



## **Forêt sous pression : analyse spatio-temporelle de la déforestation dans la Réserve de Biosphère de Luki (Kongo-Central, RDC) de 1987 à 2020**

### **Forest Under Pressure: Spatio-Temporal Analysis of Deforestation in the Luki Biosphere Reserve (Kongo Central, Democratic Republic of the Congo) from 1987 to 2020**

Rébecca KITAMBO BONDELE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Master en Aménagement des écosystèmes et Enseignante-chercheuse à la Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université Officielle d'Uvira en République Démocratique du Congo.

**Résumé :** La Réserve de Biosphère de Luki (RBL), dernier vestige majeur du massif forestier du Mayombe congolais, connaît une déforestation croissante qui menace son intégrité écologique. Cette étude analyse les dynamiques spatio-temporelles de l'occupation et de l'utilisation des terres entre 1987 et 2020 à partir de la classification supervisée d'images satellitaires Landsat (1987, 2002 et 2020), traitées à l'aide des logiciels ENVI 5.0, QGIS 3.16 et ArcGIS 10.5. Trois classes d'occupation du sol ont été identifiées : la forêt primaire, la forêt secondaire, ainsi que les cultures et jachères.

Les résultats révèlent une diminution significative de la couverture forestière primaire, dont la superficie est passée de 22 328,1 ha (72 % de la réserve) en 1987 à 6 735,5 ha (21 %) en 2020, soit une perte de plus de 15 000 ha sur une période de 33 ans. À l'inverse, les cultures et jachères, inexistantes en 1987, représentent désormais 31 % de la superficie totale de la réserve. Les taux annuels de déforestation de la forêt primaire, calculés selon la méthode de Catalan (1991), ont atteint 3,80 % entre 1987 et 2002 et 1,64 % entre 2002 et 2020, des valeurs nettement supérieures aux moyennes nationales estimées entre 0,2 % et 0,3 %.

L'analyse des matrices de transition met en évidence une dégradation progressive des écosystèmes forestiers, caractérisée par la conversion de la forêt primaire en forêt secondaire, puis en terres agricoles. Cette dynamique est principalement due à la croissance démographique, à l'agriculture itinérante sur brûlis, à la production de charbon de bois et à l'accessibilité des zones forestières. Ces résultats soulignent la nécessité de renforcer les stratégies de conservation en combinant le suivi par télédétection satellitaire et une gestion participative impliquant les communautés locales.

**Mots-clés :** Déforestation, télédétection, dynamique spatio-temporelle, occupation du sol, Réserve de Biosphère de Luki, Landsat.

**Digital Object Identifier (DOI):** <https://doi.org/10.5281/zenodo.21280863>

## 1 Introduction

Les forêts tropicales jouent un rôle fondamental dans la régulation du climat mondial et le maintien de la biodiversité planétaire. Elles emmagasinent environ 55 % de la biomasse totale du carbone et leur destruction contribue à hauteur de 11 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (Solomon et al., 2007 ; François et al., 2013). À l'échelle mondiale, la FAO (2005) estimait la disparition annuelle des forêts à plus de 13 millions d'hectares entre 2000 et 2005, principalement en Amérique du Sud, en Asie du Sud-Est et dans le Bassin du Congo. En Afrique, entre 1990 et 2005, le continent a perdu plus de 9 % de sa superficie forestière (FAO, 1999). La République Démocratique du Congo, qui abrite la deuxième plus vaste forêt tropicale du monde avec environ 145 millions d'hectares, soit 62 % de son territoire national, n'échappe pas à cette tendance (MECNT, 2004). Son taux annuel de déforestation, estimé entre 0,2 et 0,6 % à l'échelle nationale (Duveiller et al., 2008), masque des pressions locales beaucoup plus intenses, notamment dans les écorégions à forte densité de population.

La Réserve de Biosphère de Luki (RBL), située dans la province du Kongo-Central et reconnue par l'UNESCO depuis 1979, constitue l'un des derniers vestiges du massif forestier du Mayombe congolais. Malgré son statut de protection, elle est soumise à de fortes pressions anthropiques liées à l'agriculture itinérante sur brûlis, à la carbonisation et à l'exploitation forestière illégale (Tsomikina Ilunga, 2010). Or, les transformations du couvert forestier de cette réserve restent insuffisamment documentées sur le long terme, ce qui compromet la mise en place de stratégies de conservation efficaces. Face à des prévisions tablant sur une disparition de 40 % des forêts du Congo d'ici 2050 (Anonyme, 2007), il devient urgent de quantifier objectivement l'ampleur et la vitesse de cette déforestation pour orienter les décisions de gestion.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, dont l'objectif général est d'évaluer la dynamique spatio-temporelle du couvert forestier de la RBL entre 1987 et 2020 par télédétection satellitaire. De manière spécifique, il s'agit de cartographier l'évolution des classes d'occupation du sol aux trois dates d'analyse, de calculer les taux de déforestation intervenus entre les différentes périodes d'observation et d'analyser les transitions entre classes forestières à travers les matrices de transition.

## 2 Matériel et Méthodes

### 2.1 Localisation du site d'étude

La Réserve de Biosphère de Luki (RBL) fait partie du massif forestier du Mayombe congolais. Elle est située dans la province du Kongo-Central, à 120 km de l'océan Atlantique. Géographiquement, elle est comprise entre les latitudes 05°30' et 05°43' Sud et les longitudes 13°04' et 13°17' Est, avec une altitude variant entre 150 et 600 m (Lubini, 1997). Elle couvre une superficie totale d'environ 33 000 ha et est traversée du Nord-Est au Sud-Ouest par le bassin hydrographique de la rivière Luki.

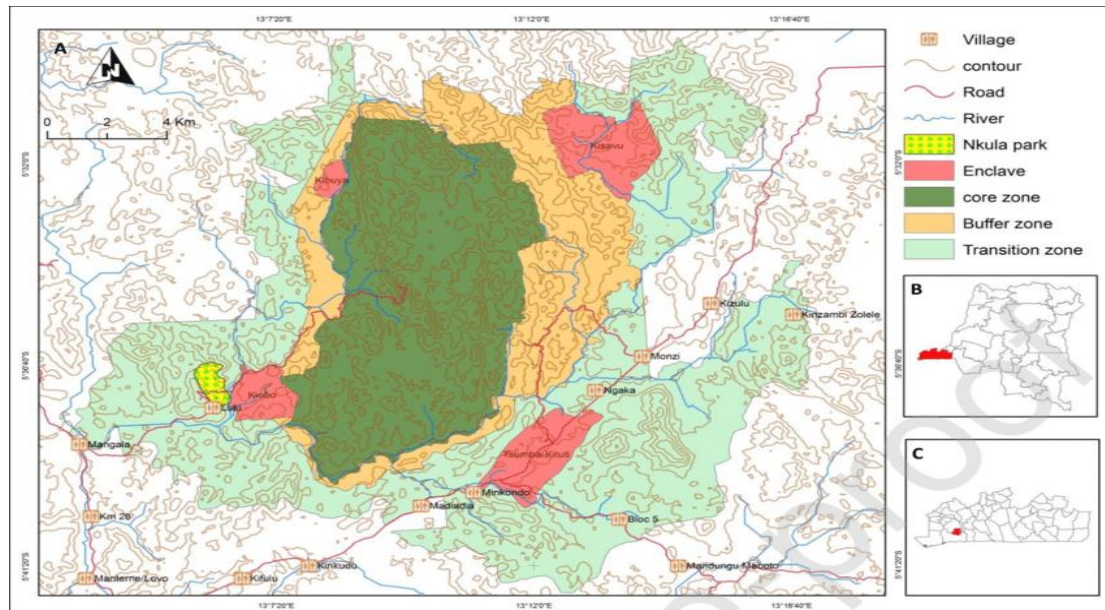


Figure 1: Carte de localisation du site d'étude (V. Deklerck et al., 2021).

## 2.2 Données et méthodes

Les images satellitaires utilisées dans cette étude sont des images Landsat de 30 m × 30 m de résolution spatiale, téléchargées gratuitement sur le site de l'United States Geological Survey (USGS) à l'adresse <http://earthexplorer.usgs.gov>. Trois dates d'acquisition ont été retenues pour couvrir la période d'analyse :

- 1987 : image issue du capteur TM (Thematic Mapper) du satellite Landsat 5 ;
- 2002 : image issue du capteur ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) du satellite Landsat 7 ;
- 2020 : image issue du capteur OLI-TIRS (Operational Land Imager) du satellite Landsat 8.

Le traitement de ces images a nécessité le recours à plusieurs logiciels spécialisés. ENVI 5.0 a été utilisé pour la composition colorée et la classification supervisée des images. QGIS 3.16 et ArcGIS 10.5 ont permis la production des shapefiles et la cartographie finale de l'occupation du sol. Microsoft Excel 2010 a servi au traitement statistique des données et à la représentation graphique des résultats.

### 2.2.1. Prétraitement des images

Avant toute analyse, les images ont subi plusieurs opérations de prétraitement visant à améliorer leur lisibilité et à faciliter leur interprétation. La première opération a consisté en l'assemblage des bandes spectrales pour produire des images multi-spectrales. Des compositions colorées ont ensuite été réalisées en combinant les bandes spectrales les plus pertinentes pour la discrimination de la végétation : les bandes 3, 4 et 5 pour les images Landsat 5 et 7, et les bandes 4, 5 et 6 pour les images Landsat 8.

### 2.2.2. Classification supervisée des images

La classification des images a été réalisée à l'aide de la méthode de classification supervisée sous le logiciel ENVI 5.0, selon l'algorithme du maximum de vraisemblance (Maximum

Likelihood). Trois classes d'occupation du sol ont été définies sur la base de la réalité terrain et de l'interprétation visuelle des compositions colorées :

- **Forêt primaire** : forêts denses humides de basse et moyenne altitude, caractérisées par une grande hétérogénéité floristique et une canopée fermée ;
- **Forêt secondaire** : formations forestières en phase de régénération, succédant aux perturbations d'origine anthropique ;
- **Champs et jachères** : étendues de terres utilisées à des fins agricoles et temporairement laissées en repos.

La séparabilité spectrale entre les classes a été vérifiée par le calcul des indices de Divergence Transformée de Jeffries-Matusita. Les valeurs obtenues supérieures à 1,9 pour la majorité des paires de classes confirment une bonne séparabilité spectrale et garantissent la fiabilité de la classification. La classification rétrospective des images de 1987 et 2002 a été réalisée en utilisant l'image de 2020 comme référence, en sélectionnant des zones d'entraînement correspondant à des pixels jugés invariants sur l'ensemble de la période d'analyse.

### 2.2.3. Calcul du taux de déforestation

Le taux annuel de déforestation a été calculé selon la formule de Catalan (1991) :

$$r = (1 - (S_2/S_1)^{1/t}) \times 100$$

Où  $S_1$  est la superficie de la classe forestière à la date initiale,  $S_2$  la superficie à la date finale, et  $t$  le nombre d'années séparant les deux dates. La qualification des taux obtenus s'est basée sur la grille proposée par Catalan (1991) : taux bas (< 0,5 %), moyen (0,5–1,5 %), haut (1,5–3,0 %) et très haut (> 3,0 %).

### 2.2.4. Analyse par matrices de transition

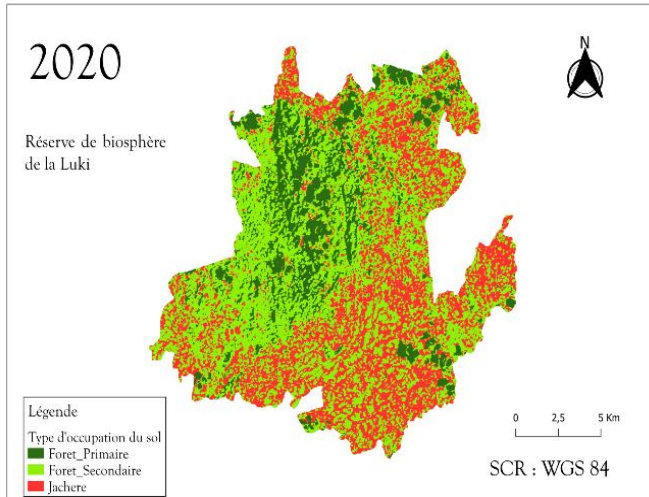
Les matrices de transition ont été produites par superposition des cartes d'occupation du sol des différentes dates. Elles permettent de quantifier les superficies ayant changé de classe d'une période à l'autre, d'identifier les directions de conversion dominantes et d'évaluer la dynamique globale du paysage forestier sur la période d'étude (Bell, 1974 ; Turner, 1988).

## 3 Résultats

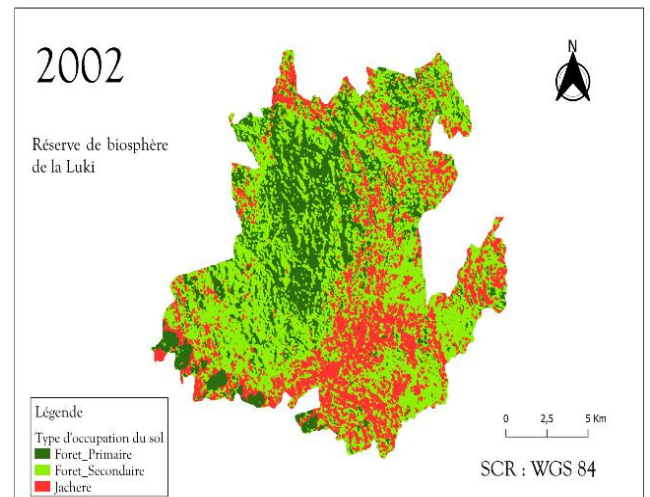
### 3.1 Cartographie de la dynamique de l'occupation du sol de la RBL

Les traitements des images Landsat de 1987, 2002 et 2020 ont abouti à la production de trois cartes d'occupation du sol de la Réserve de Biosphère de Luki.

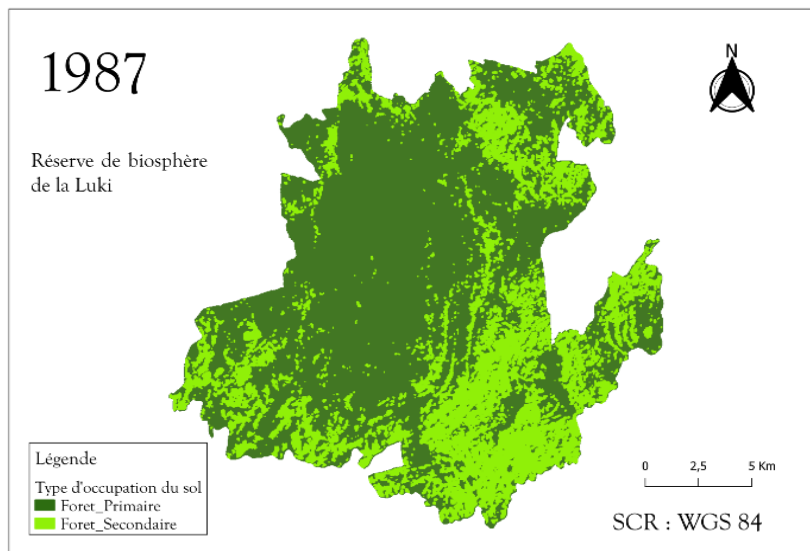
Trois classes d'occupation du sol ont été identifiées lors de la classification supervisée : la forêt primaire, la forêt secondaire et les champs et jachères. L'analyse visuelle de ces cartes multi-dates laisse apparaître des fluctuations importantes, allant de la régression à la progression selon les classes considérées.



**Figure 2 :** Carte de l'occupation du sol de la réserve de biosphère de Luki (2020)



**Figure 3 :** Carte de l'occupation du sol de la réserve de biosphère de Luki (2002)



**Figure 4 :** Carte de l'occupation du sol de la réserve de biosphère de Luki (1987).

Les figures ci-dessus renseignent une dominance nette de la forêt primaire en 1987, occupant plus de 72 % de la superficie totale de la réserve. Cette dominance s'érode progressivement au fil du temps au profit des forêts secondaires et surtout des champs et jachères, dont la progression témoigne de l'intensification des pressions anthropiques au sein de la RBL.

## 3.2 Évolution de l'occupation du sol entre 1987 et 2020

### 3.2.1 Superficie des classes d'occupation du sol

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des superficies des différentes classes d'occupation du sol aux trois dates d'analyse.

**Tableau 1.** Occupation du sol synchronisée dans la zone d'étude (en ha)

Occupation du sol	1987	2002	2020
Forêt Primaire	22328,1 (72%)	9568 (30%)	6735,5 (21%)
Forêt Secondaire	8810,6 (28%)	15684,2 (50%)	15360,6 (48%)
Jachère		5721,4(20%)	8848,3 (31%)
<b>Total général</b>	<b>31139</b>	<b>30974</b>	<b>30944,5</b>

Ces données révèlent une tendance générale à la régression des classes forestières au profit des champs et jachères. La forêt primaire a perdu 15 592,6 ha entre 1987 et 2020, soit une réduction de son étendue de 72 % à seulement 21 % de la superficie totale de la réserve. Parallèlement, la classe des champs et jachères, inexistante en 1987, occupe 31 % de la superficie totale en 2020, traduisant une intensification progressive des activités agricoles et de la pression anthropique au cœur de la réserve.

La forêt secondaire, quant à elle, a connu une forte progression entre 1987 et 2002, passant de 8 810,6 ha à 15 684,2 ha, avant de connaître une légère régression entre 2002 et 2020, perdant 323,6 ha. Cette dynamique s'explique par le fait que la forêt secondaire représente dans un premier temps une phase de régénération des zones anciennement déboisées, avant d'être à son tour convertie en champs et jachères lors d'une nouvelle vague de défrichement.

## 3.3 Évolution des différentes classes forestières dans la Réserve de Biosphère de Luki

Les figures ci-dessous révèlent l'évolution des différentes classes d'occupations du sol entre 1987 (Année 1), 2002 (Année 2) et 2020 (Année 3) :

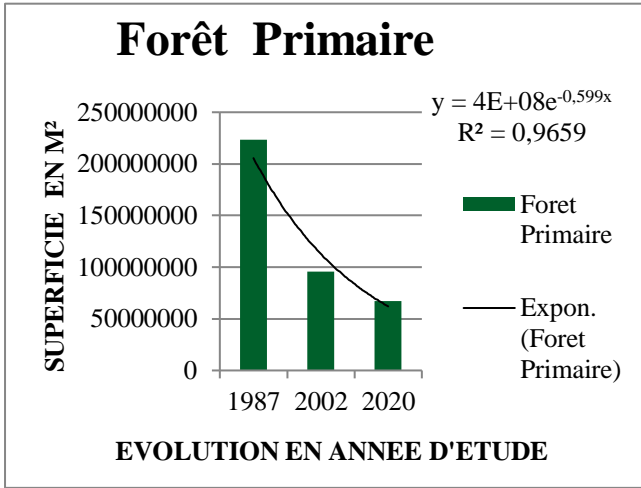


Figure 5 : L'évolution de la forêt primaire

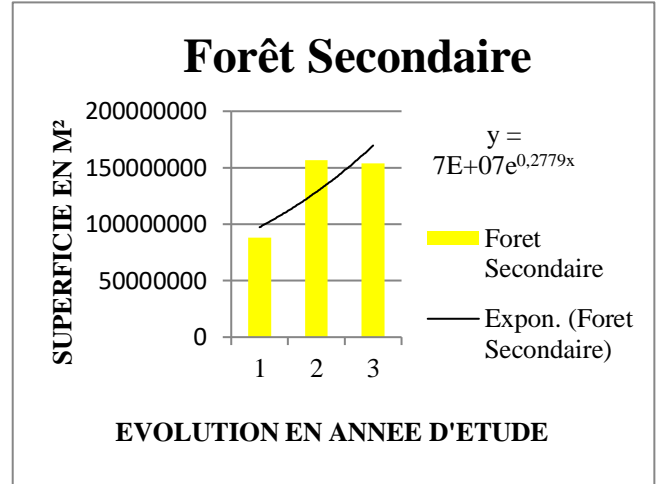


Figure 6 : L'évolution de la forêt secondaire

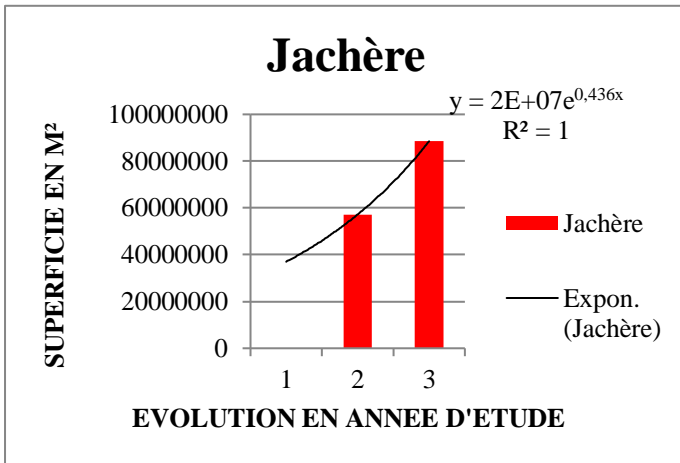


Figure 7 : L'évolution de la jachère

La forêt primaire enregistre la régression la plus marquée sur l'ensemble de la période d'étude. Elle passe de 22 328,1 ha en 1987 à 9 568 ha en 2002, puis à 6 735,5 ha en 2020. Cette trajectoire exponentielle décroissante, avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,9459$ , confirme une tendance structurelle à la destruction du couvert forestier primaire de la RBL, indépendamment des fluctuations interannuelles. La perte la plus importante est enregistrée entre 1987 et 2002, période durant laquelle la forêt primaire a perdu 12 760,1 ha, soit près de 57 % de sa superficie initiale en seulement 15 ans.

Contrairement à la forêt primaire, la forêt secondaire suit une trajectoire croissante entre 1987 et 2002, passant de 8 810,6 ha à 15 684,2 ha, soit un gain de 6 873,6 ha. Cette progression s'explique par la conversion progressive d'une partie de la forêt primaire en forêt secondaire sous l'effet des perturbations anthropiques. Entre 2002 et 2020, la forêt secondaire enregistre une légère régression de 323,6 ha, les zones de forêt secondaire étant à leur tour converties en champs et jachères.

La classe des champs et jachères, absente en 1987, apparaît en 2002 avec une superficie de 5 721,4 ha, représentant 20 % de la superficie totale de la réserve. En 2020, cette classe atteint 8 848,3 ha soit 31 % de la superficie totale. Cette progression continue et soutenue, avec une tendance exponentielle croissante ( $R^2 = 1$ ), traduit l'expansion permanente des activités

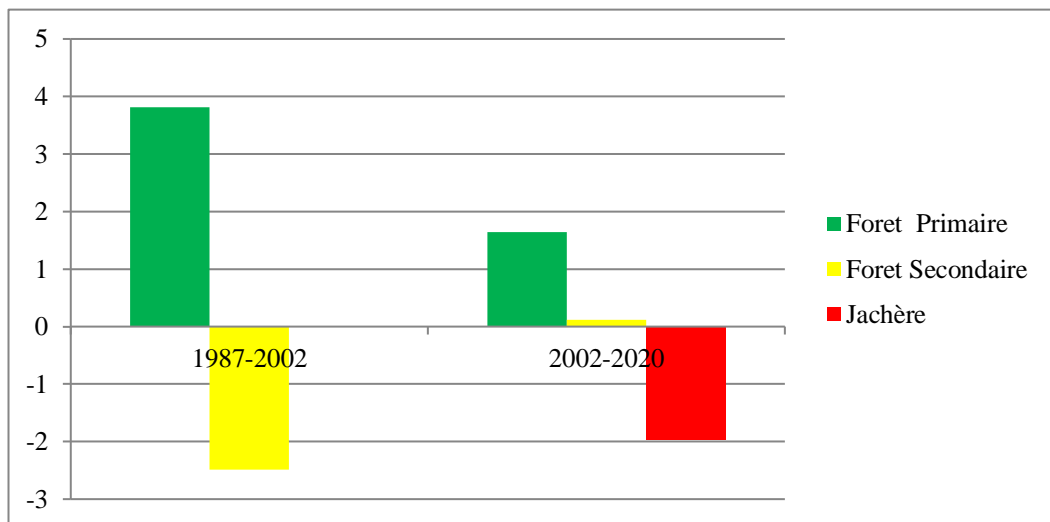
agricoles et la conversion irréversible des écosystèmes forestiers en terres cultivées au sein de la réserve.

### 3.4 Taux de déforestation

Le tableau et la figure ci-dessous révèlent le taux de déforestation dans la RBL au cours de la période d'étude.

**Tableau 2.** Taux de déforestation par classe et par période (%)

Classes	1987-2002	2002-2020	1987-2020
<b>FORET PRIMAIRE</b>	<b>3.80</b>	<b>1.64</b>	<b>2.14</b>
<b>FORET SECONDAIRE</b>	<b>- 2.48</b>	<b>0.11</b>	<b>- 2.2</b>
<b>TOTAL TAUX</b>	<b>1.32</b>	<b>1.75</b>	



**Figure 8 :** Evolution du taux de déforestation dans la Réserve de Biosphère de Luki

Pour la forêt primaire, le taux de déforestation est de 3,80 % entre 1987 et 2002, ce qui correspond à la qualification « plus haute » selon la grille de Catalan (1991), indiquant une déforestation particulièrement sévère durant cette période. Entre 2002 et 2020, ce taux diminue à 1,64 %, entrant dans la catégorie « haute », mais demeure préoccupant. Sur l'ensemble de la période 1987-2020, le taux moyen s'établit à 2,14 %, confirmant une déforestation de niveau élevé et persistant.

Concernant la forêt secondaire, le taux négatif de -2,48 % entre 1987 et 2002 traduit non pas une déforestation mais une progression nette de cette classe, résultant de la régénération forestière sur les zones anciennement perturbées. Entre 2002 et 2020, ce taux rejoint presque zéro (0,11 %), signifiant que la forêt secondaire se stabilise mais commence à régresser sous l'effet des nouvelles pressions anthropiques.

Ces taux de déforestation élevés seraient dus à l'accroissement de la population riveraine et à la recherche de nouvelles terres pour compenser la baisse des rendements agricoles sur les

terres anciennes, en dépit du statut juridiquement protégé de la réserve. Par ailleurs, les tendances de la RBL semblent supérieures aux moyennes nationales qui oscillent entre 0,2 et 0,3 % selon l'Observatoire Satellital des Forêts d'Afrique Centrale (GTCR, 2012 ; OFAC, 2012), ce qui témoigne d'une pression anthropique particulièrement intense dans cette écorégion.

### 3.5 Matrices de transition des classes d'occupation du sol

#### 3.5.1 Matrice de transition entre 1987 et 2002

Tableau 3 : Matrice de transition 1987-2002 (en ha)

	2002				
	Classes	Forêt Primaire	Forêt Secondaire	Jachère	TOTAL
1987	Forêt Primaire	11230,2	5738,5	4686,1	21655
	Forêt Secondaire	861,4	4197,1	3362,5	8421,2
	TOTAL	9022,8	15038	6015,2	30076

L'analyse de cette matrice révèle que sur les 21 655 ha occupés par la forêt primaire en 1987, seulement 11 230,2 ha sont restés forêt primaire en 2002, soit 51,86 % de la superficie initiale. Par ailleurs, 5 738,5 ha ont été transformés en forêt secondaire et 4 686,1 ha ont été convertis en champs et jachères. De son côté, la forêt secondaire a perdu 3 362,5 ha au profit des champs et jachères, tandis que 861,4 ha se sont régénérés en forêt primaire. Ces résultats indiquent que durant cette période, la dynamique dominante est celle de la dégradation progressive : la forêt primaire se transforme en forêt secondaire, qui se convertit à son tour en champs et jachères.

#### 3.5.2 Matrice de transition entre 2002 et 2020

Tableau 4 : Matrice de transition 2002-2020 (en ha)

	2020				
	Classes	Forêt primaire	Forêt secondaire	Jachère	TOTAL
2002	Forêt Primaire	2002	8449,6	4709,3	15161
	Forêt Secondaire	4370	3914,6	1026,6	9311,2
	Jachère	180,2	2570,5	2815,1	5566
TOTAL		6552	14935	8551,1	30038,2

Entre 2002 et 2020, sur les 15 161 ha de forêt primaire recensés en 2002, seulement 2 002 ha soit 13,2% ont conservé leur caractère de forêt primaire en 2020. Ainsi, 8 449,6 ha soit 55,7% se sont transformés en forêt secondaire et 4 709,3 ha soit 31% en champs et jachères. Un phénomène notable est la transformation de 4 370 ha soit 47% de forêt secondaire en forêt primaire, ce qui pourrait s'expliquer par une régénération naturelle dans certaines zones moins accessibles. Cependant, la tendance générale reste à la dégradation, avec une expansion continue des champs et jachères qui passent de 5 566 ha soit 18,5% à 8 551,1 ha soit 28,4% sur cette période.

## **4. Discussion**

### **4.1. Dynamique de l'occupation du sol**

L'analyse diachronique étalée sur une période de 33 ans (1987-2020) confirme un dynamisme important des classes forestières au sein de la RBL. La forêt primaire a connu depuis 1987 une régression progressive et continue de sa superficie, au profit d'abord des forêts secondaires, puis des champs et jachères. Ces résultats sont en accord avec ceux de Tshomba (2016), qui a défini cinq classes d'occupation du sol dans la réserve de biosphère de Yangambi et a trouvé des situations similaires de régression forestière. Ces deux réserves, comme la majorité des aires protégées de la RDC, subissent de fortes pressions anthropiques qui se traduisent par un changement progressif d'occupation du sol tendant vers la régression des classes forestières.

### **4.2. Taux de déforestation**

Le taux de déforestation a varié selon les classes d'occupation du sol et les périodes considérées. La régression plus importante de la forêt primaire entre 1987 et 2002 coïncide avec une période de forte instabilité politique et de faiblesse des institutions de gestion des ressources naturelles en RDC, qui a favorisé l'exploitation anarchique des ressources forestières. Entre 2002 et 2020, bien que le taux de déforestation de la forêt primaire diminue, il demeure à un niveau préoccupant.

La Réserve de Biosphère de Luki n'est pas la seule aire protégée à connaître ces tendances. La réserve forestière de Yoko a enregistré un taux de déforestation de 0,18 % entre 2001 et 2010 (Ntumba, 2013), et Bamba (2010) a relevé une ampleur considérable de la déforestation dans la région de Kisangani. Cependant, les taux enregistrés dans la RBL demeurent nettement supérieurs à ces références, ce qui s'explique par la forte pression démographique et la proximité des axes routiers Matadi-Boma et Boma-Tshela qui facilitent l'accès à la réserve et favorisent son exploitation abusive.

### **4.3. Matrices de transition**

L'analyse des matrices de transition confirme que toutes les classes d'occupation du sol ont subi des transitions importantes durant les 33 ans d'observation. La tendance dominante est celle d'une dégradation en cascade : la forêt primaire se transforme progressivement en forêt secondaire, qui se convertit à son tour en champs et jachères. Cette réduction des écosystèmes forestiers est également relevée par de nombreuses études en zone tropicale (Paré, 2008 ; Sawadogo, 2008) et particulièrement en RDC (Bamba et al., 2008 ; Mikwa, 2010 ; Kambale, 2020). Elle serait principalement due à l'accroissement de la population riveraine à la recherche de nouvelles terres agricoles et à la demande croissante en bois-énergie pour approvisionner les centres urbains voisins.

## **5. Conclusion et Recommandations**

La Réserve de Biosphère de Luki, fleuron du massif forestier du Mayombe congolais et reconnue par l'UNESCO depuis 1979, traverse une crise écologique silencieuse mais profonde. Les résultats de cette étude le confirment sans équivoque : en l'espace de 33 ans, cet écosystème forestier d'exception a perdu plus des deux tiers de sa forêt primaire, passant de 72 % à 21 % de couverture forestière primaire entre 1987 et 2020. Ce constat est d'autant plus alarmant que cette dégradation se produit au sein même d'une aire officiellement protégée, censée préserver l'intégrité de ses écosystèmes.

Ce que révèle véritablement cette étude, au-delà des chiffres, c'est l'échec relatif des mécanismes de protection en place face à la réalité des pressions humaines. Le statut juridique

de la réserve n'a pas suffi à enrayer une déforestation dont les taux dépassent largement les moyennes nationales et régionales. Cela pose avec acuité la question de l'efficacité des politiques de conservation classiques qui se contentent de délimiter des espaces protégés sans s'attaquer aux causes profondes de la déforestation, notamment la pauvreté, la croissance démographique et l'absence d'alternatives économiques viables pour les communautés riveraines.

Par ailleurs, la dynamique de dégradation en cascade observée où la forêt primaire se transforme en forêt secondaire avant d'être convertie en champs et jachères traduit un processus irréversible à court terme. Chaque hectare de forêt primaire perdu représente non seulement une perte de biodiversité, mais aussi une réduction des services écosystémiques vitaux que cette forêt fournit : régulation du cycle de l'eau, stockage du carbone, protection des sols et maintien du microclimat local.

La télédétection satellitaire s'est avérée un outil indispensable et performant pour objectiver cette dynamique sur le long terme. Elle offre une fenêtre d'observation unique sur des écosystèmes souvent difficiles d'accès et constitue désormais un pilier incontournable de toute stratégie de suivi et de gestion forestière en zone tropicale.

En définitive, la trajectoire actuelle de la RBL appelle à une rupture profonde dans les approches de conservation. Protéger la forêt de Luki ne peut plus se limiter à des interdictions et des délimitations cartographiques. Cela exige une vision intégrée, qui réconcilie conservation et développement local, science et politique, urgence écologique et justice sociale. Sans ce changement de paradigme, les forêts qui subsistent aujourd'hui risquent de ne plus être qu'un souvenir cartographique pour les générations futures.

## REFERENCES

- [1] ANONYME (2007). Déclarations de Bruxelles sur la forêt du Congo : enjeux et perspectives à l'horizon 2050. Bruxelles, 18 p.
- [2] BAMBA I., MAMA A., NEUBA D.F.R., KOFFI K.J., TRAORE D., VISSER M., OSAREMWINDA I.G., JORDAAN M., SANOGO S. & BOGAERT J. (2008). Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Congo Central (R.D. Congo). *Sciences & Nature*, 5(1), 49-60.
- [3] BELL E.J. (1974). Markov analysis of land use change: an application of stochastic processes to remotely sensed data. *Socio-Economic Planning Sciences*, 8(6), 311-316.
- [4] CATALAN J. (1991). Méthodes de calcul et de quantification des taux de déforestation en zone tropicale. *Bois et Forêts des Tropiques*, 229, 35-48.
- [5] DUVEILLER G., DEFOURNY P., DESCLÉE B. & MAYAUX P. (2008). Deforestation in Central Africa: Estimates and uncertainties from forest cover maps and vegetation dynamics. *Forest Ecology and Management*, 256(3), 174-184.
- [6] FAO (1999). Situation des forêts du monde. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, 154 p.
- [7] FAO (2005). Evolution des ressources forestières mondiales 2005 : Progrès vers la gestion durable des forêts. Etude FAO Forêts n°147, Rome, 320 p.
- [8] FRANÇOIS L., HENROTAY M., QUINIF Y., (2013). Les forêts tropicales et le cycle global du carbone : enjeux et incertitudes. *Geo-Eco-Trop*, 37(1), 1-15.
- [9] KAMBALE M. (2020). Dynamique forestière et changements d'occupation du sol dans les aires protégées de la RDC. Thèse de Doctorat, Université de Kisangani, 195 p.

- [10] LUBINI A. (1997). La végétation de la réserve de biosphère de Luki et ses relations avec les activités humaines. *Geo-Eco-Trop*, 21(1-4), 1-68.
- [11] MECNT (2004). Monographie nationale sur la diversité biologique de la République Démocratique du Congo. Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme, Kinshasa, 204 p.
- [12] MIKWA J.F. (2010). Dynamique de l'occupation du sol dans la réserve forestière de Yoko. Mémoire de DEA, Université de Kisangani, 98 p.
- [13] NTUMBA M. (2013). Analyse diachronique de la déforestation dans la réserve forestière de Yoko de 2001 à 2010. Mémoire de Master, Université de Kisangani, 87 p.
- [14] PARÉ S. (2008). Land use dynamics, tree diversity and local perception of dry forest decline in Southern Burkina Faso, West Africa. Thèse de Doctorat, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 156 p.
- [15] SAWADOGO H. (2008). Dynamique des écosystèmes forestiers au Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, 189 p.
- [16] SOLOMON S., QIN D., MANNING M., CHEN Z., MARQUIS M., AVERYT K.B., TIGNOR M. & MILLER H.L. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, 996 p.
- [17] TSHOMBA K. (2016). Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la réserve de biosphère de Yangambi. Thèse de Doctorat, Université de Kisangani, 203 p.
- [18] TSOMIKINA ILUNGA R. (2010). Étude socio-économique des populations riveraines de la réserve de biosphère de Luki et leur impact sur les ressources forestières. Mémoire de Licence, Université de Kinshasa, 95 p.
- [19] TURNER M.G. (1988). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, 171-197.