



**Short Communication**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs> <http://indexmedicus.afro.who.int>

## Modèle mathématique LIFOSA-17: outil d'analyse de la dynamique de la forêt- complément du modèle

E. MAKUMBELO<sup>1</sup>, L. LUKOKI<sup>2</sup>, K. BELESI<sup>2</sup> et M. LUNGIAMBUDILA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Faculté des Sciences Agronomiques et Gestion Durable des Ressources Naturelles, Université du Kwango - UNIK BP. 41 Kinshasa I RD Congo.*

<sup>2</sup> *Faculté des Sciences, Université de Kinshasa BP.190 Kinshasa XI RD Congo.*

*\*Auteur correspondant : E-mail : makumbelocrispin@Gmail.com Tél : +243819259566.*

---

Received: 31-05-2023

Accepted: 29-08-2023

Published: 29-02-2024

---

### RESUME

La recherche recourt actuellement à plus d'un outil d'analyse pour étudier les écosystèmes. Le Système d'Information Géographique (SIG) est l'un des plus utilisés pour l'analyse des systèmes écologiques même les plus complexes. Cette application a permis de rendre complet le Modèle LIFOSA-17 pour les études de la dynamique de la forêt. Elle est conçue en suivant la même méthode que les applications LIFOSA-17 E et LIFOSA-17R qu'elle complète. L'application LIFOSA-17C est destinée à prédire la tendance de la dynamique des systèmes écologiques. Elle est ainsi donc un outil d'analyse complémentaire de la dynamique de la forêt par le Modèle LIFOSA-17.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés:** Analyse mathématique, écosystèmes, application C.

## LIFOSA-17 mathematic model: analysis tool of forest dynamic-Complement of model

### ABSTRACT

Research resort to at the present time at more tool analysis for studies ecosystems. Geographic Information System is one the most used for analysis of ecology system same the most complex. This application is allowed to make complete LIFOSA-17 Model for studies of dynamic of forest. It is designed according to the same method as LIFOSA-17E and LIFOSA-17R applications that it completes. LIFOSA-17 C application is destined to predict the tendency of the dynamic of ecology system. It is then an analysis complementary tool of forest by LIFOSA-17 Model.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Mathematic analysis, ecosystems, application C.

---

## **INTRODUCTION**

Les rapports écophysiologicals des individus des espèces qui composent une biocénose permettent de précieuses indications sur la structure et le fonctionnement de cette dernière ainsi que sur leur adaptation aux conditions du milieu (Belesi, 2009 ; Habari, 2009). Ces caractéristiques définissent, en partie, les limites de tolérance et les préférences de l'espèce vis-à-vis des divers facteurs écologiques (Ramade, 2008). L'analyse de ces rapports permet de saisir la tendance spatiotemporelle de la dynamique que peut impulser les espèces d'une biocénose et, de ce fait, la tendance émergente de tout un système écologique en faveur d'un milieu particulier qui peut être soit une formation forestière soit une formation herbacée. En effet, en ce temps où la dégradation des écosystèmes forestiers est observée tant dans le paysage protégé (Habona yo, al., 2023) ou pas protégé (Abdourhamane et al., 2013) et devient une des causes de la réduction de la biodiversité et des opportunités de survie de la population, la mise en place des outils d'analyse souple et simple de la dynamique des systèmes écologiques devient un défi majeur.

Le Système d'Information Satellitaire (SIG) est utilisé même pour des analyses des systèmes très complexes de niveau d'organisation supérieur à l'écosystème (Nakouana et al., 2023). Les deux applications du Modèle LIFOSA-17 : LIFOSA-17 E et LIFOSA-17 R (Makumbelo et al., 2020b) avaient permis l'étude respectivement de l'évolution des habitats herbacés et de la régénération naturelle de la forêt (Makumbelo et al., 2019, 2020a).

L'objectif de ce texte était de présenter l'application C du modèle LIFOSA-17 qui complète et renforce les deux premières afin de disposer d'un outil d'analyse plus poussé et complémentaire à celui qui analyse par images satellitaires, la dynamique de la forêt tropicale en général et celle du bassin du Congo en particulier. L'application C détermine de façon simple le type du milieu (ouvert ou fermé) en faveur duquel la dynamique d'un système écologique, à cette échelle, pourrait tendre.

## **MATERIEL ET METHODES**

### **Matériel**

Le complément C s'appuie et complète les applications du modèle LIFOSA-17 (Makumbelo et al., 2020b). Sa conception a exigé la connaissance des caractéristiques autoécologiques (liées aux éléments de la structure et du fonctionnement du système écologique) des espèces de la communauté et sur le preferendum de ces dernières en faveur des facteurs écologiques, notamment l'habitat. Cette connaissance devait s'étendre sur la maîtrise de la lisière forêt-formation herbacée.

### **Méthodes**

Quatre habitats permanents ont été délimitées à la lisière forêt-formation herbacée (Makumbelo et al., 2019) pour l'inventaire floristique afin de recenser les espèces dont les caractéristiques autoécologiques ont été déterminées.

L'application C du modèle LIFOSA-17 recourt à ces caractéristiques écophysiologicals. Elle recourt notamment à celles qui différencient les espèces en fonction de la tendance qu'elles ont à s'adapter soit au milieu ouvert soit au milieu fermé. L'analyse des liens qui existent entre les paramètres écologiques de différentes espèces de la biocénose et leur milieu de vie estimé optimal a permis de produire des résultats sur la tendance de la dynamique à l'échelle spatiotemporelle de ces systèmes. Il s'agit de la capacité qu'a une espèce d'impulser et de reproduire naturellement un type particulier d'écosystème végétale qui peut être soit un milieu fermé ou écosystème forestier soit un milieu ouvert ou écosystème herbacé. De cette analyse et tri, un modèle théorique a été conçu. Un mathématicien l'a numérisé en le traduisant en équation après la vérification de la cohérence. Cette partie du modèle combine l'approche réductionniste et holistique (Ramade, 2008 ; Makumbelo et al., 2020b) par le fait qu'elle s'intéresse aux éléments des systèmes écologiques de niveau d'organisation égale et/ou supérieur à l'écophysiology.

## RESULTATS

### Analyse des données

#### Construction de ce complément

L'application C s'intègre dans le Modèle LIFOSA-17 qu'elle complète. Cette application peut être utilisée de façon indépendante ou complémentaire des deux autres de ce modèle pour l'analyse, à l'échelle de l'espace et du temps, de la dynamique de la forêt.

Elle détermine le type du milieu : milieu fermé (forestier) (Mf) ou milieu ouvert (herbacé) (Mo) en faveur du quel se destine la dynamique du système en présence.

#### Modèle LIFOSA 17-C

La tendance de la dynamique en faveur du Mf du système écologique est déterminée par les relations 1.

- *Structure horizontale*

$D \text{ esp } F_s = N \text{ esp } F / ha$  où  $D \text{ esp } F_s$  = densité des espèces de la forêt ;  $N \text{ esp } F_s$  = nombre d'espèce de la forêt ;  $ha = 10.000 \text{ m}^2$  (unité d'espace considérée)

$D \text{ esp } F_H = N \text{ esp } F_H / ha$  où  $D \text{ esp } F_H$  = densité des espèces de la formation herbacée  $N \text{ esp } F_H$  = nombre d'espèce de la formation herbacée ;  $ha = 10.000$ .

Si  $D \text{ esp } F_s \geq D \text{ esp } F_H$ , alors la dynamique en faveur du Mf (1.1)

Si non, alors la dynamique en faveur du Mo

- *Structure verticale*

$T_m = Lia$  où  $T_m$  = Type morphologique,  $Lia$  = ensemble d'individus des lianes

$T_b = Ph$  où  $T_b$  = Type biologique,  $Ph$  = Phanérophytes

Si  $Lia \geq 80\%$  ou  $Ph \geq 80\%$ , alors la dynamique est en faveur du Mf

(1.2)

Sinon, alors dynamique est en faveur du Mo

- *Fonctionnement*

Quelques familles botaniques, types biologiques, types des diaspores et modes de dissimilation des diaspores déterminent si la dynamique est en faveur du milieu forestier (Mf) ou du milieu ouvert (Mo). Ce sens de la dynamique est défini par les paramètres ci-après.

1.  $Mf1 = Caesalpiniaceae + Rubiaceae$

$Mo1 = Euphorbiaceae +$

$Fabaceae/Faboides + Fabaceae/Minosaceae$

2.  $Mf2 = \text{mésophylles} + \text{macrophylls}$

$Mo2 = \text{microphylls} + \text{nanophylls}$

3.  $Mf3 = \text{Sarcochores} + \text{barochores}$

$Mo3 = \text{Sclerochores} + \text{Pogonochore} +$

$Ptérochore$

4.  $Mf4 = \text{autochorie}$

$Mo4 = \text{anémochorie}$

Si  $Mfi \geq Moi$ , pour  $i=1, \dots, 4$ , alors la dynamique est en faveur du Mf (1.3)

Si non, alors la dynamique est en faveur du Mo

$(1) + (2) + (3) > \text{Autres types} = \text{dynamique en faveur du Mf}$  (1.4)

Finalemment

$\sum [(Af) + (Bf) + (Cf)] > \sum [(Ao) + (Bo) + (Co)] = \text{dynamique du système est en faveur du Mf}$  où  $Af$  = structure horizontale,  $Bf$  = structure verticale et  $Cf$  = fonctionnement de la dynamique en faveur du milieu forestier (Mf) (1.5)

$\sum [(Af) + (Bf) + (Cf)] < \sum [(Ao) + (Bo) + (Co)] = \text{dynamique du système en faveur du Mo (Mo)}$  où  $Ao$  = structure horizontale,  $Bo$  = structure verticale,  $Co$  = fonctionnement de la dynamique en faveur du milieu ouvert (Mo). (1.6)

## DISCUSSION

Le Modèle mathématique LIFOSA-17 est conçu après l'observation de la thématique dynamique et ses processus sur terrain et le tri de la littérature des éléments de ce phénomène écologique afin de comprendre en profondeur et de mieux décrire ses variables d'état pour déceler les lois qui lient ces dernières (variables) entre elles. C'est ce qui corrobore les résultats antérieurs (Delahaye, Sd en ligne ; Favier, 2003) selon lesquels : toute démarche de modélisation consiste à choisir les variables d'état que doit pouvoir décrire le modèle et à déterminer les lois qui lient ces variables entre elles. Celles trouvées par le modèle C rencontrent les résultats déjà mentionnés (Dajoz, 2000 ; Habari, 2009 ; Abdourhamane et al., 2023 ; Habonayo et al., 2023). Il s'agit du rapport entre les éléments de la structure et du fonctionnement d'une biocénose avec le milieu de vie de l'espèce.

Quant à son caractère mathématique, nos résultats rejoignent ceux publiés précédemment (Delahaye, Sd, en ligne) en ce sens que la cohérence du modèle et les équations mathématiques que le mathématicien a respectivement testé et traduit par des formules ont revêtu à ce modèle son caractère mathématique. Il a aussi ce caractère par le fait qu'il permet de quantifier et d'établir des équations entre ces variables et entre elles et leurs paramètres. Autrement dit, il permet de répondre à la question combien ? " On compte tout". A chaque quantité intéressante, on assigne une valeur (qu'on désigne par des variables D esp Fs, D esp FH, lia, Ph ...) dont les nombres peuvent varier d'une période à une autre et d'une biocénose à l'autre. Toutes les valeurs ne jouant pas le même rôle, certains paramètres doivent être observés avant le calcul c'est-à-dire sur terrain. D'autres (les inconnus) seront déterminés à l'issue du ce dernier. Enfin ce caractère lui est reconnu par le fait qu'il permet à la recherche une certaine précision.

La jonction de réflexion d'un écologue modélisateur, d'un mathématicien et d'un chercheur écologue dans les étapes de construction du modèle LIFOSA-17C corroborent celle de la démarche scientifique qui veut que le spécialiste de la modélisation désigne les qualités intéressantes de la thématique, qu'il comprenne et décrive le mécanisme derrière cette dernière et qu'il mette tout en rapport pour ressortir le premier modèle. Le mathématicien analyse et vérifie la cohérence de ce dernier, numérise et produit des formules en mettant en place une série d'équation susceptible de permettre des calculs avant que le chercheur modéliste confronte les résultats obtenus aux observations de terrain (Delahaye, Sd en ligne ; Lycée, 2013).

Le modèle LIFOSA-17C participe à une bonne conception d'inventaire. Comme tout autre modèle, il est un outil de la recherche méthodologique très poussée, d'expérimentation et de traitement des données qui renouvelle l'approche méthodologique. Ce qui corrobore les récents résultats qui

reprennent que l'intérêt de la modélisation est d'être une démarche qui ne procède d'aucun point de vue disciplinaire particulier. La modélisation est généralement vue comme l'un des outils d'expérimentation et de traitement des données qui renouvellent l'approche scientifique. Elle apporte des techniques précieuses et est d'une grande souplesse pour raccorder des données de provenance et des valeurs diverses. Sur ce plan, elle est l'objet de la recherche méthodologique très poussée visant à lui permettre de s'adapter à des cas de figure très variés (Hervé et Laloée, 2009). Ce constat est confirmé récemment (Wong et al., 2001) quand il a été réalisé que la diversité d'approche préférée par les spécialistes de diverses disciplines dans le choix des méthodes de conception d'inventaire devra pousser à une certaine intégration de la modélisation dans le protocole de recherche (Makumbelo et al., 2020a). Par son application C, tel qu'elle analyse et interprète l'avenir à l'échelle spatiotemporelle de la biocénose de Bombo Lumene en confrontant la réalité sur terrain, ce modèle permet une étude aisée et facile de la dynamique pour prédire l'avenir des systèmes écologiques tropicaux en général et du bassin du Congo en particulier parallèlement de l'interprétation par différents indices (Makumbelo et al., 2023) et par images satellitaires (Nakouana et al., 2023). En Environnement, l'application C, en complétant le modèle LIFOSA-17 (Makumbelo et al., 2020a), peut renforcer la maîtrise des prévisions des biens et services écosystémiques de la forêt et des autres écosystèmes et peut assurer le monitoring et la gestion durable des écosystèmes terrestres tropicaux en général et ceux du bassin du Congo en particulier où le climat tropical atteste une pluviosité qui oscille autour de 1500 mm dans système conjugué forêt- formation herbacée (Ndri et al., 2018).

## Conclusion

Les caractéristiques intrinsèques et écophysologiques des espèces d'une biocénose sont des données capables de fournir

de précieuses informations sur l'adaptation d'une espèce à un milieu particulier. Elles sont aussi un atout pouvant permettre de saisir et de prévenir le type d'écosystème en faveur duquel la dynamique d'un système écologique complexe peut tendre à l'échelle spatiotemporelle. L'application C du modèle LIFOSA-17 s'appuie sur cette base pour permettre l'étude de la tendance de la dynamique des écosystèmes naturels terrestres.

### CONFLIT D'INTERETS

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

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

EM est le chercheur principal. LL, KB et ML sont les encadreurs de EM. ML a en plus analysé, vérifié la cohérence, numérisé et produit des formules mathématiques.

### REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements à l'autorité de l'ICCN et de l'ARES / UNIKIN, aux Professeurs Jean Lejoly et Mbale K. et à Monsieur N'landu L. pour leur soutien.

### REFERENCES

Abdourhamane H, Morou B, Rabiou H, Mahamane A. 2013. Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le Centre-Sud du Niger : Cas du complexe des forêts classées de Dan Kada Dodo-Dan Babo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(3) : 1048-1068. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.13>.

Belesi K. 2009. Etude floristique, Phytogéographique, Phytosociologique de la végétation de Bas-Kasaï en République Démocratique du Congo, Thèse de Doctorat, Université de Kinshasa, p. 87 + Annexes.

Delahaye JP. S.d. en ligne. Modélisation mathématique, Encyclopaedia Universalis consulté le 18 octobre 2017 URL : [mathématique/modélisation, mathématique.](http://www.universalis.fr/encyclopédie/modélisation-</a></p></div><div data-bbox=)

Habari MJP. 2009. Etude floristique, Phytogéographique et Phytosociologique de la végétation de Kinshasa et des bassins moyens des rivières N'djili et Nsele en République Démocratique du Congo, Thèse de Doctorat, Université de Kinshasa, p.191.

Habonayo R, Ndowimana A, Nkorunziza JDD, Mbarushimana D. 2023. Services écosystémiques des aires protégées de Burundi point de vue des principales parties prenantes impliquées dans la conservation. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(2) : 666-682. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i2.3>.

Hervé D et Laloée F. 2009. *Modélisation de l'Environnement, entre Natures et Sociétés*. Editeurs Scientifiques Prologue Marcel Jolleivet Disciplines éditions Quae NSS Dialogue Centre Français d'exploitation de droit de copie (CFC), Paris. [www.jnlog.com/mode/1.fr.htm](http://www.jnlog.com/mode/1.fr.htm) consulté le 19 oct 2017.

Favier CH. 2021. Hommes, savanes, forêts Modélisation des systèmes dynamiques liant l'homme à son environnement, Thèse de doctorat, Université Paris XI Oray, p. 229.

Lycée JM. 2013. Une petite présentation sur la modélisation mathématique pour l'environnement. <https://imb.univ-fcomte.fr/IMG/pdf/Présentation-Louis-Fev2013> consulté 18 oct 2017.

Makumbelo E, Lukoki L, Belesi K, Lungiambudila MO, Lejoly J. 2019. Valorisation de la lisière forêt-savane : Régénération naturelle de la forêt dans la formation herbacé Stratification des plantes de la forêt à Bombo Lumene. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(7) : 3378-3389. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.32>

Makumbelo EC, Lukoki LF, Beesi KH, Lungiambudila MO, Lejoly J. 2020. Valorisation de la Lisière Forêt-Savane : Caractéristiques et Evolution à Bombo

- Lumene, R.D. Congo. *Congo Sciences*, **8**(2) : 128-134. International journal en ligne de l'ACASTI et de CEDESURK ACASTI and CEDESURK Online. <http://www.congosciences.org>.
- Makumbelo E, Lukoki L, Belesi K, Lungiambudila MO. 2020. Modèle LIFOSA 17 : outil d'analyse de la dynamique de la forêt. *Congo Sciences*, **8**(3) : 104-111. International journal en ligne de l'ACASTI et de CEDESURK ACASTI and CEDESURK Online. <http://www.congosciences.org>.
- Makumbelo E, Lukoki L, Belesi K, Lungiambudila MO. 2023. Etude de la dynamique de la biocénose par différents indices : Caractéristiques écologiques, Evolution et Régénération naturelle de la forêt à Bombo Lumene (RD Congo). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **17**(4) : 1541-1556. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i4.20>
- Nakouana T, Kadio ANK, A Koua TMK, Yâo SSB. 2023. Dynamique spatio-temporelle des parcs agroforestiers dans la zone soudanienne de la Côte d'Ivoire de 1990 à 2020 en contexte d'expansion de l'amacarde. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **17**(2) : 484-504. DOI : <https://dx.doi.org/10.314/ijbcs.v17i2.16>.
- N'dri AB, Fonbge M, Soro TD, Gignoux J, Kone M, Dosso K, N'Dri JK, Barot S. 2018. Principaux indices de l'intensité du feu dans une savane Guinéenne d'Afrique de l'Ouest. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(1): 288-274. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.21>
- Noet et Rousseau.Sd en ligne. <https://apmep.fr/IMG/pdf/Nodet-Rousseau-2.pdf> consulté le 19 octobre 2017.
- Ramade F. 2008. *Dictionnaire Encyclopédique des Sciences de la Nature et de la Biodiversité*. Ed. DUNOD : Paris.
- Wong JL, Thorntner K, Baker N. 2001. 13 Evaluation des ressources en produits forestiers non ligneux Expérience et principes de la biométrie Produits forestiers non ligneux. FAO, Italie, Rome.