

Modélisation De La Croissance Du Pachypodium Brévicaule Sur Sol Quartzitique De Mont Ibity

Miary M. ANDRIAMANDROSO, Julien A. RAJOMALAHY, Achille O. RAVONINJATOVO, Lala ANDRIANAIVO

Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Mining Department, Laboratoire Exergie et Géoingénierie

BP 1500 Antananarivo 101, Madagascar



Résumé : Cette étude est focalisée sur un échantillonnage de pachypodium brévicaule sur sol quartzitique sur le mont Ibity, dans la partie centrale de Madagascar. Dans cet article, un modèle mathématique de la croissance de la plante est présenté, basé sur des paramètres climatiques et des interfaces ont été créées sur le programme Matlab pour afficher les résultats. D'après notre modèle, les facteurs influençant le développement de la croissance de la plante sont multiples. Généralement, le printemps est propice à la croissance du diamètre ; la saison de pluie est favorable à la croissance en hauteur ; le mois de septembre correspond au nombre maximum de feuilles observées. Le modèle mathématique utilisé concorde avec nos observations à partir de l'échantillon analysé concernant l'évolution de sa croissance. L'étude de la croissance de pachypodium brévicaule liée au sol apporte des pistes d'optimisation des cultures de production dans le secteur.

Mots clés: sol quartzitique, pachypodium brévicaule, paramètres climatique, modélisation, Ibity

Abstract: This study is focused on a sampling of Pachypodium brevicaule on quartzitic soil on Mount Ibity in the central part of Madagascar. In this article, a mathematical model of the growth of the plant is presented, based on climatic parameters and interfaces have been created on the Matlab program to display the results. According to our model, the factors influencing the development of plant growth are multiple. Generally, spring is conducive to diameter growth; the rainy season is favorable for height growth; the month of September corresponds to the maximum number of leaves observed. The mathematical model used agrees with our observations from the analyzed sample concerning the evolution of its growth. The study of the growth of Pachypodium brevicaule linked to the soil provides avenues for optimizing production crops in the sector

Keywords: quartzitic soil, pachypodium brévicaule, climatic parameters, modeling, Ibity

I. INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les travaux de recherche sur la modélisation de la croissance et de l'architecture des plantes n'ont pas cessé d'évoluer. Différents modèles ont été proposés par les chercheurs en tenant compte des paramètres environnementaux. Cette étude est axée sur la modélisation de la croissance des pachypodium brévicaules sur le sol quartzitique, cas de la commune rurale d'Ibity. Nous allons utiliser les modèles existants et les relier aux paramètres environnementaux dans le secteur étudié. Le programme MATLAB est utilisé pour modéliser la croissance de la plante et pour créer des interfaces afin de faciliter la manipulation des résultats.

II. MATERIELS ET METHODES

A. Zone d'étude

La commune rurale d'Ibity (figure1) appartient à la région de Vakinankaratra, elle fait partie du district Antsirabe II, et se situe à 25 km au sud d'Antsirabe. Sa superficie est de 250km²et elle possède 8 fokontany. Elle est traversée par le fleuve de Manandona [1]. La montagne d'Ibity est un site touristique, plus précisément à Kiboy qui est désormais devenue une réserve naturelle grâce aux espèces endémiques qu'elle dispose.



Figure 1:carte de localisation d'Ibity

B. Pachypodium brévicaule et protocole expérimental

C'est une espèce endémique de Madagascar. Comme H. Perrier l'a appelé, elle est adaptée sur les sables grossiers résultant de la dégradation de quartzite (figure 2). Elle se trouve particulièrement dans la montagne d'Ibity et le massif d'Itremo [2]. La population locale l'appelle « Sakamalaotany »



Figure 2 : pachypodium brévicaule

Etymologiquement, le mot pachypodium brévicaule vient des mots :

Grec « pakhus » : épais et « podos » : pieds

Latin « brevi » : court et « caule » : tige

Il s'agit de pachypodium de petite taille qui mesure environ 25cm de haut pour 10 à 40 cm de diamètre, les fleurs sont de couleur jaune en forme de calice. Le tronc est charnu, lisse, de couleur gris clair avec des petites épines à l'extrémité. Les feuilles sont vertes et très petites.

L'expérimentation a été faite sur un échantillon de pachypodium entre le mois de juin 2021 jusqu'au mois janvier 2022. Durant cette période, des relevés hebdomadaires des tailles des feuilles et une observation de la croissance des plantes ont été effectués. Les plantes ont été mises sous les conditions les plus proches possibles de la région d'Ibity, bien ensoleillées et lumineuses.

C. Méthode de modélisation

Le modèle Green Lab est un modèle très connu pour modéliser la croissance du type structure-fonction de la plante. Il est caractérisé par son aspect structurel : la constitution et les composants élémentaires de la plante en fonction de son âge ainsi que son aspect fonctionnel : le développement de la plante par rapport aux processus physiologiques. La croissance des pachypodium dépend essentiellement des paramètres environnementaux, en particulier la lumière, la température et l'eau. Ces trois paramètres sont liés et doivent être en équilibre pour la bonne santé du pachypodium.

- Le besoin en eau

Le transfert hydrique joue un rôle important pour le développement des plantes ; la quantité d'eau stockée dans les espaces poreux du sol permettra à la plante de transpirer pendant la saison sèche. La modélisation de ce phénomène de stockage d'eau dans le sol et son transfert dans la plante est donc très importante. La notion adoptée pour la modélisation du transfert d'eau pour le système sol-plante atmosphère par le concept de réservoir a été étudiée par Zhonping Li [3]. La précipitation annuelle dans la région d'Ibity est donnée dans le tableau 1.

TABLEAU 1: PRECIPITATION ANNUELLE

Mois	Précipitation (en mm)
Janvier	383
Février	331
Mars	217
Avril	79
Mai	25
Juin	8
Juillet	7
Aout	8
Septembre	14
Octobre	90
Novembre	211
Décembre	338

Source : en.climate-data.org

- La température

Exceptionnellement différent des autres espèces de pachypodium, le pachypodium brévicaule supporte la basse température de mont Ibity pendant la saison sèche (une période de courte durée), la température idéale pour la plante est de 8 à 10 degrés Celsius. Le tableau 2 représente la température annuelle dans le secteur.

TABLEAU 2: TEMPERATURE ANNUELLE

Mois	Température (en degré Celsius)
Janvier	18.8
Février	16.6
Mars	18.4
Avril	17.4
Mai	15.5
Juin	13.2
Juillet	12.5
Aout	13.8
Septembre	16.2
Octobre	18.2
Novembre	18.6
Décembre	19

Source : en.climate-data.org

- La lumière

Le pachypodium brévicaule pousse sur la montagne d'Ibity, c'est une plante qui a besoin de beaucoup de lumière et d'aération.

Le tableau 3 représente l'irradiation pendant une année dans le secteur

TABLEAU 3: IRRADIATION ANNUELLE

Mois	Irradiation (en Wh/m ²)
Janvier	222.61
Février	172.46
Mars	178.61
Avril	227.17
Mai	209.34
Juin	213.17
Juillet	226.59
Aout	236.48
Septembre	253.08

Octobre	237.1
Novembre	216.35
Décembre	210.82

Source : PV GIS

D. Modèle mathématique et simulation sur MATLAB

Dans cette section, nous allons utiliser le programme MATLAB pour modéliser la croissance du pachypodium. Le modèle mathématique choisi est propice au développement des algorithmes d'analyse. Nous finirons par présenter les interfaces créées à partir du programme pour faciliter la manipulation des données et voir l'évolution de la croissance de la plante.

La modélisation est l'adaptation mathématique des connaissances de la botanique, de l'agronomie et de la physiologie pour qu'elles puissent fournir les paramètres nécessaires aux équations dynamiques qui décrivent la croissance de la plante dans [4]. Ainsi, l'équation dynamique de la croissance de la plante est :

$$\frac{dX}{dt} = F(X(t); U(t); P; t) \quad (1)$$

$X(t)$: variables d'état = masses des organes

F = lois biophysiques

P : paramètres

$U(t)$: variables de contrôle (conditions environnementales)

Pour calculer l'évolution de la croissance du pachypodium, le modèle utilisé repose sur les paramètres environnementaux et le temps. Nous avons pris en compte les paramètres irradiation annuelle(I), la précipitation annuelle (P), et la température annuelle T. Ainsi les formules suivantes permettent de donner la croissance du diamètre du pachypodium, sa hauteur et la croissance des nombres des feuilles.

Calcul du diamètre

$$d = t + P - Ie^{-Tt} \quad (2)$$

Calcul de la hauteur

$$h = t - \frac{1}{2} - \frac{I}{P} e^{-Tt} \quad (3)$$

Nombre des feuilles

$$n = \frac{I}{P} t e^{-Tt} \quad (4)$$

d : le diamètre

h : hauteur

n : nombre de feuille

t : temps

P : précipitation

T : Température

I : irradiation

III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

A. Croissance du pachypodium pendant une année

Les figure 3, figure 4 et figure 5 représentent l'évolution de la croissance du pachypodium.

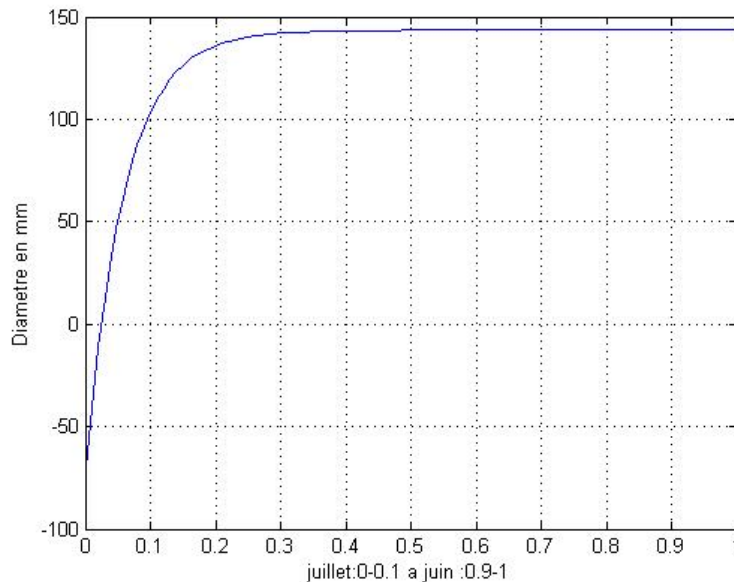


Figure 2:croissance du diamètre du pachypodium

Après les calculs, nous avons pu constater sur la figure 3 que le diamètre du pachypodium brévicaule augmente du mois de juillet jusqu'au mois de décembre.

La figure 4 représente l'évolution de la hauteur de la plante.

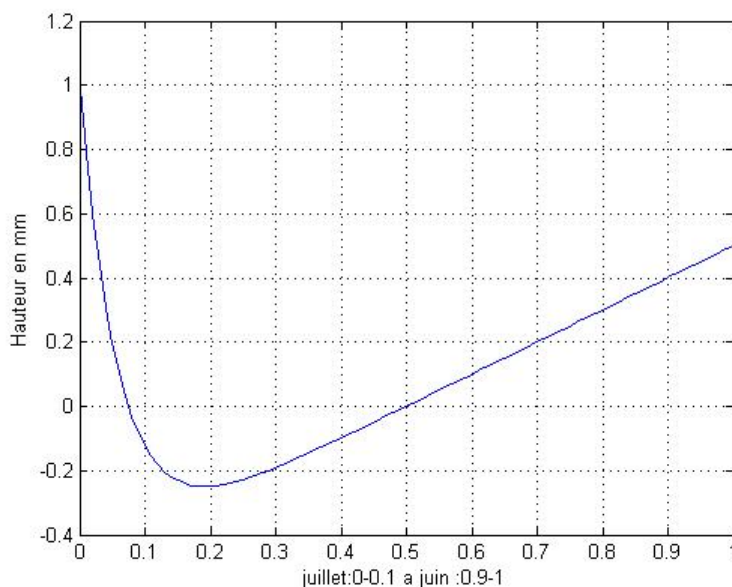


Figure 3: croissance en hauteur

La figure 4 nous montre que la croissance en hauteur du pachypodium se fait entre le mois de octobre jusqu'au mois de mai. Et sur la figure 5 nous remarquons que les feuilles commencent a pousser au mois d'Aout et elles se fanent et tombent quand le printemps arrive.

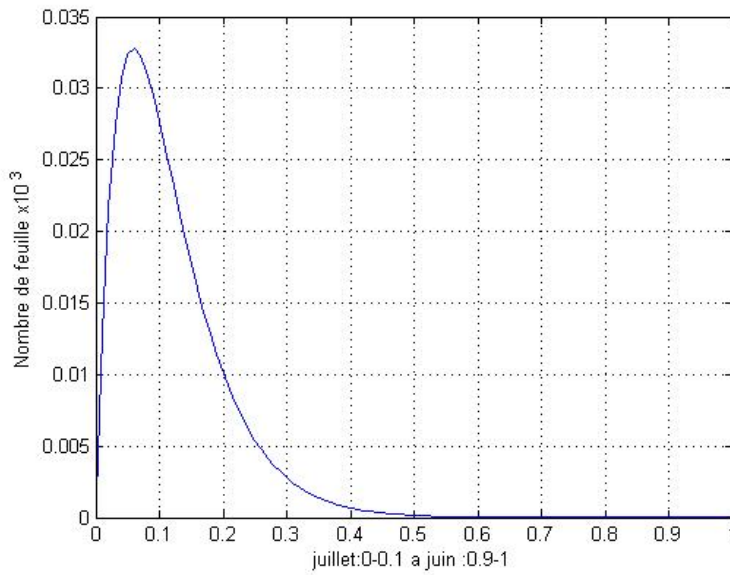


Figure 4: nombre de feuilles observées

B. Les interfaces des solutions

D'après les calculs et les analyses effectués, les interfaces suivantes ont été créées avec le logiciel MATLAB pour mettre en évidence l'évolution de la croissance du pachypodium.

La figure 6 représente l'interface pour insérer les données sur les paramètres

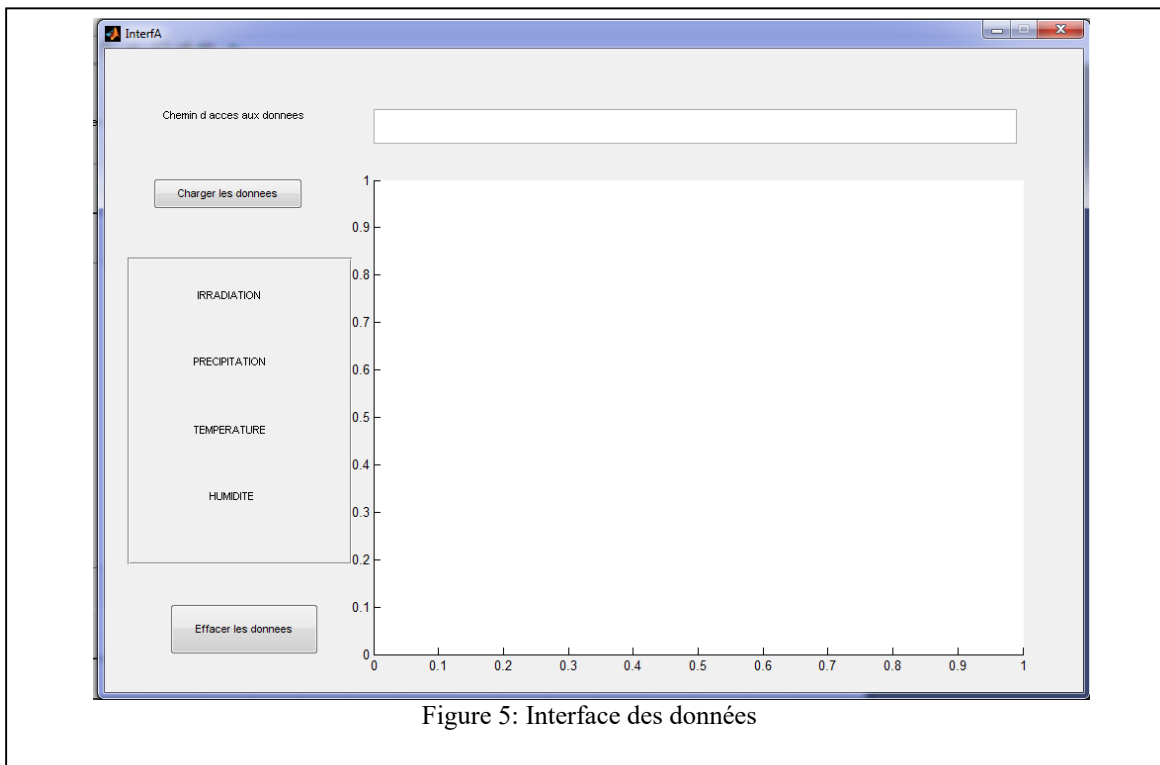


Figure 5: Interface des données

La figure 7 représente l'interface des courbes d'évolution de la croissance du pachypodium.

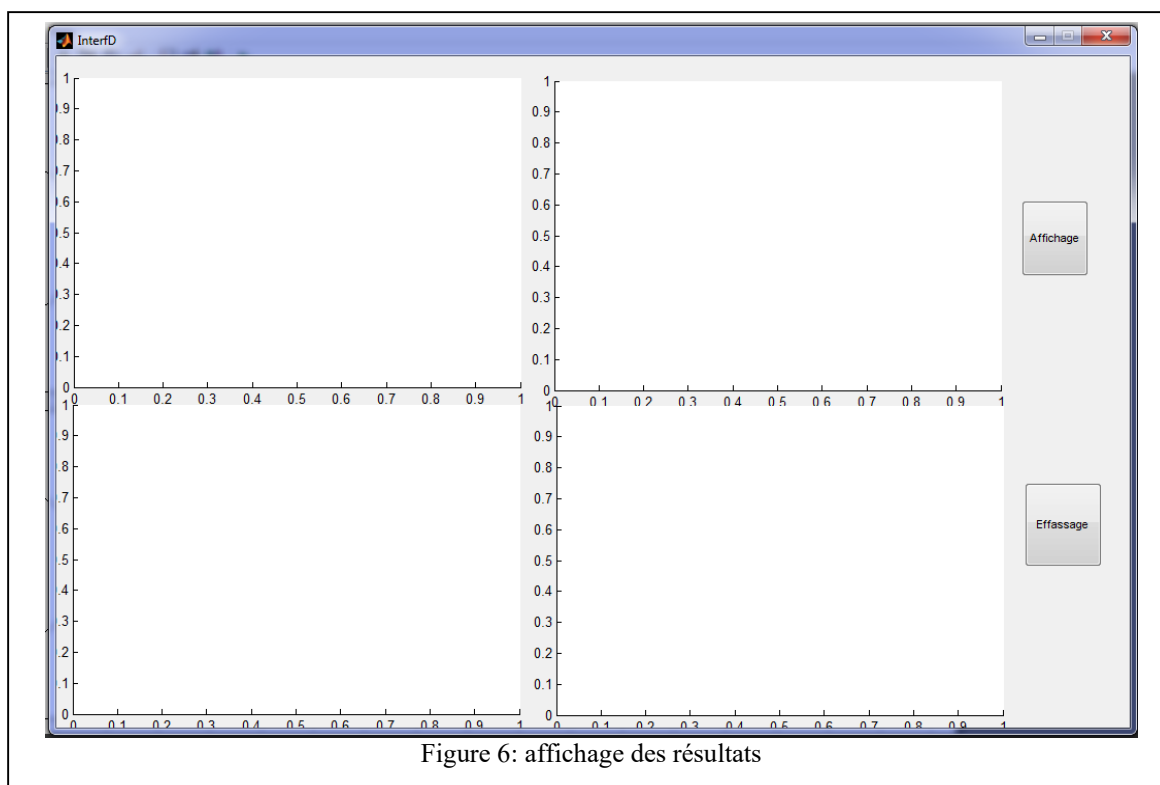


Figure 6: affichage des résultats

IV. DISCUSSION

Pour la culture du pachypodium, nous pouvons noter que sa croissance dépend toutefois des conditions de culture : le climat, le sol et surtout l'apport en eau.

En se basant sur le tableau 1, la fin du mois d'octobre correspond au début de la saison de pluie qui est propice au développement des plantes.

Dans le secteur d'Ibity, les conditions optimales permettant la plante de vivre et se développer normalement correspondent à des températures allant de 14 à 19 degrés Celsius du tableau 2.

Le maximum d'irradiation s'observe au mois de septembre (printemps), correspondant au nombre maximum de feuilles observées, selon le tableau 3.

Le tableau 4 représente l'évolution de la croissance de l'échantillon sur la base des paramètres : diamètre, hauteur, nombre de feuilles des figures 3 à 5.

	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
Diametre												
Hauteur												
Nombre de feuilles observées												

La période de dormance est assez courte et se fait uniquement au mois de juin, ceci peut être due à la faible précipitation ce mois. Le mois d'Octobre correspond à la période de croissance en diamètre et en hauteur ainsi que le maximum de nombre de feuilles observées.

Nous n'avons pas encore observé la floraison de l'échantillon analyse au cours de notre étude. Cependant, nous avons remarqué la floraison du pachypodium sur le sol quartzitique au cours de notre descente sur le terrain au mois de juin 2021. Ainsi, en se basant sur le facteur climat, le secteur d'Ibity est favorable au développement de la croissance de la plante.

V. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons posé les bases de la modélisation mathématique de la croissance des pachypodium dans le secteur d'Ibity. Nous avons restreint notre champ d'étude à la modélisation par rapport aux paramètres environnementaux du secteur. La création des interfaces de solution par le logiciel MATLAB a été établie. Nous avons aussi vu que dans le cadre de la modélisation des plantes, nous pouvons utiliser différents types de modélisation selon la nature du système considéré. Toutefois, dans le cadre de notre travail de recherche nous nous sommes concentrés sur les bonnes pratiques de modélisation. Nous avons considéré uniquement les paramètres environnementales systèmes dynamiques déterministes afin de pouvoir formuler un cadre de travail permettant d'apporter une solution à la problématique de notre recherche. D'après notre modèle, les facteurs influençant le développement de la croissance de la plante sont multiples. D'une manière générale, le printemps est propice à la croissance du diamètre ; la saison de pluie est favorable à la croissance en hauteur ; le mois de septembre correspond au nombre maximum de feuilles observées. Le modèle mathématique utilisé concorde avec nos observations à partir de l'échantillon analysé concernant l'évolution de sa croissance.

REFERENCES

- [1] C. Berthin et Ph. Rocher « Diagnostic préliminaire relatif à deux projets écotouristiques dans la région de Vakinankaratra (Madagascar) : patrimoine géologique et thermalisme », rapport final BRGM/RC-57952-FR juillet 2010 p16-19
- [2] Dylan O. Burge, Kaila Mugford, Amy P. Hastings and Anurag A. Agrawal. (2013), Phylogeny of the plant genus Pachypodium (Apocynaceae). PeerJ 1: e70; DOI 10.7717/peerj, in press.
- [3] Zhongping Li. » Modélisation de la croissance des plantes en interaction avec la ressource en eau et contrôle optimal de l'irrigation ». Autre. Ecole Centrale Paris, 2013. Français. NNT : 2013ECAP0003. tel-00909261
- [4] P. De Reffye and B.-G. Hu. Relevant qualitative and quantitative choices for building an efficient dynamic plant growth model: Greenlab case. In International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and their Applications-PMA'03. Springer and Tsinghua University Press, 2003.
- [5] M. Benoît Bayol, Système informatique d'aide à la modélisation mathématique basé sur un langage de programmation dédié pour les systèmes dynamiques discrets stochastiques. Application aux modèles de croissance de plantes. Thèse présentée et soutenue à Châtenay-Malabry, le 08 juillet 2016.
- [6] VAVITSARA Marie Elodie, Stochastic modeling of growth and its application to the study of the *Spilanthes acmella L.* (felimafana) growth. I-Main stems.
- [7] Véronique Letort, et al. Modélisation mathématique et simulation numérique de la croissance des plantes. 2014