

## **Facteurs de contrôle de la diversité des plantations d'alignements dans la ville de Porto-Novo au Bénin**

**Abdel Aziz OSSENI<sup>\*</sup>, Brice A. SINSIN et Oscar TEKA**

*Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Université d'Abomey-Calavi (UAC),  
03 BP 1974 Cotonou, Bénin*

---

\* Correspondance, courriel : [abdlossen@yahoo.fr](mailto:abdlossen@yahoo.fr)

### **Résumé**

Les démarches de conservation et de maintien de la biodiversité en milieu urbain prennent en compte l'hétérogénéité spatiale et les pressions socio-anthropiques de la ville. Le suivi et l'optimisation des avantages des plantations urbaines commencent d'abord par une meilleure connaissance des caractéristiques du milieu qui influencent leur diversité. Ainsi, cette étude présente les facteurs de contrôle de la diversité des plantations d'alignement de la ville de Porto-Novo au Bénin. Un inventaire des espèces en plantation est associé aux paramètres structurant des axes routiers pour mettre en évidence l'importance des formes d'aménagement et de pression anthropique dans la modification du cortège floristique de la ville. Le test de Wilcoxon, la comparaison des paramètres de diversité ainsi que l'analyse canonique des correspondances (CCA) sont les principales méthodes utilisées pour le traitement des données à l'aide du logiciel R 3.0.3. Les résultats obtenus montrent que les paramètres de diversité varient entre niveaux d'urbanisation. Pendant que les besoins des populations exprimés à travers leur préférence en espèces contribuent à une augmentation sensible de près de 54 % du cortège floristique de la ville, la largeur des rues et l'intensité des activités commerciales réduisent la densité linéaire et la diversité des plantations. L'intégration de ces constats dans la planification urbaine pourrait permettre un suivi écologique plus avantageux dans la ville.

**Mots-clés :** *diversité; plantations d'alignement, actions anthropiques, Porto-Novo.*

### **Abstract**

#### **Diversity control factors of alignment plantations in Porto-Novo town in Benin**

Biodiversity conservation and maintenance steps in urban environment take into account space heterogeneity and socio-anthropogenic pressures of the city. The follow-up and the optimization of urban plantations advantages start initially with a better knowledge of area characteristics which influence their diversity. Thus, this study presents diversity control factors of alignment plantations in Porto-Novo town in Bénin. An inventory of the species in plantation is associated to the road structuring parameters to show how planning form and the anthropogenic pressure can modify plant species composition the city. Wilcoxon tests, diversity parameters comparison as well as the first canonical correspondences analysis (CCA) are the principal methods used for data processing under the software R 3.0.3. Obtained results show that diversity parameters vary between urbanization levels.

While people needs expressed through their specie preference contribute to increase floristic procession around 54 %, the width of the streets and trading activities intensity reduce the linear density and the diversity patterns into plantations. The integration of these reports in the city planning could allow a more advantageous ecological follow-up in the city.

**Keywords** : Diversity; Alignment plantations; anthropogenic actions; Porto-Novo.

## 1. Introduction

Face aux enjeux de construction d'un environnement de proximité convenable pour l'homme en ville, les populations expriment ces dernières décennies plus d'intérêt de pouvoir bénéficier de la présence d'une nature diversifiée [1]. Cet intérêt se manifeste par la présence du végétal qui intègre les nouveaux modèles de la ville conviviale, faisant des infrastructures vertes un outil de structuration de l'urbain [2]. Ainsi, les villes abritent de nos jours, un nombre relativement élevé de formations végétales plantées telles que les pelouses, les plantations d'alignement, les jardins publics, les parcs, les espaces verts et arbres isolés [3]. La diversité de ces formations représente potentiellement un pôle important de maintien de la biodiversité à l'échelle internationale aussi bien que locale [4]. Dans le processus de développement de ces plantations, plusieurs facteurs interviennent dans la modification de leur composition floristique et qui sont liés à l'hétérogénéité de l'espace urbain [5]. Il s'agit notamment des caractéristiques du milieu dont le gradient d'urbanisation [6]. Mais généralement, cette approche présente des limites dans l'étude de certaines formations végétales pour lesquelles, il est parfois difficile de déterminer les limites d'un tel gradient [7]. C'est le cas spécifique des plantations d'alignement au sein desquels les formes d'aménagement et les actions anthropiques semblent plus déterminantes dans la modification de leur diversité.

Dans la ville de Porto-Novo au Bénin, la mise en place des plantations d'alignement se fait généralement lors des campagnes de reboisement au cours desquelles des espèces indiquées capables de résister aux affres de l'urbanisation sont plantées le long des axes routiers. Mais le manque de suivi entraîne le faible taux de réussite des reboisements [8]. Du coup, les populations procèdent à l'introduction d'autres espèces dites préférées pour pouvoir profiter de leurs organes dans les usages domestiques. Ce processus provoque une augmentation de la richesse spécifique et une diminution de la similarité entre plantations [9]. De plus, le caractère commercial de certains axes routiers marqué par une variété d'activités économiques engendre l'élimination de bon nombre d'arbres d'alignement pour l'installation des étalages et pour donner de la visibilité aux boutiques, ateliers et marchés. Un autre fait d'observation frappant est la configuration de certains axes routiers qui, après les travaux d'aménagement routier (bitumage et pavage) ne laissent plus d'espace à planter entre trottoirs et limites d'habitations. Face à de tels constats, les questions suivantes méritent d'être posées : Quelle est la diversité des plantations d'alignement de la ville de Porto-Novo ? Comment évolue cette diversité en relation avec les niveaux d'urbanisation ? Comment la structure des routes et les actions anthropiques influencent-elles la composition floristique des plantations d'alignement ? Cette étude tente de répondre à ces questions en analysant la variation de la diversité et en évaluant ses facteurs d'influence dans l'environnement de la ville de Porto-Novo.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Présentation du milieu d'étude

La ville de Porto-Novo est une commune du département de l'Ouémé, elle est localisée entre 6°25' et 6°30' de latitude nord, et entre 2°34' et 2°40' longitude est (*Figure 1*).

Ville historique et touristique, Porto-Novo s'étend sur une superficie de 52 km<sup>2</sup> et jouit du statut de capitale politique du Bénin. Elle présente une variété de formes urbaines à travers lesquelles les routes aménagées ou non sont bordées d'arbres d'alignement pour le confort des citoyens [8]. La température moyenne de 27,5°C et la pluviométrie moyenne de 1300 mm/an constituent des conditions climatiques favorables au développement de la foresterie urbaine dans la ville.

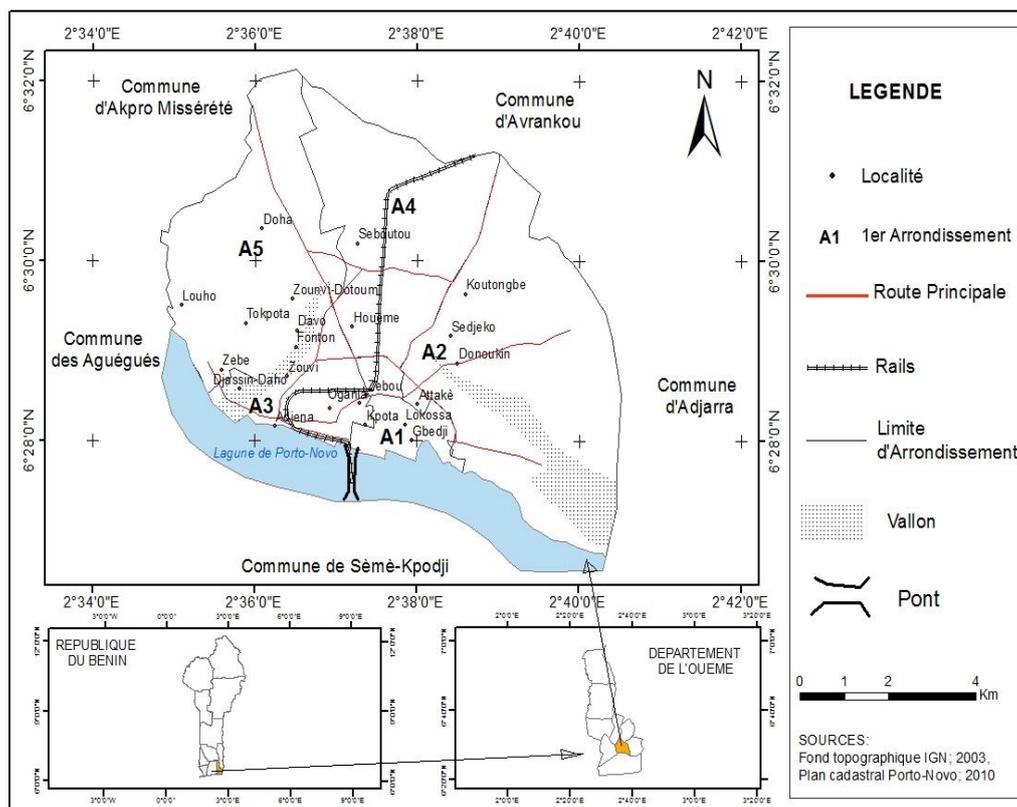


Figure 1 : Situation géographique de la ville de Porto-Novo

## 2-2. Matériel

Le matériel utilisé est constitué d'un GPS (Global Positioning System) de marque Garmin 76csx présentant une bonne précision planimétrique pour mesurer les longueurs des plantations et prendre les coordonnées géographiques des extrémités des axes routiers. Une fiche d'inventaire pour noter les données collectées. Un penta décimètre pour mesurer les distances entre les pieds d'arbre la limite extérieure du bâti.

## 2-3. Collecte des données

Les plantations d'alignement qui ont fait l'objet de cette étude sont celles des routes bitumées et pavées. Au total, 37654 mètres linéaires de route sont explorés sur un total de 65500 mètres [10], soit 57,48% des voies structurantes de la ville. Ce sont pour la plupart des routes à trafic intense et reliant les principales localités et centres socioéconomiques et administratifs. La collecte des données est basée sur inventaire floristique au cours duquel les types d'espèces, la richesse spécifique, le nombre d'individus sont notés sur les arbres ayant un diamètre à hauteur de poitrine (dbh) supérieur à 10 cm.

Les paramètres structurants tels que la densité du bâti, la densité linéaire, les dimensions de l'axe routier et les préférences des populations (*Tableau 1*) sont calculés ou notés.

**Tableau 1:** Paramètres structurants des plantations d'alignement dans la ville de Porto-Novo

Code	Paramètres structurants	Description
PC	Espèces de préférence citadine	Ce sont des espèces plantées par les populations dans les alignements pour pouvoir bénéficier de leurs biens faits.
DB	Densité du bâti	C'est le taux de la superficie moyenne du bâti dans les agglomérations traversées par les plantations.
DL	Densité linéaire	C'est le nombre moyen d'arbres présents sur une distance de 100 mètres linéaires de route.
ED	Espace disponible pour la plantation	C'est la distance moyenne disponible entre la limite des habitations et les chaussées pour permettre de planter des arbres.
LA	Longueur de la plantation	C'est le nombre de mètres linéaires sur lequel s'étend la plantation.

*Source : Travaux de terrain, 2014*

La définition de ces paramètres est basée sur la fréquence d'apparition et sur leur implication dans les rapports socio-économiques des populations avec les arbres. La détermination de la densité du bâti est faite à partir d'une image Landsat 2013 classifiée dans Envi 4.7 et dont le résultat est exporté dans ArcGIS 10 pour l'extraction de la superficie du bâti en rapport aux autres unités d'occupation du sol. A l'issue de la collecte, les données recueillies sont dépouillées dans Excel puis, exportées dans R version 3.0.3 pour les analyses.

#### 2-4. Méthode de traitement et d'analyse des données

Les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Pielou sont calculés pour chaque plantation et comparés suivant les niveaux d'urbanisation de la ville. L'indice de Shannon [11] dépend à la fois en fonction du nombre d'espèces présentes et en fonction de la proportion relative des individus des diverses espèces. Il varie généralement de 0 à 5 bits et sa formule est :

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

L'équitabilité de Pielou [12] traduit le degré de diversité atteint par un peuplement, et correspond au rapport entre la diversité effective (H) et la diversité maximale théorique ( $H_{max}$ ).

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement, et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus. Sa formule est :

$$R = H / H_{max} = H / \log_2 S \quad (2)$$

$P_i$  est la proportion relative de l'effectif des individus d'une espèce  $i$  dans l'ensemble des individus de toutes les espèces concernées ;  $P_i = n_i / \sum n_i$ , avec  $n_i$  comme effectif des individus de l'espèce  $i$  et  $\sum n_i$

comme l'ensemble des individus de toutes les espèces. Le test de Wilcoxon est effectué sur ces paramètres de diversité pour l'ensemble des plantations afin de vérifier leur indépendance. Pour déterminer comment les paramètres structurants influencent la diversité des plantations, une analyse canonique des correspondances (CCA) est réalisée sur les tableaux d'abondance des espèces et les cinq variables structurantes énumérées dans le **Tableau 1**. Une analyse de variance (ANOVA) a suivi pour tester le niveau de significativité ( $p$ -values  $< 0,05$ ) de ces variables dans le contrôle de la diversité des plantations.

### 3. Résultats

#### 3-1. Analyse de la diversité des plantations d'alignement suivant les niveaux d'urbanisation

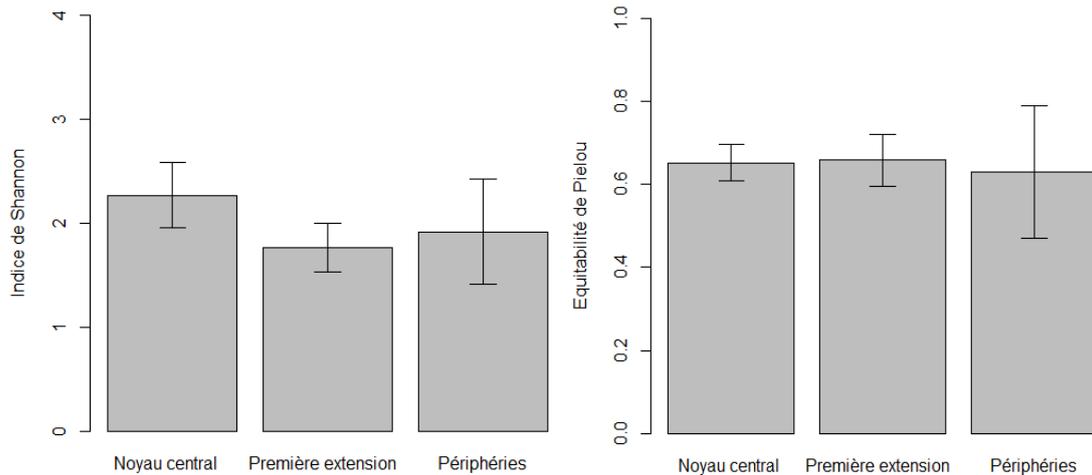
L'inventaire systématique des individus ayant un diamètre à hauteur de poitrine ( $dbh \geq 10$  cm) et mesuré à 1,30 m du sol a donné 1538 individus répartis entre 35 espèces regroupées en 22 familles dans les alignements de la ville. La famille des *Arecaceae* est la plus représentative et est suivie de la famille des *Combretaceae*. L'indice de diversité de Shannon calculé pour l'ensemble des plantations est de  $2,01 \pm 0,85$  bits et l'équitabilité de Pielou est de  $0,64 \pm 0,2$ . Conformément à la grille d'appréciation de la diversité, ces valeurs sont faibles et expliquent un phénomène de dominance de certaines espèces au sein des alignements. Toutefois, on note une variation sensible de ces valeurs entre plantations et en fonction des niveaux d'urbanisation (**Tableau 2**).

**Tableau 2** : Valeurs moyennes de diversité et d'équitabilité avec leur probabilité d'occurrence

Paramètres de diversité	Niveau d'urbanisation	Valeur moyenne	p-values	Significativité
Indice de diversité de Shannon	Noyau central	2.27	0.007	**
	Première extension	1.765	0.031	*
	Peripheries	1.918	0.100	ns
Équitabilité de Pielou	Noyau central	0.652	0.007	**
	Première extension	0.658	0.031	*
	Peripheries	0.63	0.100	ns

**Source** : Traitement de données, Différence non significative = ns; Différence significative = "\*" 0,05; "\*\*" 0,001.

Le **Tableau 2** montre que les paramètres de diversité obtenus sont significativement différents dans le noyau central et dans les zones de première extension de la ville. Ce qui confirme que la distribution des espèces n'est pas un fait du hasard. Concernant l'indice de Shannon, sa moyenne est plus élevée dans le noyau central (zone de très forte urbanisation) que les zones d'extension (zones de forte urbanisation) et périphériques (zones d'urbanisation moyenne). Quant à l'équitabilité de Pielou, ces valeurs varient peu sensiblement entre les trois niveaux. La dispersion de ces valeurs autour de la moyenne est présentée sur la **Figure 2**. L'analyse de cette **Figure** montre que les écarts autour de la moyenne sont plus prononcés en zone périphériques. Les valeurs extrêmes de l'indice de Shannon sont respectivement de 3,41 ; 2,79 et 3,01 bits du noyau central vers les périphéries, alors que celles de l'équitabilité de Pielou sont de 0,82 ; 0,81 et 0,85. Ce qui suppose que la diversité spécifique est moyenne dans certaines plantations et faible dans d'autres. Cette tendance rend compte de l'instabilité de la richesse spécifique des plantations d'alignement et qui peut être due à l'influence d'autres facteurs du milieu.

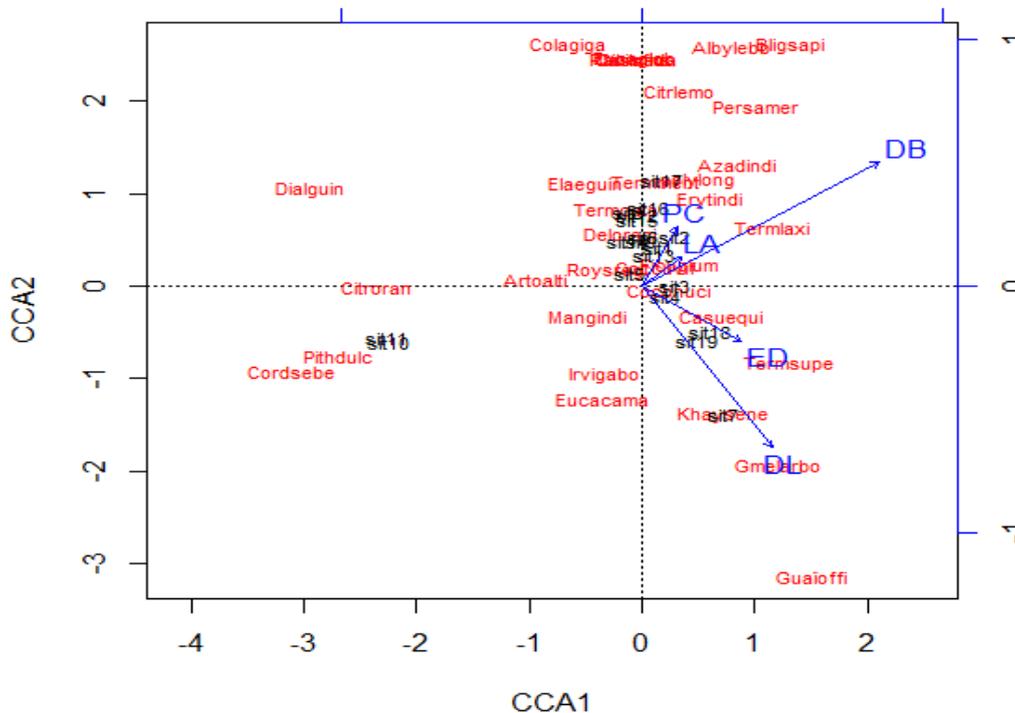


**Source :** Traitement de données

**Figure 2 :** Comparaison des indices de diversité de Shannon (à gauche) et d'équitabilité de Pielou (à droite) suivant le gradient d'urbanisation : Les barres d'erreur expriment la dispersion autour de la moyenne

### 3-2. Facteurs d'influence de la diversité des plantations d'alignement

La présence des espèces en plantation sur les axes routiers est liée à certains facteurs qui caractérisent l'environnement local. L'influence relative de ces facteurs sur la composition floristique et la richesse spécifique a été évaluée à travers une analyse canonique des correspondances (**Figure 3**).



**Figure 3 :** Influence des facteurs socio-environnementaux sur l'abondance des espèces en plantation d'alignement

Les valeurs propres extraites des deux premiers axes sont de 0,8148 pour les variables explicatives et de 1,2279 pour les variables explicatives, soit une inertie totale de 2,0427. Concernant la combinaison de ces deux variables, les deux premiers axes expliquent à 71,43 % les relations entre les espèces et les variables structurantes des plantations d'alignement. Il ressort donc de cette figure que les variables testées ont une relation avec les axes canoniques. Cette relation est confirmée par l'analyse de variance ( $p$ -values = 0,009) qui montre que les variables structurantes ont un effet significatif sur la distribution des espèces en plantations d'alignement. Les corrélations entre les variables structurantes et les axes canoniques sont présentées dans le **Tableau 3**.

**Tableau 3** : *Corrélation entre les variables structurantes et les axes canoniques*

Code	Variabes structurantes	CCA1	CCA2	CCA3
PC	Espèces de preference citadine	0,1163	0,2403	<b>0,6905</b>
DB	Densité du bâti	<b>0,7888</b>	<b>0,5059</b>	-0,2401
DL	Densité linéaire	0,4337	- <b>0,6548</b>	0,1236
ED	Espaces disponible pour la plantation	0,3323	- 0,2230	<b>0,9027</b>
LA	Longueur de la plantation	0,1318	0,1171	0,3795

*Source* : *Traitement de données*

De l'analyse de ce **Tableau**, on note que l'axe 1 est fortement corrélé avec la densité du bâti alors que l'axe 2 l'est moyennement avec la densité du bâti et la densité linéaire. Quant à l'axe 3, il est fortement corrélé avec la disponibilité d'espace pour les plantations et moyennement corrélé avec les espèces préférées par les citadins. De plus, la densité du bâti et la densité linéaire évoluent en sens contraires. Ainsi, plus la densité du bâti augmente, moins la densité linéaire est élevée dans les alignements.

D'une part, ce constat s'explique par une forte concentration des populations et des activités économiques, notamment les centres commerciaux, ateliers, boutiques et marchés devant lesquels les arbres sont débarrassés pour plus de visibilité. D'autre part, l'exiguïté des voix ne laisse plus d'espaces disponibles aux plantations (écart entre limites du bâti et trottoirs/chaussés) après aménagement. Par ailleurs, la préférence citadine en thème d'espèces croit dans le même sens que la disponibilité d'espace pour la mise en place des plantations. Ceci s'explique par la forte introduction des espèces par les populations riveraines sur les axes de grande largeur. En effet, 51,42 % des espèces rencontrées sont introduites par les populations contre 48,57 % pour les espèces plantées lors des campagnes de reboisement. Cette tendance entraîne une diminution progressive de la similarité des plantations.

## 4. Discussion

### 4-1. Faible diversité des plantations d'alignement

Le cortège floristique des plantations d'alignement de la ville de Porto-Novo est relativement faible, comparativement aux milieux naturels. Mais des études réalisés dans d'autres régions du monde présentent des résultats similaires, et montrent que dans la plupart des villes, le patrimoine arboricole d'alignement est composé trentaine d'espèces et peut être considéré comme étant assez diversifiée. De tel cortège floristique épargne ainsi les problèmes phytosanitaires liés à l'utilisation de la mono-espèce en alignement [13].

Le même constat a été fait par [14] selon qui, la plupart du temps, les plantations se font en fonction des essences disponibles sur le marché et non pas en fonction des choix établis sur la base des conditions du milieu. Toutefois, l'introduction des plantes exotiques dans les milieux urbains se fait avec prudence dans le souci de limiter les risques d'invasion des espèces exotiques [15]. Les réflexions de [16], selon lesquelles l'intégration incontrôlée des espèces exotiques en milieu urbain peut être source de problème de biodiversité bien qu'elles soient utiles à la restauration écologique.

#### **4-2. Facteurs de contrôle de la diversité des plantations**

Pendant que les valeurs moyennes de l'indice de Shannon et de l'équitabilité de Pielou varient peu sensiblement en fonction des niveaux d'urbanisation de la ville, elles présentent des écarts significatifs au sein des plantations, notamment dans le noyau central qui constitue le point de départ de l'urbanisation de la ville. Cela se justifie non seulement par le nombre important de campagnes de reboisement qu'il a connu mais aussi par la multiplicité des facteurs favorisant l'introduction d'espèces autres que celles utilisées dans les campagnes de reboisement. Les travaux de [17] sur les relations entre les espèces exotiques et les paramètres de l'environnement urbain local s'inscrivent dans la même logique et permettent de conclure que les niveaux d'urbanisations influencent la diversité des plantations urbaines. L'hétérogénéité des milieux urbains met en place un certain nombre de facteurs structuraux et anthropiques qui modifient le pool des espèces plantées dans les rues. Dans le cas des arbres d'alignement de la ville de Porto-Novo, le rôle des préférences citadines et de l'envergure des routes sont les plus remarquables. Ces indicateurs sont appariés soit dans le même sens ou à l'inverse. En effet, lorsque les aménagements laissent de l'espace pour la plantation, les populations profitent pour y mettre des espèces qui entrent dans leurs habitudes socioculturelles. Par contre, l'augmentation de la densité du bâti provoque une forte demande d'espace pour le développement des activités économiques qui du coup limite la densité linéaire dans les alignements. Ces résultats sont confirmés par les travaux de [7] au sujet des mécanismes de contrôle des patrons de diversité des plantes en milieu urbains. Les mêmes constats sont faits par [18,19] sur les gradients d'urbanisation et la biodiversité.

### **5. Conclusion**

A l'échelle locale de la ville de Porto-Novo, les plantations urbaines sont dominées par des espèces exotiques qui semblent s'adapter aux contraintes du milieu. De façon globale, les paramètres de diversité sont faibles pour l'ensemble des plantations. Ces paramètres varient peu sensiblement en fonction des niveaux d'urbanisation et considérablement au sein des alignements. Le fort taux d'introduction des espèces à préférence citadine constitue une réponse à la demande de plus en plus croissante du végétal en milieu urbain, mais influence la similarité des plantations. A cela, s'ajoute la densité du bâti, la multiplicité des centres commerciaux et la disponibilité d'espaces aux abords des routes qui constituent des facteurs déterminants de la modification de la diversité floristique des plantations, notamment de sa diminution. Pour enrichir la biodiversité et renforcer les fonctions écologiques de la ville, il est important de prendre en compte les espèces répondant aux conditions d'urbanisation et aux besoins des citoyens. Ainsi, les aménagements futurs pourraient intégrer l'identité des espèces et les paramètres socio-environnementaux du milieu dans la gestion des plantations pour un suivi écologique rigoureux.

## Références

- [1] - K. NILSON, T.B.RANDRUP and B.M. WANDALL, “*Trees in the urban environment*”, In: The Forest Handbook, Blackwell Science, Oxford, vol I, (2000), pp: 347-361.
- [2] - C. MOLLIE, “*Des arbres dans la ville - L'urbanisme végétal*”, Actes Sud en coédition avec Cité verte, (2009), 260p.
- [3] - P. CLERGEAU, “*Une écologie du paysage urbain*”, Bonchamp-lès-Laval, Ed. Apogée, (2007), 136 p.
- [4] - P. VIATTE, “*Les plantations d'arbres en ville le long des rues et sur les places*”, Ed. CERTU, (2002), 60 p.
- [5] - N.S.G. WILLIAMS, M.W. SCHWARTZ, P.A. VESK, A. MC CARTHY, A.K. HAHS, S.E. CLEMANTS, R.T. CORLETT, R.P. DUNCAN, B.A. NORTON, K. THOMPSON and M.J. MCDONNELL, “*A conceptual framework for predicting the effects of urban environments on florals*”, Journal of Ecology, (2009), pp.4-9.
- [6] - J. VALLET “*Gradient d'urbanisation et communautés végétales d'espaces boisés. Approche à plusieurs échelles dans trois agglomérations du Massif armoricain*”. Thèse de doctorat, Agrocampus Ouest - Centre d'Angers, (2009), 298 p.
- [7] - S. GODEFROID, et N. KOEDAM: “*Urban plant species patterns are highly driven by density and function of built-up areas*”. Landscape Ecol 22: (2007), pp. 1227–1239.
- [8] - M.A. AKIONLA, “*Diversité et fonctions des formations végétales dans la ville de Porto-Novo*”, Mémoire de DESS en Gestion de l'Environnement, Université de Parakou, Bénin, (2012), 83p.
- [9] - H. QIAN, M.L. MCKINNEY and I. KÜHN, “*Effects of introduced species on floristic similarity: Comparing two US states*”, Basic and Applied Ecology, (9), (2008), pp. 617-625.
- [10] - A. ALLIO et M. SCHUT, “*Porto-Novo : Une stratégie d'aménagement pour le centre-ville: Dynamique de renouvellement urbain et paysage urbain historique du centre-ville administratif*”. Atelier international de maîtrise d'œuvre urbaine, Porto-Novo, (2011), 60 p.
- [11] - C.E. SHANNON “*A mathematical theory of communication*”, Corrections from the Bell system technical journal, 37: (1949): pp. 10-21.
- [12] - E.C. PIELOU, “*Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession*”, J. Theor. Biol. 10: (1966), pp. 370-383.
- [13] - I. BEKKOUCH, N. KOUDDANE, E. DAROUIA, A. BOUKROUTE et A. BERRICHI: “*Inventaire des arbres d'alignement de la ville d'Oujda*”. Nature et Technologie, 05 : (2011) pp : 87-91.
- [14] - M. DARDOUR, E. DAROUI, A. BOUKROUTE, N. KOUDDANE et BERRICHI A. “*Inventaire et état sanitaire des arbres d'alignement de la ville de Saïdia, Maroc oriental*”. Revue Nature et Technologie, Sciences de l'Environnement, 10 : (2014), pp. 2-9.
- [15] - C. D'ANTONIO and L.A. MEYERSON, “*Exotic Plant Species as Problems and Solutions in Ecological Restoration: A Synthesis*”, Restoration Ecology, Vol. 10 (4), (2002), pp. 703–713.
- [16] - H. DOZIER, “*Invasive Plants and the Restoration of the Urban Forest Ecosystem*”, School Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. (2012), 21 p.
- [17] - R.L. VIDRA. and T.H. SHEAR, “*Thinking Locally for Urban Forest Restoration: A Simple Method Links Exotic Species Invasion to Local Landscape Structure*”, Restoration Ecology Vol. 16, 2, (2008), pp. 217–220.
- [18] - P. HUBERT, “*Effets de l'urbanisation sur une population de hérissons européens (Erinaceus europaeus)*”. Thèse de doctorat de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, (2008), 124 p.