

## **Essai de l'utilisation des lichens comme bio indicateurs de la qualité de l'air sur les axes routiers de Kinshasa, République Démocratique du Congo**

**Ruffin NSIELOLO KITOKO<sup>1\*</sup> et Jacques PAGES<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Faculté des Sciences Agronomiques et de Gestion Durable des Ressources Naturelles, Université du Kwango, Laboratoire de Systématique végétale, Biodiversité et Gestion de Ressources Naturelles (LSVB & GRN), Kenge, République Démocratique du Congo*

<sup>2</sup> *Association Biodiversité et Développement, Hameau La Gineste 34610 Rosis, FRANCE*

\* Correspondance, courriel : [nsieloloruffin@gmail.com](mailto:nsieloloruffin@gmail.com)

### **Résumé**

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité de l'air le long des axes routiers de Kinshasa en utilisant les indicateurs Biologiques. Quatre axes routiers sont choisis en fonction de leur circulation motorisée intense, moyenne et faible. La longueur parcourue de chaque axe routier est de 2 km, les lichens corticoles sont utilisés comme bio-indicateurs en vue d'établir la relation entre leur présence ou leur absence d'une part et la circulation automobile d'autre part sur la qualité de l'air. Sur chaque axe routier, le nombre des véhicules en circulation est compté aux heures de pointe. Les résultats ont permis de recenser un total de 19 espèces des lichens, il s'agit de constater que la route de l'ouest à l'Université de Kinshasa (Unikin) montre une diversité spécifique importante de lichens épiphytes avec 12 espèces soit 63,2 %, contre les routes By-pass et Mondjiba faiblement représentés avec 4 espèces de lichens soit 21,1 %, viennent ensuite les boulevards Lumumba et du 30 juin qui n'ont que 3 espèces soit 15,8 %. Les résultats montrent que les arbres le long de la route de l'Ouest à circulation faible, sont entièrement couverts de lichens appartenant à tous les trois groupes des lichens : foliacés, fruticuleux et crustacés, contrairement à ceux des autres axes routiers à circulation intense.

**Mots-clés :** *lichens, bio indicateurs, qualité de l'air, Kinshasa.*

### **Abstract**

#### **Trial use of lichens as bio-indicators of air quality on roads in Kinshasa, Democratic Republic of Congo**

The objective of this study is to assess the air quality along Kinshasa's roads using Biological indicators. Four road axes are chosen according to their intense, average and low motorized traffic. The travelled length of each road axis is 2 km. Cortical lichens are used as bio-indicators in order to establish the relation between their presence or absence on the one hand and the motorized traffic on the other hand on the air quality. On each roadway, the number of vehicles in circulation is counted at peak hours. The results allowed us to count a total of 19 species of lichens. With regard to these results, we note that the western road on the University of Kinshasa (Unikin) shows an important specific diversity of lichens on trees with 12 species or 63.2 %, against the By-pass and Mondjiba roads poorly represented with 4 species of lichens or 21.1 %, then come the Lumumba and June 30 boulevards which have only 3 species or 15.8 %. The results show that the trees along the Western low-traffic road are entirely covered with lichens belonging to all three groups of lichens: foliaceous, fruticular and crustaceous, contrary to those of the other high-traffic roads.

**Keywords :** *lichens, bio-indicators, air of quality, Kinshasa.*

## 1. Introduction

L'air est l'un des éléments essentiels indispensables à la vie des êtres vivants, sa qualité influe beaucoup sur leur métabolisme, les uns sensibles et les autres résistants. La recherche dans le domaine de l'environnement vise à améliorer les connaissances sur l'action des agents physiques, chimiques, biologiques et des facteurs sociologiques qui exercent des effets gênants ou nocifs sur l'homme et ses biens, les animaux, les végétaux ou sur le milieu biotique en général [1]. En ce qui concerne le compartiment atmosphérique, le recours aux organismes bio indicateurs, comme les lichens constitue un outil de moindre coût à privilégier, afin d'obtenir des connaissances supplémentaires sur l'état général de l'environnement du territoire [2]. Cette technique de bio surveillance utilise les organismes vivants qui, exposés à un environnement, réagissent de manière différents soit par leur disparition dans une zone polluée, soit par leur abondance spécifique dans une zone non polluée.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Site d'étude

Créée par Henry Morton Stanley en 1881, la ville de Kinshasa s'étend aujourd'hui sur une superficie de 9.965 km<sup>2</sup>, soit 0.42 % du territoire national (**Figure 1**). Elle est située à l'ouest du pays entre 4 et 5 degrés de latitude Sud et entre 15 et 16 degrés de longitude Est. Elle est limitée à l'Est par la province du Kwango, au Sud par celle du Kongo-central, au Nord-Ouest et à l'Ouest par le fleuve Congo formant ainsi la frontière liquide naturelle avec la République du Congo Brazzaville. Le relief de Kinshasa est formé d'un grand plateau, d'une chaîne de collines, d'une plaine et de marécages aux abords du Fleuve Congo. La situation générale de température moyenne mensuelle supérieure est de 26,1° C en mars avec une moyenne mensuelle inférieure de 22,5° C en juillet [2 - 4]. Son climat est tropical humide du type Aw<sub>4</sub> selon la classification de Köppen et connaît des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 1500 mm [5]. Administrativement, Kinshasa est subdivisée en quatre districts (arrondissements) dont Tshangu, Lukunga, Funa et Mont-amba. Ces distincts éclatent 24 communes qui sont : Gombe, Kinshasa, Barumbu, Lingwala, Kasa-vubu, Bandalungwa, Selembao, Bumbu, Ngaliema, Ngiri-ngiri, Kintambo, Limeté, Lemba, Ngaba, Makala, Mont-ngafula, Matete, Kinsenso, Kalamu, N'djili, Masina, Kimbanseke, N'sele et Maluku [6].

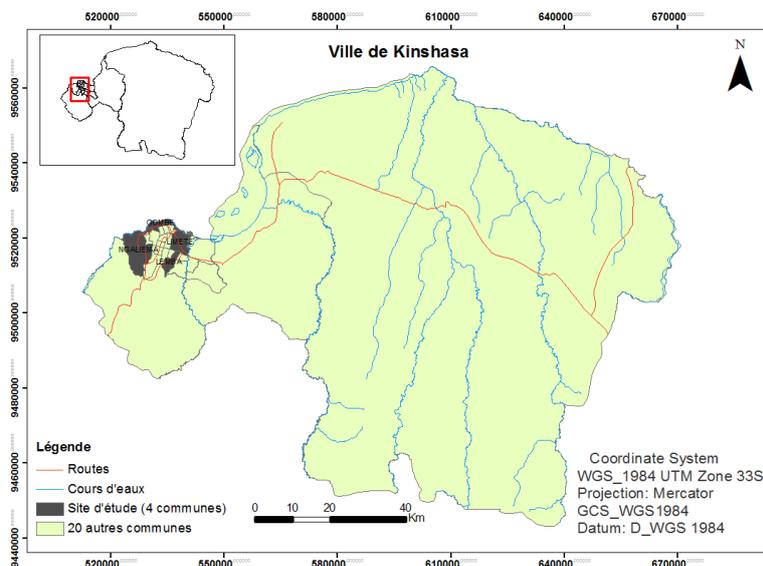


Figure 1 : Ville de Kinshasa

## 2-2. Choix du site

Notre étude a été réalisée sur 5 axes routiers et 4 communes :

- le premier axe routier est la route de l'Ouest à l'université de Kinshasa (UNIKIN) partant du trafic (1<sup>er</sup> poteau électrique) jusqu'au plateau des professeurs au niveau de la maison O<sub>15</sub> dans la commune de Lemba ;
- le deuxième axe routier comprend la route By-pass partant du rond-point Ngaba jusqu'au niveau de Lemba-Echangeur (station ELF) dans la commune de Lemba ;
- le troisième axe routier est le boulevard Lumumba, le tronçon qui va de la 16<sup>ème</sup> rue jusqu'au niveau de la 1<sup>ère</sup> Rue dans la commune de Limete ;
- le quatrième axe routier est le boulevard du 30 juin dans la commune de Gombe, nous l'avons parcouru de la gare centrale jusqu'au rond-point Socimat, vient enfin ;
- le cinquième axe qui est la route Mondjiba qui relie la commune de Ngalièma à celle de Kitambo partant de Magasin au rond-point Socimat.

La longueur de chaque tronçon routier étudié est d'environ 2 Km. Le boulevard Lumumba et le boulevard du 30 juin ont été choisis à cause de la forte concentration des véhicules et leur intense circulation, suivi de la route Mondjiba et By-pass. A l'opposé, la route de l'Ouest a été choisie parce qu'elle présente des caractéristiques inverses, c'est-à-dire une faible circulation motorisée. Pour chaque axe routier, le comptage des véhicules a été fait aux heures de pointe (le matin et le soir) pendant environ 1 heure 30 minutes soit toutes les 15 minutes avec intervalle de 10 minutes, une moyenne a été calculée pour chaque axe. Ceci a permis, d'évaluer le degré de pollution le long de ces axes routiers, en rapport avec l'évolution de la flore lichénologique sur les arbres et d'établir un rapport, entre la circulation motorisée et son influence sur les lichens le long des axes routiers de la ville de Kinshasa.

## 3. Méthodes d'étude

Les différentes espèces des lichens corticoles colonisant les troncs des arbres le long des axes routiers constituent les matériels biologiques. Pour les récolter sur terrain, les matériels ci-après ont été emportés : une loupe de grossissement 10x, un appareil de photo numérique de marque Olympus 331, une clé de détermination des différentes espèces des lichens, fascicule enseignants des lichens en branches (Fruticuleux), des lichens en feuilles (Foliacés) et des lichens en croûtes (Crustacés) [7 - 9] et un couteau (type stainless) pour soulever les thalles des lichens. La méthodologie utilisée est celle de la bio indication, elle consiste à examiner les changements de comportement des lichens, tels que leur abondance, leur diversité, leur performance écologique ou leur morphologie [10, 11], une méthode visuelle qui utilise les lichens corticoles ; de manière à apprécier globalement la qualité de l'air avec les indices spécifiques. Pour déterminer les indices de la qualité de l'air, la méthode simplifiée des ingénieurs écologues VDI - 3799-1995 a été utilisée. Ces indices ont été exprimés en chiffre romain (I, II, III, IV, V) en vue d'éviter toute confusion avec les autres méthodes, Haluwyn et Lenond qui utilisent des lettres (A, B, C, D, E, F) et Hawksworth et Rose qui utilisent des chiffres arabes (1, 2,3,...10). Chaque indice est codé par une couleur grâce au regroupement de niveau le plus haut au plus bas de la qualité de l'air [12]. Cette méthode ne donne pas un taux de polluant atmosphérique mais permet de déterminer un indice de biodiversité lichénique en relation avec la qualité de l'air. Il s'agit d'une méthode relativement moins coûteuse et pratique, permettant d'apprécier la qualité de l'air de plusieurs sites en comparaison de la couverture lichénique sur les arbres [13].

### 3-1. Analyse des données

Les données collectées ont été saisies à l'aide de Microsoft Excel 2010, les analyses statistiques ont été faites avec les logiciels R studio 3.2.3 et Past 2.01. En vue d'établir la relation qui existe entre qualité de l'air et présence des lichens sur les arbres, l'analyse en composantes principales a été utilisée. Cette statistique a permis, en effet d'établir les corrélations entre les différents paramètres et de mettre en évidence les principales caractéristiques des lichens.

## 4. Résultats

### 4-1. Nombre de véhicules sur les axes routiers

Le nombre de véhicules sur les axes routiers est donné dans le **Tableau 1** ci-dessous.

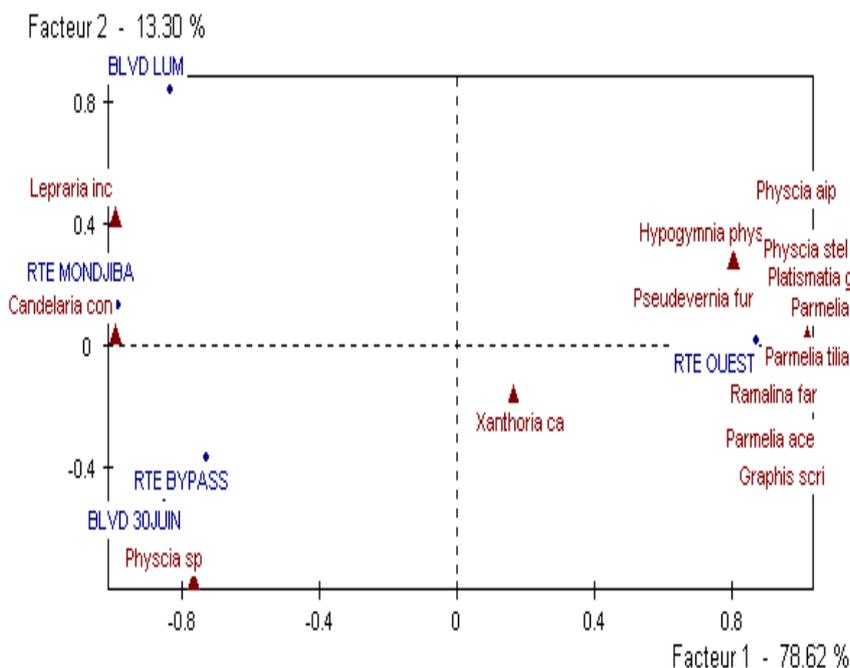
**Tableau 1 : Nombre de véhicules par 15 minutes sur les 5 axes routiers**

Axes Routiers	7h00 - 8h30				16h00 - 17h30				Total	Moyenne
Route de l'Ouest	18	16	9	6	10	8	12	22	101	12,6 ± 5,5
Route By-pass	98	76	105	83	77	123	84	168	814	101,8 ± 31,2
Route Mondjiba	198	190	79	124	92	95	136	148	1062	132,8 ± 44,4
Boulevard Lumumba	296	289	198	202	290	276	369	380	2300	287,5 ± 66,3
Boulevard du 30 juin	308	295	279	280	288	267	280	371	2368	296 ± 32,7

Ces résultats (**Tableau 1**) montrent que le boulevard du 30 juin est le plus motorisé avec une moyenne de  $296 \pm 32,7$  véhicules toutes les 15 minutes par le fait qu'il constitue une sorte d'embouchure où se jettent la quasi-totalité des véhicules qui partent de la périphérie (zone d'habitation) vers le centre-ville (Gombe : commune administrative et centre d'affaire), les heures les plus remarquées en circulation automobiles sont celles du début et de fin de la journée soit 7 heures du matin et 17 heures du soir. Vient en deuxième position le boulevard Lumumba avec  $287,5 \pm 66,3$  véhicules, qui est l'axe le plus long de la ville sur lequel roulent la majorité des véhicules et constitue de ce fait, un pont entre le centre-ville et les communes périphériques, ainsi que la banlieue. La route de l'ouest est la moins fréquentée pour simple raison que les quelques rares véhicules privés font des navettes entre l'université de Kinshasa (Unikin) et le camp des professeurs, par contre les routes By-pass et Mondjiba sont assez fréquentées puisqu'elles constituent les voies d'accès vers le centre-ville.

### 4-2. Nombre de lichens et richesse spécifique sur les arbres le long des axes routiers

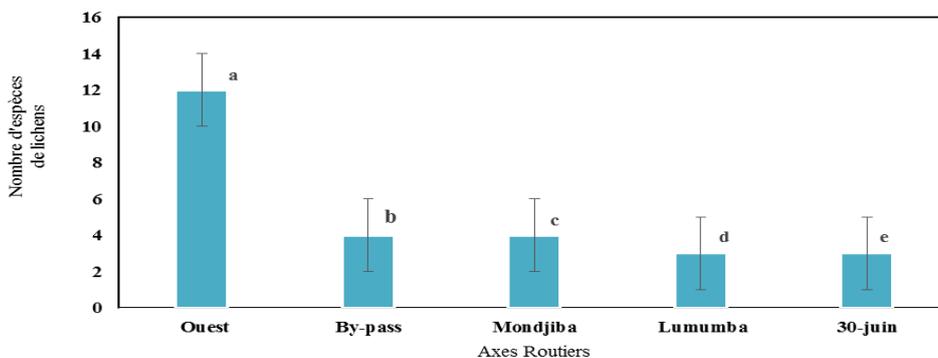
Le nombre et la richesse spécifique de lichens inventoriés sur les axes routiers sont illustrés par les **Figures 2 et 3**.



**Figure 2 :** Répartition d'espèces de lichens sur les axes routiers

**Légende** ● : RTE : Route, BLVD : Boulevard ▲ : Espèce de lichens

Les noms des espèces des lichens étant long, nous avons conservé pour chaque espèce le nom générique et abrégé son épithète spécifique. Le traitement des données par l'analyse en composante principale (**Figure 2**), montre une diversité spécifique importante de lichens sur les arbres le long de la route de l'Ouest (Unikin) où 12 espèces des lichens (63,2 %) appartenant à trois groupes biologiques ont été recensées. De ces trois groupes biologiques, les lichens foliacés sont dominants et totalisent à eux seuls 9 espèces qui sont *Hypogymnia physodes*, *Parmelia acetabulum*, *P. sp.*, *P. tiliacea*, *Physcia aipolia*, *P. sp.*, *P. stellaris*, *Platismatia gluca* et *Xanthoria candelaria*; suivi des lichens fruticuleux représentés par deux individus qui sont *Pseudovernia furfuracea*, *Ramalina farinacea* pour terminer avec les lichens crustacés, faiblement représentés avec une seule espèce, *Graphis scripta*. Les routes By-pass et Mondjiba quant à elles n'ont eu que 4 espèces des lichens (21,1 %) recensés qui sont *Candelaria cancolor*, *Lepraria incana*, *Physcia sp* et *Xanthoria candelaria* appartenant respectivement aux groupes crustacé et foliacé par contre les Boulevards Lumumba et du 30 juin ont été faiblement représentés en espèces de lichens (**Figure 2**) soit trois (15,8 %) qui sont *Candelaria cancolor*, *Lepraria incana*, *Xanthoria candelaria* pour le boulevard Lumumba puis *Lepraria incana*, *Physcia sp* et *Xanthoria candelaria* pour le boulevard du 30 juin.

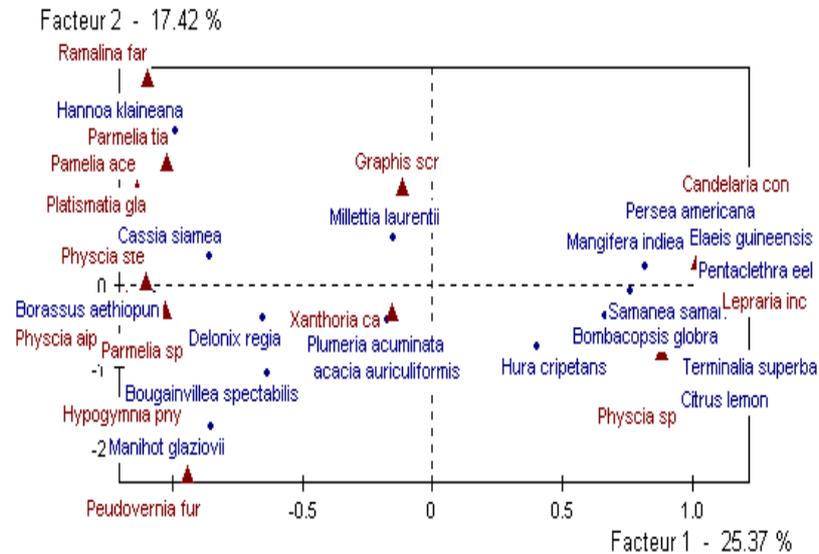


**Figure 3 :** Richesse spécifique des lichens par axes routiers

L'analyse de la variance à un seul facteur est utilisée, le test statistique montre qu'il existe une différence significative entre les cinq axes routiers ( $P = 0,00$ ). Cependant aucune différence significative n'est observée entre les routes By-pass et Mondjiba ( $P = 0,7$ ) de même entre les boulevards Lumumba et 30 juin ( $P = 1$ ).

#### 4-3. Relation entre les lichens et les arbres hôtes

La relation entre les lichens et les arbres hôtes est donnée par la **Figure 4** ci-dessous



**Figure 4 :** Relation entre les lichens et les arbres hôtes

**Légende** ▲ : Espèces de lichens      • : Arbres hôtes

La relation entre les lichens et les arbres hôtes (**Figure 4**) sur les axes routiers étudiés, a permis de constater que sur la route de l'ouest/Unikin, les arbres hôtes sont *Hannoa klaineana*, *Barassus aethiopum*, *Delonix regia*, *Manihot glaziovii*, *Cassia siamea* suivi de *Bougainvillea spectabilis* (Arbuste sarmenteux), lesquels arbres ont été abondamment colonisés par les lichens qui dans la majorité de cas sont les lichens foliacés et fruticuleux (**Photo 1**). Par contre sur les boulevards Lumumba, du 30 juin, route By-pass et Mondjiba, les arbres hôtes rencontrés sont *Persea americana*, *Mangifera indica*, *Elaeis guineensis*, *Samanea saman*, *Hura cripetans*, *Citrus lemon*, *Pentaclethra eetveldiana*, *Bombacopsis glabra* et *Terminalia superba* qui semblent être moins recouverts par la flore lichenique du groupe crustacé (**Photo 2**).



**Photo 1 :** Tronc de *Barassus aethiopum* colonisé par les lichens sur la route de l'ouest/Unikin



**Photo 2 :** Tronc de *Samanea saman* faiblement colonisé par *Xanthoria* sur le blvd Lumumba

#### 4-4. Indice de la qualité de l'air

Selon les travaux de [10 - 13] cités ci-haut, l'indice de la qualité de l'air de différents axes routiers étudiés à Kinshasa peut se présenter comme le montre le **Tableau 2** ci-dessous.

**Tableau 2 : Indices de la qualité de l'air sur les différents axes routiers à Kinshasa**

Indice de la qualité de l'air	Axes routiers	Qualité de l'air	Code de couleurs
III	Route de l'Ouest/Unikin	Air de bonne qualité, pollution atmosphérique faible, abondance de la flore lichénique sur les arbres le long de la route et faible circulation automobile.	Vert
II	Routes By-pass, Mondjiba et 30 juin	Air de qualité moyenne, pollution moyenne, les lichens corticoles sont par conséquent moyennement représentés.	Jaune
I	Boulevard Lumumba	Air de mauvaise qualité, pollution forte caractérisée par une forte circulation motorisée, absence des lichens corticoles.	rouge

#### 5. Discussion

Le nombre de lichens ainsi que la richesse spécifique de ces derniers diminuent visiblement sur les arbres le long des axes routiers au fur et à mesure que nous avançons du centre-ville. En observant les résultats des **Figures 2 et 3**, 12 espèces de lichens ont été recensées sur la route de l'ouest contre 3 seulement sur les boulevards Lumumba et du 30 juin. Ces résultats corroborent ceux de certaines études comme [14 - 17] qui signalent que les lichens sont très sensibles à des formes de pollution et la plupart d'entre-eux semblent fuir les villes, et ceux qu'on y rencontre, n'arrivent souvent qu'à un stade de développement incomplet, ou tout à fait stérile, ainsi la dégradation de la qualité de l'air sur ces axes routiers se traduit par la disparition de nombreuses espèces. Souffrant de l'impact des activités humaines, les lichens sont sensibles à la pollution atmosphérique, ils sont utilisés comme d'excellents bios indicateurs de la qualité de l'air. Ainsi, suivant leur sensibilité face aux polluants atmosphériques, ils seront généralement peu diversifiés dans des zones fortement polluées, alors qu'à l'inverse, ils seront diversifiés dans des régions non polluées. De par cette sensibilité, les lichens sont utilisés comme bio indicateur de la qualité de l'air comme le signale [2, 16, 18]. Ces mêmes résultats sont aussi signalés par [18], qu'il est possible d'établir un lien entre la diversité des lichens et la qualité de l'air atmosphérique puisque les espèces de lichens affichent des taux variés de tolérance à la pollution atmosphérique. Dans le même ordre d'idée, les résultats de cette étude montrent que la biomasse des lichens corticoles varie selon le milieu, allant des zones moins polluées vers les zones polluées, ainsi que la nature d'activité y exercée, ces résultats ont été aussi observés par [19]. Les espèces comme *Hypogymnia physodes*, *Parmelia acetabulum*, *Pseudovernia furfuracea*, *Ramalina farinacea* sont considérées par certains auteurs [19 - 20] comme étant indicatrices de la bonne qualité de l'air et leur densité sur les arbres détermine une pollution faible et par conséquent une bonne qualité de l'air. Ces espèces comme le signale [21] sont donc amenées à disparaître quand la qualité de l'air dégrade et, inversement quand celle-ci s'améliore certaines espèces sensibles réapparaissent. Les perturbations de l'activité physiologique des lichens apparaissent lors que ces derniers sont soumis aux atmosphères urbaines polluantes, ce qui s'accompagne de chute de l'indice de végétation de ces espèces implantées dans des zones polluées [22 - 24].

## 6. Conclusion

L'étude des lichens corticoles le long des axes routiers a permis de mettre en évidence, l'importance de ces organismes comme indicateurs biologiques de la qualité de l'environnement. Les résultats montrent que lorsque la circulation automobile est importante, la qualité de l'air semble se dégrader le long des axes routiers, par conséquent, les lichens surtout du groupe foliacés et fruticuleux disparaissent sur les arbres situés le long des routes, à l'inverse lors que la circulation motorisée est faible, nous assistons à l'abondance des lichens sur les arbres. L'étude a permis de constater que la présence des lichens est susceptible de donner des indications sur les caractères physiques du milieu considéré. L'utilisation de ces organismes vivants sert d'étudier, le degré de pureté de l'atmosphère ou d'un environnement donné.

## Références

- [1] - TIKA, La pollution atmosphérique par les métaux lourds et ses implications, cas du cadmium, cuivre, mercure et plomb. Mémoire de fin de cycle. Université de Kinshasa, Faculté des sciences. Département de Chimie, (1985) 41 p.
- [2] - CHARLES-ENZO DAUPHINI, JULIEN DRON, ANNABELLE AUSTRUY, YANNICK AGNAN, VÉRONIQUE GRANIER, PHILIPPE CHAMARET, Participation de citoyens volontaires de la population locale dans les mesures de la qualité de l'air autour de la zone industrielle de Fos-sur-Mer, pollution atmosphérique, N°236 (2018) 10 p.
- [3] - M. PAIN, Kinshasa : la ville et la cité, O.R.S.T.O.M. ISBN, (1984) 2-7099-0728-3, 269 p.
- [4] - L. DE SAINT MOULIN & T. J. L. KALOMBO, Atlas de l'organisation administrative de la RDC, CEPAS, Kinshasa, (2005) 15 p.
- [5] - République Démocratique du Congo, Ministère du Plan, Document de stratégies pour la réduction de la pauvreté, Monographie de la ville de Kinshasa, (2005) 172 p.
- [6] - M. HABARI, J. LEJOLY & A. LUBINI, Flore des forêts communautaires à *Pentaclethra eetveldeana* de la région de Kisantu (R.D. Congo). In: X. van der Burgt, J. van der Maesen & J.-M. Onana (eds), "Systématique et Conservation des Plantes Africaines", Royal Botanic Gardens, Kew, (2010) 643 - 651 p.
- [7] - K. R. NSIELOLO, Contribution à l'étude de la qualité de l'air à Kinshasa, Mémoire de fin de cycle, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Sciences de l'Environnement, inédit, (2006) 52 p.
- [8] - A. BAUWENS, A-L. JACQUEMART, S. BOURG, P. BERTRAND, Université Catholique de Louvain (UCL) : Livret de détermination, 28 p. <https://docplayer.fr/3227845-Fascicule-enseignants-projet-interreg-iii-ricsti.html>, consulté le 14 septembre 2019
- [9] - A. BAUWENS, A- L. JACQUEMART, S. BOURG, P. BERTRAND, Université Catholique de Louvain (UCL) : Les lichens et la qualité de l'air, Fascicule enseignants, Projet Interreg III — RICSTI, (2004) 45 p.
- [10] - J. ASTA et G. GROUSSET, Clef de détermination de lichens, bio-indicateurs de la qualité de l'air, <http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/telecharge/lichens.pdf>, consulté le 20 novembre 2018
- [11] - M. LALLEMANT, [http://www.plante-sciences.org/enviro/archive/rnste5/Atelier\\_pollution/lichens.htm](http://www.plante-sciences.org/enviro/archive/rnste5/Atelier_pollution/lichens.htm), les lichens : bio-indicateurs de la qualité de l'air, Comment vit-on dans nos villes consulté le 16 mai 2019
- [12] - M. BRUIN, Les indicateurs biologiques, l'analyse par activation neutronique, et leurs applications à l'étude de la pollution atmosphérique par les métaux lourds, AIEA Bulletin, (1990) 22 - 27
- [13] - <http://users.skynet.be/laroseraiel/lichens/accueil.htm>, la méthode proposée en 2002, consulté le 20 avril 2004
- [14] - C. RÉMY, J. P. GARREC GILLOT P., J. ASTA, J. P. GAVÉRIAUX, Apprenez à exprimer la qualité globale de l'air à l'aide des lichens, Association Française de lichenologie, Station biologique végétale, (2009) 2 p.

- [15] - <http://liboupat2.free.fr/Lichens/biolich.htm>, [Online], La biologie des lichens, consulté le 15 juin 2016
- [16] - G. ELENS, Étude Comparative entre l'analyse chimique de l'air et la cartographie des lichens comme bio indicateurs de l'atmosphère dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, Belgique, *Belg. J. Bot.*, 13 6 (2) (2003) 139 - 144, 8 p.
- [17] - J-L. FAROU, J-F. GUERIN, Les lichens, Indicateurs environnementaux, fiche de synthèse, Plante & Cité, ingénierie de la nature en ville center for landscape and urban horticulture, (2016) 9 p.
- [18] - <http://www.ec.gc.ca/faunescience-wildlifescience/default.asp?lang = Fr&n = C087259A>: Surveillance des lichens comme indicateurs de la qualité de l'air, consulté 20 juin 2016
- [19] - C. BOUDREAULT, P. DRAPEAU, H-L MARTIN et L. IMBEAU, Effets de la structure des peuplements sur l'abondance des lichens épiphytes et terricoles dans le territoire d'étude, 60p, Québec, (2013)
- [20] - J-C. MASSON, Les lichens, bio-indicateurs de la qualité de l'air, (2014) 11 p.
- [21] - M. BOULANGER, Projet pédagogique sur le thème de l'évaluation de la pollution atmosphérique à l'aide de lichens épiphytes mené avec des élèves d'enseignement secondaire, (2009) 9 p.
- [22] - A. SEMADI et S. DERUELLE, Détection de la pollution plombique à l'aide de transplants lichéniques dans la région de Annaba (Algérie), *Pollution atmosphérique*, (1993) 102 p.
- [23] - APPA (Association de la préservation de la pollution atmosphérique) Nord—pas de Calais, Détermination de la qualité de l'air grâce aux lichens, 2 p.
- [24] - CLOTHER COSTE, Écologie et fonctionnement des communautés lichénique saxicoles-hydrophiles, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, (2011) 142 p.