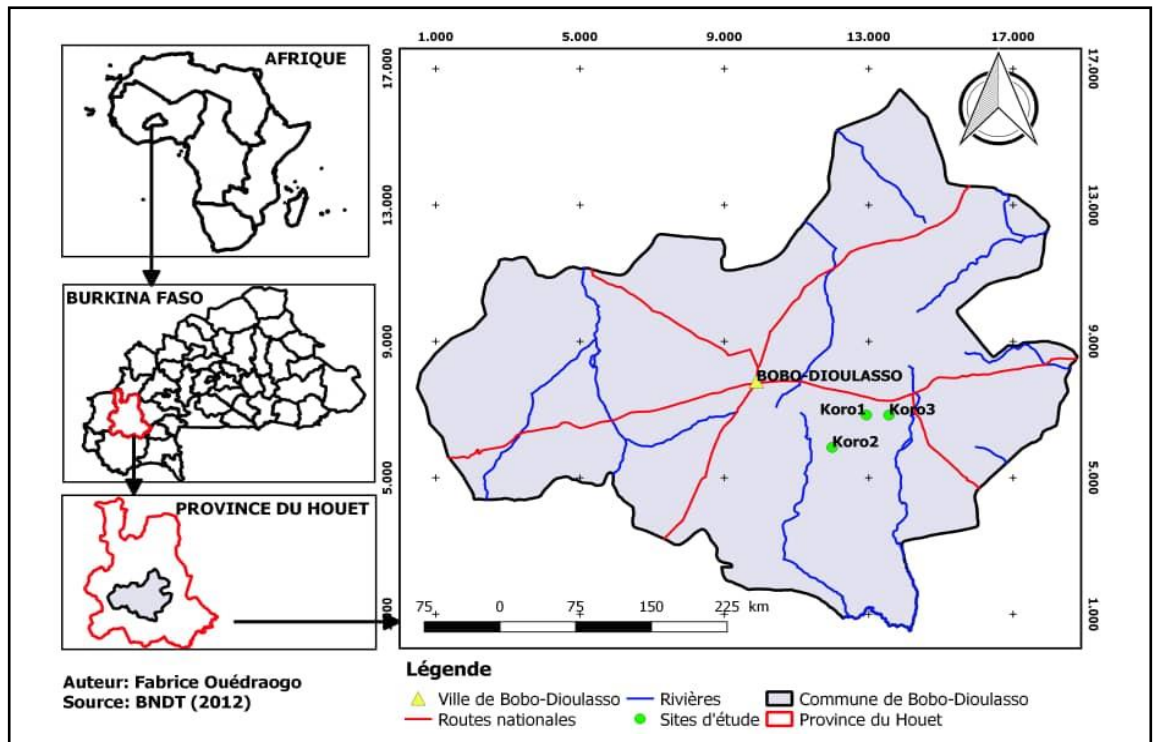


Figure 2: Carte de la commune de Bobo-Dioulasso montrant le site d'étude.

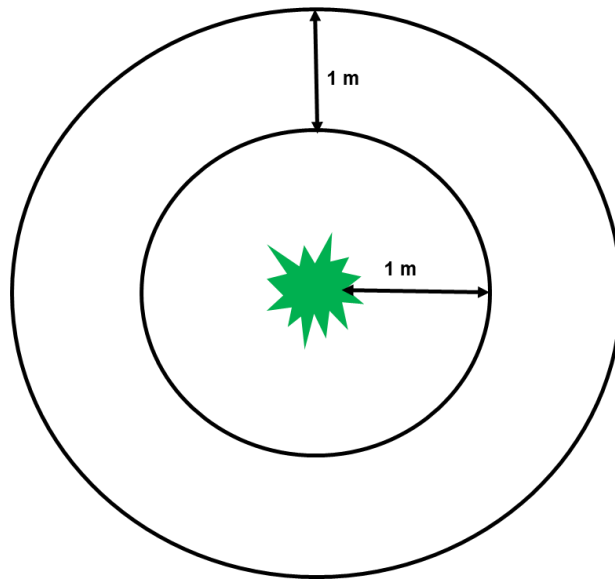


Figure 2: Disposition des placettes d'inventaire floristique.

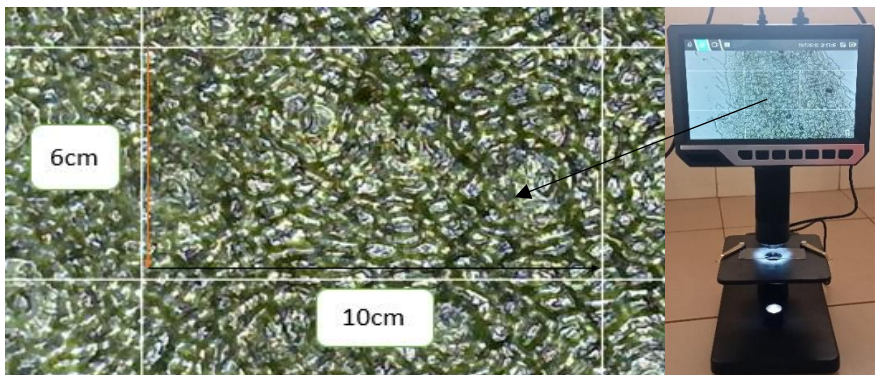


Figure 3: Dispositif d'observation au microscope numérique LCD Elikliv (2000X).



Figure 4: appareil de détermination du taux d'humidité.

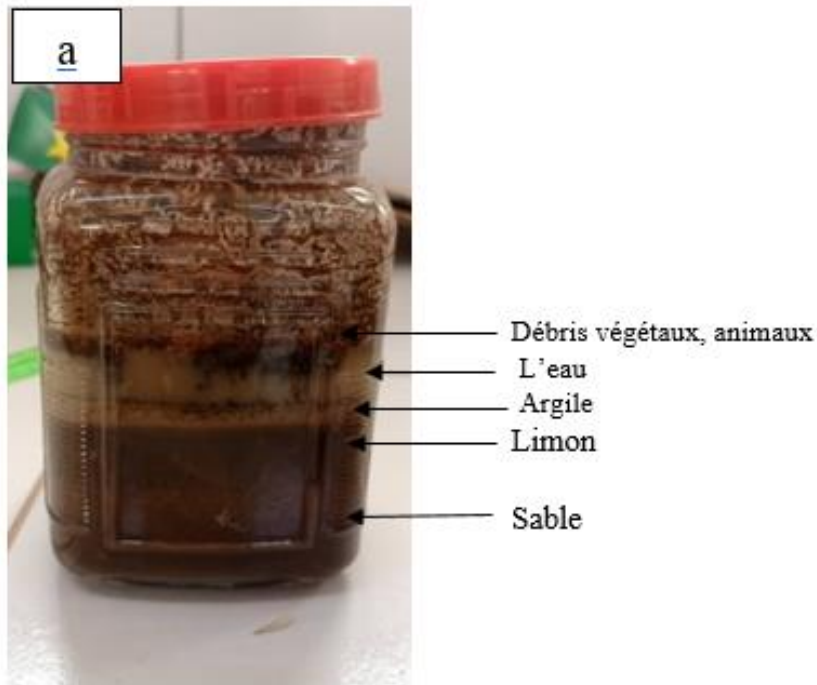


Figure 5: Procédé de la détermination de la texture du sol.

RESULTATS

Ecologie

Caractéristiques édaphiques et distribution

Au Burkina Faso, *C. adscendens* évolue sur les inselbergs granitiques et gréseux, sur sols pauvres rocaillieux (Figure 6) et se rencontre du nord au sud du gradient climatique. Sur les inselbergs de l'ouest du Burkina Faso, *C. adscendens* évolue sur un sol d'une profondeur moyenne de $8,66 \pm 2,60$ cm. Le sol est à texture limono-sableuse composée de 51,61% de sable; 16,12% d'argile et 32,25% de limon. C'est un sol acide avec un pH= 5,33.

Caractéristiques floristiques des communautés végétales à *C. adscendens*

Cinquante-sept (57) espèces végétales ont été recensées dans les communautés végétales à *C. adscendens* sur les inselbergs gréseux de Koro. Ces espèces sont réparties dans 45 genres et 23 familles dont les dominantes sont les Poaceae, les Fabaceae-Faboideae, les Cyperaceae, les Amaranthaceae, les Asparagaceae, les Acanthaceae, les Apocynaceae, les

Combretaceae, les Fabaceae-Mimosoideae, les Malvaceae et les Rubiaceae. Le tableau 1 ci-dessous, présente les espèces associées à *C. adscendens* avec leurs fréquences et leurs valeurs indicatrices. Ainsi, sur les 56 espèces soumises à l'analyse, 08 espèces ont été révélées comme associées à *C. adscendens*. Ces espèces sont entre autres, *I. tinctoria*, *Bulbostylis hispidula* (Vahl) R. W. Haines, *Scoparia dulcis* L. et *I. geminata* (par ordre d'importance des valeurs indicatrices et des fréquences). Comparativement aux autres espèces, les 8 espèces présentent de fortes fréquences et des valeurs indicatrices significatives aussi bien pour les relevés effectués à 1 m de rayon de la touffe de *C. adscendens* que pour les relevés effectués à 2 m de rayon de la touffe avec des P-values < 5% (Tableau 1).

Dans les communautés végétales à *C. adscendens* se rencontrent principalement cinq types biologiques que sont les Chaméphytes, les Géophytes, les Hémicryptophytes, les Phanérophytes et les Thérophytes. L'analyse

du spectre brut montre une prédominance des Thérophytes suivis des Phanérophytes et des Hémicryptophytes. Les autres types biologiques (Chaméphytes, Géophytes) étant présents avec moins de 10% (Figure 7).

Dix (10) types phytogéographiques ont été rencontrés dans les communautés végétales à *C. adscendens* comme le montre la figure 4 ci-dessous. L'analyse du spectre brut de ces affinités phytogéographiques montre une dominance des espèces Soudano-Zambéziennes qui sont suivies par les espèces Paléotropicales et Pantropicales. Les types phytogéographiques faiblement représentés sont les Plurirégionale-africaines, les Afro-malgaches, les Soudano-guinéennes et les Afro-américaines (Figure 8).

Caractères morphologiques et physiologiques de résistance à l'aridité

Caractères morphologiques

C. adscendens est une plante crassulescente à rameaux charnus, dressés, très rapprochés. L'espèce présente des feuilles vestigiales longues de 2 mm à 5 mm, promptement caduques, charnues et sessiles (Figure 9). La réduction des feuilles chez *C. adscendens* permet à l'espèce de limiter les pertes d'eau et faire donc face aux conditions climatiques drastiques des inselbergs. Les espèces *I. geminata* et *I. tinctoria* quant à elles ont des feuilles très développées comparativement aux feuilles de *C. adscendens*.

Les stomates ont été révélés présents sur les tiges de *C. adscendens* avec une densité moyenne d'environ 2 stomates par millimètre (Tableau 2). La présence des stomates sur les tiges de l'espèce montre que l'activité photosynthétique a été transférée des feuilles vestigiales aux tiges. La couleur verte des tiges de l'espèce atteste la présence de chlorophylle pigment caroténoïde des plastes verts qui rend possible la photosynthèse. Le nombre réduit des stomates sur la tige permet de limiter l'évapotranspiration et donc la perte d'eau.

Caractère physiologique

Test de résistance à la dessiccation

La comparaison entre *C. adscendens* et les deux espèces du genre *Indigofera* montre une différence en termes de taux d'humidité et

de temps mis pour atteindre une dessiccation totale. Le taux d'humidité chez *C. adscendens* est nettement supérieur à ceux des deux autres espèces et traduirait le caractère crassulescent de l'espèce (Tableau 3, Figure 10). En effet, les tiges de *C. adscendens* sont constituées de 85,76% d'eau. De même, le temps de dessiccation du matériel végétal de *C. adscendens* est plus élevé (36 mn) que ceux de *I. geminata* et *I. tinctoria* (20 mn et 18 mn, respectivement). Le temps mis pour atteindre la dessiccation totale chez *C. adscendens* comparativement aux deux autres espèces montre la capacité de rétention d'eau que les tissus de cette plante disposent. L'espèce par sa capacité de rétention d'eau peut donc survivre dans des écosystèmes à conditions climatiques et édaphiques drastiques tels que les inselbergs.

Evolution de l'état hydrique des tiges de *C. adscendens* au cours des saisons

L'analyse du tableau 4 montre une variation de la masse moyenne finale, du temps mis pour atteindre une dessiccation totale et du taux d'humidité des tiges de *C. adscendens*. Cette variation est significative ($F= 60.65$; $p < 0,001$) entre les mois de la période sèche (décembre, janvier, février) et les mois de la période humide (juillet, août, septembre). Les valeurs connectées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes. Le taux d'humidité des tiges de *C. adscendens* ne varie pas entre les mois de juillet, août et septembre qui correspondent à la période humidité. Pour les mois de la période sèche, on note une différence entre les taux d'humidité des mois de décembre, janvier et celui du mois de février (Tableau 4). Toutefois, cette différence n'est pas significative.

Malgré la différence significative entre le taux d'humidité de la période humide et le taux d'humidité de la période sèche ($F= 62,91$; $p < 0,001$; Figure 11), il est à noter que *C. adscendens* grâce à sa crassulescente a une grande capacité de rétention d'eau tissulaire même pendant la période sèche. En effet, l'espèce présente un taux moyen d'humidité de $90,22 \pm 0,56\%$ pendant la période humide et un taux d'humidité de $87,14 \pm 2,05$ pendant la période sèche (Figure 11), soit une baisse de 3,08% de son taux d'humidité.

Pression osmotique

Les résultats obtenus au cours de l'observation microscopique montrent que les morceaux de tige de *C. adscendens* qui ont séjourné dans les solutions de saccharose de faible concentration de 1; 10; 20; 30 et 40% présentent des cellules turgescentes traduisant la faible concentration de ces solutions de saccharose par rapport à la concentration du liquide intracellulaire des morceaux de tiges (Tableau 5). C'est à partir de la concentration

50% qu'un début de plasmolyse est observé pour *C. adscendens*. La plasmolyse complète n'est observée qu'à partir de la concentration \geq 60% (Tableau 5). Pour les espèces du genre *Indigofera*, la plasmolyse se fait sentir dès la concentration 20% et elle devient complète à partir de la concentration 30% soit la moitié de la concentration à partir de laquelle la plasmolyse est totale chez *C. adscendens* (Tableau 5).



Figure 6: Touffe de *C. adscendens* sur sol peu profond des inselbergs.

Tableau 1: Les espèces associées à *C. adscendens*.

Espèces	1 m de rayon		2 m de rayon		P- value
	IV	Fréquence (%)	IV	Fréquence (%)	
<i>Bulbostylis hispidula</i>	69,7	93	37,2	33	0,0002
<i>Cyanotis lanata</i>	49,1	83	40,8	60	0,0416
<i>Drimia altissima</i>	46,3	63	27,2	23	0,0042
<i>Indigofera geminata</i>	56,8	67	28,2	20	0,0002
<i>Indigofera tinctoria</i>	76,2	93	37,2	33	0,0002
<i>Microchloa indica</i>	51,8	70	29,9	27	0,001
<i>Scoparia dulcis</i>	60,9	73	29,1	20	0,0002
<i>Setaria pumila</i>	26	20	16	10	0,0474

Code: IV= valeur indicatrice.

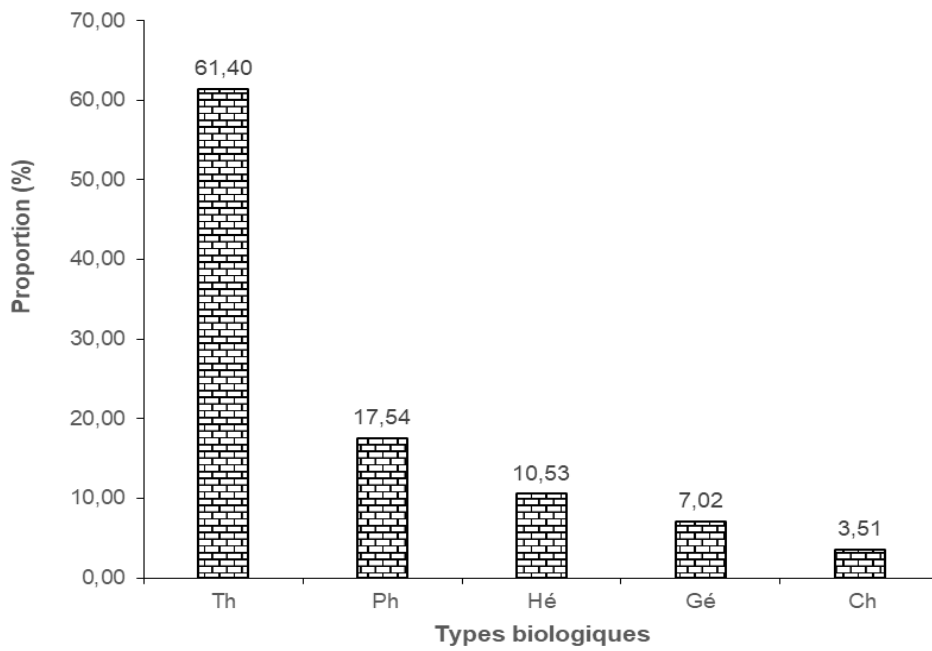


Figure 7: Spectre brut des types biologiques.

Légende: Th: thérophyte; Ph: phanérophYTE; H: hémicryptophyte; G: géophyte; Ch: chaméphyte.

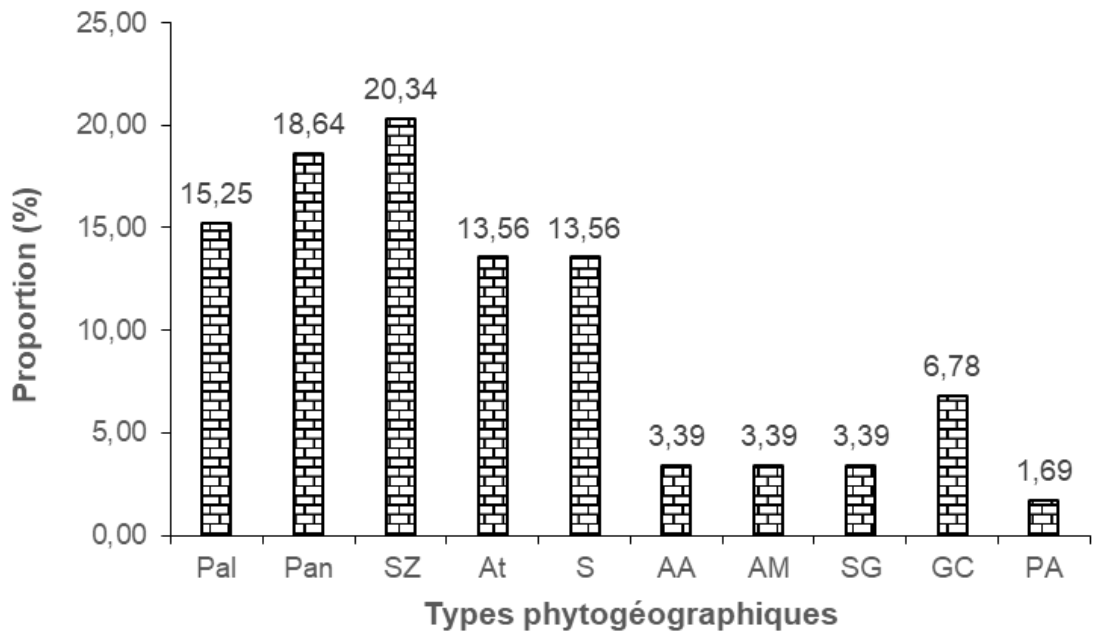


Figure 8: Spectre brut du type phytogéographique.

Légende: S: soudanien; SZ: soudano-zambéziennes; Pan: pantropicales; Pal: paléo-tropicales; AT: afro-tropicales; PA: pluri-régionales africaines; AM: afro-malgaches; GC: guinéo-congolaises; SG: soudano-guinéennes; AA: afro-américaines.



Figure 9: Tiges de *C. adscendens* portant des feuilles vestigiales.

Tableau 2: Nombre des stomates sur 3 mm².

	Niveau de coupe	NMS (3 mm ²)
Individu 1	Base	6,33 ± 1,53
	Intermédiaire	7,00 ± 1,00
	Haut	6,33 ± 1,15
Individu 2	Base	5,33 ± 1,15
	Intermédiaire	7,33 ± 0,58
	Haut	7,00 ± 1,00
Individu 3	Base	6,33 ± 1,15
	Intermédiaire	7,33 ± 0,58
	Haut	6,67 ± 1,15

NMS: nombre moyen de stomates par 3 mm².

Tableau 3: Taux d'humidité et temps de dessiccation des tiges de *C. adscendens*.

Espèces	Mi (g)	Mf (g)	Thu (%)	Td (min)
<i>Caralluma adscendens</i>	4,03	0,56	85,76	36
<i>Indigofera tinctoria</i>	4,05	2,61	43,37	18
<i>Indigofera geminata</i>	4,01	2,57	38,82	20

Mi: Masse initiale; Mf: Masse finale; Thu: Taux d'humidité; Td: Temps de dessiccation.

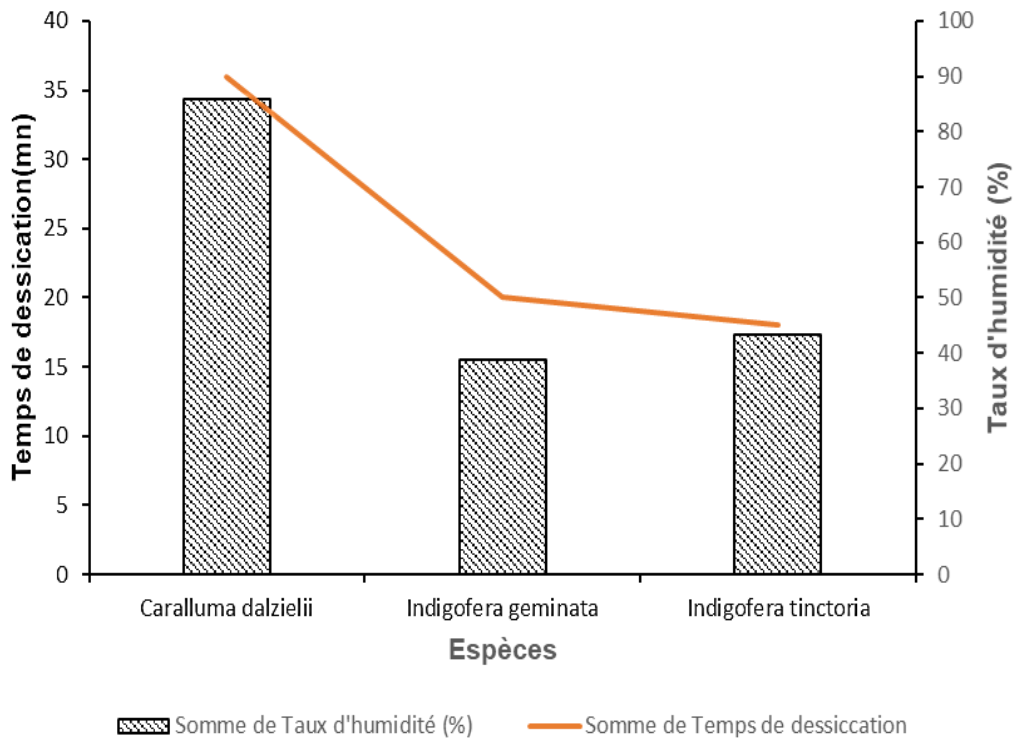


Figure 10: Diagramme d'humidité et temps de dessiccation de quelques espèces.

Tableau 4: Moyennes des paramètres d'humidité des tiges de *C. adscendens*.

Saison sèche	Mi (g)	Mf (g)	Tm (mn)	Th (%)
Décembre	4,03 ± 0,01a	0,47 ± 0,04b	36,40 ± 4,99ab	88,42 ± 1,10 b
Janvier	4,03 ± 0,01a	0,47 ± 0,04b	36,00 ± 2,26ab	88,29 ± 1,00 b
Février	4,03 ± 0,00a	0,62 ± 0,05c	32,50 ± 1,65a	84,72 ± 1,23 a
Juillet	4,08 ± 0,16a	0,38 ± 0,04a	37,40 ± 2,37ab	90,53 ± 0,30 c
Août	4,04 ± 0,01a	0,40 ± 0,02a	41,20 ± 7,50b	90,05 ± 0,46 c
Septembre	4,09 ± 0,17a	0,40 ± 0,03a	39,60 ± 3,03b	90,09 ± 0,75 c
Df	5	5	5,00	5
F	0,762	50,45	5.319	60.65
p-value	0,581	p < 0,001***	p < 0,001***	p < 0,001***

Code: Mi = masse initiale, Mf = masse finale, Tm = temps mis, Th = taux d'humidité.

Codes de différence significative: p < 0,05*, p < 0,01**, p < 0,001***.

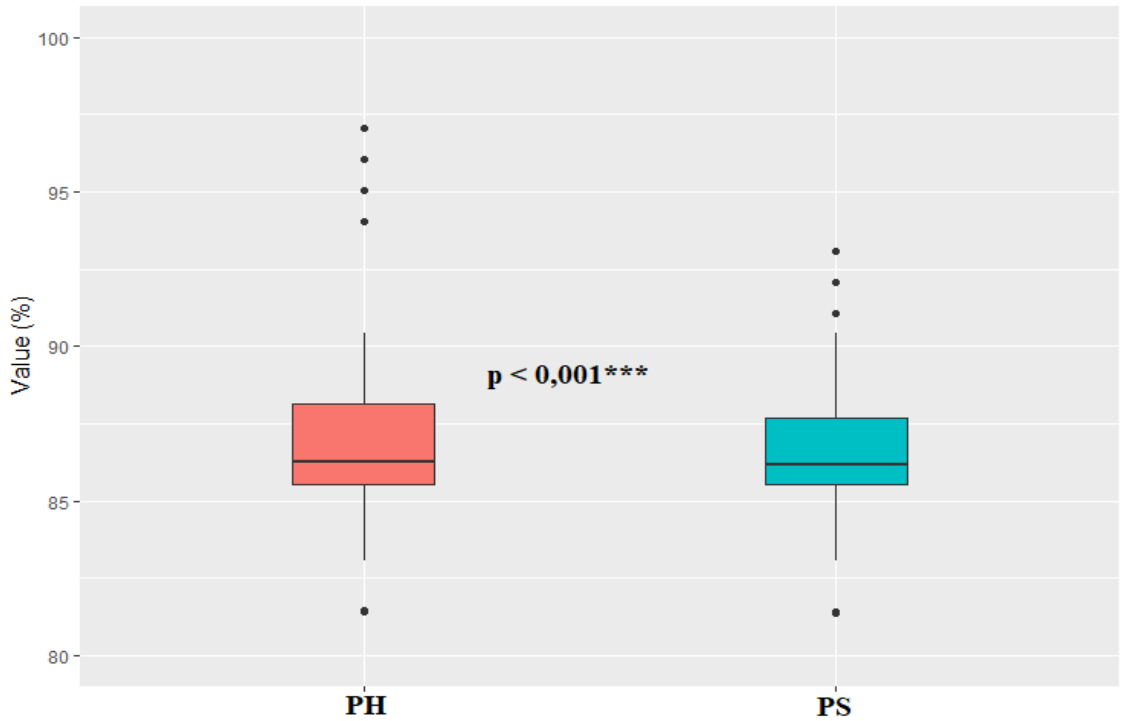


Figure 11: taux d’humidité des tiges de *C. adscendens* en périodes humide et sèche.
Codes de différence significative: $p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$.

Tableau 5: Différents états cellulaires observés à des concentrations différentes.

C (mol/l)	P O (atm)	<i>C. adscendens</i>	<i>I. geminata</i>	<i>I. tinctorium</i>
1%	$0,24 \cdot 10^{-3}$	Turgescent	Turgescent	Turgescent
10%	$0,24 \cdot 10^{-2}$	Turgescent	Turgescent	Turgescent
20%	$0,48 \cdot 10^{-2}$	Turgescent	Début de plasmolyse	Début de plasmolyse
30%	$0,72 \cdot 10^{-2}$	Turgescent	Plasmolyse	Plasmolyse
40%	$0,97 \cdot 10^{-2}$	Turgescent	Plasmolyse	Plasmolyse
50%	$0,12 \cdot 10^{-1}$	Début de plasmolyse	Plasmolyse	Plasmolyse
60%	$0,15 \cdot 10^{-1}$	Plasmolyse	Plasmolyse	Plasmolyse
70%	$0,17 \cdot 10^{-1}$	Plasmolyse	Plasmolyse	Plasmolyse
80%	$0,19 \cdot 10^{-1}$	Plasmolyse	Plasmolyse	Plasmolyse

DISCUSSION

La dominance des communautés végétales à *C. adscendens* par les Poaceae, les Fabaceae-Faboideae et les Cyperaceae est à l'image de la dominance de ces espèces dans toute la végétation des inselbergs comme l'ont indiqué Tindano et al. (2023b). Nos résultats sont conformes à ceux de N'gok (2005) au Gabon, Parmentier et al. (2001) en Guinée Equatoriale, Oumorou et Lejoly (2003) au Bénin, de Kouassi et al. (2014) en Côte d'Ivoire. Ces auteurs ont montré que la végétation des inselbergs est dominée par les Poaceae, Fabaceae-Faboideae, Cyperaceae dans chacun de ces pays. Oumorou et Lejoly (2003) rapportent que les Poaceae, les Fabaceae-Faboideae et les Cyperaceae sont les familles dominantes des inselbergs d'Afrique de l'Ouest.

La dominance des trois familles sur les inselbergs pourrait s'expliquer par le fait que les espèces appartenant à ces familles s'adaptent mieux aux conditions climatiques et édaphiques rudes de ces habitats. La prédominance des Thérophytes et des Phanérophytes corrobore les résultats de Tindano et al. (2015). Selon ces auteurs, les Phanérophytes sont les types biologiques dominant des inselbergs du Burkina Faso. Nos résultats contrastent un peu ceux d'Oumorou (2003) sur les inselbergs du Bénin qui a obtenu comme types biologiques dominant les Thérophytes, les Géophytes et les Hémicryptophytes. L'étude des types phytogéographiques met en évidence la prédominance des espèces Pantropicales, Paléo-tropicales et Soudano-Zambéziennes. Ce résultat contraste avec ceux de Kouassi et al. (2014) en Côte d'Ivoire qui ont révélé les Guinéo-congolaises comme étant les types phytogéographiques dominant. Ce contraste pourrait s'expliquer par les conditions climatiques qui diffèrent entre les deux pays. Selon Sinsin (2001), la dominance des espèces Pantropicales et Paléo-tropicales pourraient s'expliquer par l'abondance des herbacées qui renferment des espèces en général à large distribution phytogéographique.

La réduction des feuilles en petites feuilles vestigiales et caduques permet à

l'espèce de limiter la perte en eau par évapotranspiration. En effet, selon Taiz et al. (2002), la diminution de la perte d'eau est le résultat de la réduction du volume de cellules d'une part et d'autre part de la transformation anatomique tendant à réduire les dépenses d'eau à partir des feuilles. La densité stomatique étant le nombre de stomates par unité de surface, elle varie en fonction des espèces, de l'âge des plants et des faces des feuilles (Djinet et al., 2016). La présence des stomates sur les tiges, montre que la fonction photosynthétique est transférée à la tige chez *C. adscendens*. La présente étude a révélé un nombre très réduit de stomates par mm² chez *C. adscendens* et traduit la résistance de l'espèce à la dessiccation. Dans ce sens, Dodd et al. (2002) rapportent que le faible nombre des stomates par mm² d'une part et d'autre part l'ouverture des stomates pendant la nuit et leur fermeture le jour sont des mécanismes de résistance à la dessiccation. Le temps mis pour extraire l'eau dans 4 grammes de tissus de *C. adscendens* est nettement supérieur au temps mis pour extraire l'eau dans 4 g de tissu de *Indigofera geminata* et *Indigofera tinctoria*. Ces résultats montrent que la résistance de *C. adscendens* à la dessiccation est liée à sa capacité de stockage et de rétention d'eau dans ses différents organes. Cela suppose également l'absence d'une grande perturbation du statut hydrique de l'espèce malgré l'aridité de son biotope. L'analyse de la pression osmotique montre que toutes les cellules de *C. adscendens* débutent leur plasmolyse à une concentration de 50% et la plasmolyse totale intervient à partir de la concentration de 60%. Chez *Indigofera geminata* et *Indigofera tinctoria* la plasmolyse intervient dès les concentrations faibles (20%) et est complète à 30%. Cela montre la grande résistance des cellules de *C. adscendens* à une perte d'eau. Selon Kagambèga et al. (2019), l'évaluation de la teneur en eau des tissus constitue un paramètre de référence de la prédiction du déficit hydrique qui s'exprime par les pertes de turgescence de tissus végétaux. Cette stratégie regroupe l'ensemble des mécanismes qui permettent à la plante de maintenir un potentiel hydrique plus élevé en évitant la

déshydratation des tissus et le maintien de son métabolisme cellulaire. La turgescence des cellules de *C. adscendens* à une forte concentration pourrait être due à la succulence de l'espèce. *C. adscendens* présente une adaptation anatomique en augmentant de volume vacuolaire permettant l'accumulation de grandes quantités d'eau et d'ions dissous. En effet, selon Calatayud et al. (2013), la capacité de maintenir la turgescence cellulaire permet la conservation de nombreux processus physiologiques comme la croissance et le développement. La turgescence permet la croissance cellulaire au niveau des différents organes, l'ouverture de l'ostiole et donc des échanges gazeux indispensable à l'activité photosynthétique. Tous les mécanismes suscités permettent à *C. adscendens* de survivre sur les inselbergs malgré les conditions climatiques arides et la faible profondeur du sol qui limite le taux d'humidité édaphique.

Conclusion

Les communautés végétales à *C. adscendens* sont riches de 57 espèces végétales réparties dans 45 genres et 23 familles. Ces communautés végétales évoluent sur un sol profond de $8,66 \pm 2,60$ cm à texture limoneuse acide d'un pH de 5,33. Les familles dominantes des communautés végétales à *C. adscendens* sont les Poaceae, les Fabaceae-Faboideae et les Cyperaceae. Les Thérophytes et des Phanérophytes sont les types biologiques dominants de ces communautés végétales tandis que les Pantropicales et les Paléotropicales dominent les types phytogéographiques. La survie de *C. adscendens* sur les inselbergs est liée à la réduction de ses feuilles en petites feuilles vestigiales et caduques, le transfert des stomates et la réduction de leur nombre sur les tiges. En outre, la résistance de *C. adscendens* à la dessiccation est liée à sa capacité de stockage et de rétention d'eau dans ses différents organes qui s'illustre par le maintien de la turgescence des cellules de l'espèce même à des concentrations très élevées du milieu extérieur. Ces résultats témoignent la résistance de l'espèce à une perte d'eau importante et sa capacité à s'adapter à un

environnement xérique. Les résultats obtenus au cours de cette étude pourront être utilisés pour faire face aux effets des changements climatiques en transférant les mécanismes de résistance à la dessiccation à certaines cultures.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

ET : Conceptualisation, curation de données, analyse des données, rédaction, révision et édition ; AT : Analyse des données, rédaction, révision et édition ; PO : Conceptualisation, supervision; validation, rédaction, révision et édition.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les populations du village de Koro qui ont bien voulu nous accompagner dans la réalisation de cette étude. Que toute personne qui d'une manière ou d'une autre a contribué à l'aboutissement de ce travail, trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

REFERENCES

- Berhaut J. 1967. *Flore du Sénégal*. Edition Clairafrique : Dakar ; p. 485.
- Braun-Blanquet J. 1932. *Plant Sociology. The Study of Plant Communities*. McGray Hill: New York, Londres; p. 439.
- Burnel LL, Gauthier G, Willm J, Heintz WW, Guyot V. 2014. Sélection de placettes forestières à l'échelle d'un territoire : complémentarité entre système d'information géographique et approches sur le terrain. *Cahier des Techniques de l'INRA.*, p. 82, 14.
- Calatayud P-A, Garrec J P, Nicole M. 2013. Adaptation des plantes aux stress environnementaux. In *Interactions Insectes-plantes*, Sauvion N, Calatayud P-A, Thiéry D, Marion-Pol F (eds). IRD, Quae : Marseille (FRA), Versailles ; 229-245.
- Chardard R. 1970. Action des solutions hypertoniques sur l'ultrastructure d'une

- Algue verte : *Cosmarium lundellii* Delp. *Bulletin de la Société Botanique de France* : 59-81.
- Cornet F, Fontaine M. 2019. Les traits foliaires sont-ils de bons indicateurs de variations environnementales régionales? Le cas du chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la région du Pic Saint-Loup (Hérault, France). *Orpalm Synthesis.*, **12** (2): 35-52.
- Coulibaly K. 2012. Analyse des facteurs de variabilité des performances agronomiques et économiques des cultures et de l'évolution de la fertilité des sols dans les systèmes agropastoraux en milieu soudanien du Burkina Faso : approche expérimentale chez et par les paysans. Thèse de doctorat, IDR, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, p. 149.
- De Kock D, Meve U. 2007. A Checklist of *Brachystelma*, *Ceropegia* and the Genera of the Stapeliad. International Asclepiad Society, UK, p. 125.
- de Paula LFA, Mota NFO, Viana PL, Stehmann JR. 2017. Floristic and ecological characterization of habitat types on an inselberg in Minas Gerais, southeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica* : 1-13. DOI: 10.1590/0102-33062016abb0409.
- Djinet IA, Bell JM, Nana R, Nguinambaye MM, Tamini Z. 2016. Évaluation des caractéristiques des stomates chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Journal of Applied Biosciences*, **104**: 9904-9910.
- Doamba SMF, Nacro HB, Sanon A, Sédogo PM. 2011. Effet des cordons pierreux sur l'activité biologique d'un sol ferrugineux tropical lessivé (Province du Kouritenga au Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5** (1): 304-313.
- Dodd AN, Borland AM, Haslam RP, Griffiths H, Maxwell K. 2002. Crassulacean acid metabolism: plastic, fantastic. *Journal of Experimental Botany*, **53** (369): 569-580.
- Dufrêne M, Légendre P. 1997. Species Asselllh/ages and Indicator Species: The Needfor a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecol. Monogr.*, **67** (3): 345-366.
- Fox J. 2005. The R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R. *Journal of Statistical Software*, **14** (9): 1-42.
- Missa K, Yao K, Koffi J K, Soro K. 2023. Diversité floristique et structure de la végétation d'une carrière de granite dans le district de Yamoussoukro, Centre de la Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **17** (4): 1519-1529. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i4.18>
- Kagambèga FW, Nana R, Bayen P, Thiombiano A, Boussim JI. 2019. Tolérance au déficit hydrique de cinq espèces prioritaires pour le reboisement au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **23** (4): 245-256.
- Kouaman S. 2016. Fonctions écologiques et potentialités agroforestières de *Maranthes polyandra* [(Benth.) Prance] dans la forêt classée de Niangoloko. Mémoire de fin d'étude, Institut de développement rural, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, p. 64.
- Kouassi RH, Tiebre MS, Kouassi KH, N'guessan KE. 2014. Diversité floristique des inselbergs Brafouéby et MafaMafou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *Journal of Animal and Plant Sciences*, **22**(1): 3407-3418.
- Lebrun JP, Stork LA. 1997. *Énumération des Plantes à Fleurs d'Afrique Tropicale* (Vol. IV). Conservatoire Botaniques : Genève ; p. 711.
- Loussaief L, Mezni M, Smiti SA. 2009. Stress hydrique et écophysologie de deux cultivars de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) Gabès et Aquarius. *Sécheresse*, **20** (3): 303-311.
- N'gok BL. 2005. Diversité végétale des inselbergs et des dalles rocheuses du nord Gabon. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, p. 419.
- Ouédraogo LASN. 2012. Etude des briques en terre comprimée-BTC Stabilisées à la chaux des sols de Dori: Application. Mémoire de master, Institut International

- d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement, Burkina Faso, p. 78.
- Oumorou M. 2003. Etudes écologique, floristique, phytogéographique et phytosociologique des inselbergs du Bénin. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, p. 240.
- Parmentier I, Lejoly J, N'guema N. 2001. La végétation des inselbergs de Piedra Nzas (Guinée Equatoriale Continentale). *Acta Bot. Gallica.*, **148** (4): 341-465.
- Poremski S, Rexroth J, Weising K, Bondi L, Mello-Silva R, Centeno DC, Datar MN, Watve A, Thiombiano A, Tindano E, Rabarimanarivo MN, de Paula LFA. 2021. An overview on desiccation-tolerant mat-forming monocotyledons on tropical inselbergs. *Flora*, **285**: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151953>
- Raunkiaer C. 1934. Les formes de vie des plantes et la géographie statistique des plantes. Oxford University Press, Londres, p. 632.
- Sambaré O, Ouédraogo O, Wittig R, Thiombiano A. 2010. Diversité et écologie des groupements ligneux des formations ripicoles du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**: 1782-1800.
- Sangaré I. 2021. Diversité végétale et usages de la galerie forestière urbaine de Kuinima (Bobo-Dioulasso). Mémoire de Master, Université Nazi BONI, p. 58.
- Sawadogo Y, Ganaba S, Tindano E, Some AN. 2017. Caractérisation des populations naturelles d'une légumineuse alimentaire sauvage, *Senegalia macrostachya* (Reichenb. ex DC. Kyal & Boatwr) dans le secteur Nord-soudanien du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11** (5): 2408-2420. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.36>
- Sinsin B. 2001. Formes de vie et diversité spécifique des associations de forêts claires du nord du Bénin. *Systematics and Geography of Plants*, **71**: 873-888.
- Tabuti JRS, Lye KA, Dhillion SS. 2003. Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: plants, use and administration. *J. Ethnopharmacology.*, **88**: 19-44.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. Plant physiology (3rd edn). Sinauer Associates Publishers: Sunderland; p. 427.
- Thiombiano A, Schmidt M, Dressler S, Ouédraogo A, Hahn K, Zizka G. 2012. Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. Genève, Suisse, Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, *Boissiera.*, **65**, 391 p.
- Tindano E, Ganaba S, Sambaré O, Thiombiano A. 2015. La végétation des inselbergs du Sahel burkinabè. *Bois et Forêts des Tropiques.*, **325** (3): 21-33.
- Tindano E, Poremski S, Koehler J, Thiombiano A. 2021. Ecological and floristic characterization of inselberg habitats in Burkina Faso. *Geo-Eco-Trop.*, **45**(4): 573-588.
- Tindano E, Lankoandé B, Poremski S, Thiombiano A. 2023b. Inselbergs: potential conservation areas for plant diversity in the face of anthropization. *Journal of Phytology.*, **15**: 70-79. DOI: [10.25081/jp.2023.v15.8387](https://doi.org/10.25081/jp.2023.v15.8387)
- White, 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Unesco/AETFAT/UNSO, p. 385.
- Wickham, H. 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>