

Diversité floristique et espace urbain: cas de l'agglomération d'Alger

Sahraoui Bensaid ⁽¹⁾, Teresa Calvão ^(2, 3), Selma Amina Djelid ^{(1, 2, 3) *}

¹Laboratoire d'Ecologie végétale, Faculté des Sciences Biologiques, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, BP 32 El Alia Alger 16 111, Algerie.

²Department of Sciences and Environmental Engineering, NOVA School of Science and Technology, NOVA University Lisbon, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal.

³Center for Environmental and Sustainability Research (CENSE), NOVA School of Science and Technology, NOVA University Lisbon, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal.

Correspondencia

Selma Amina Djelid

e-mail: djelidaminaselma@yahoo.fr

Recibido: 11 junio 2021

Aceptado: 10 noviembre 2021

Publicado on-line: 14 diciembre 2021

Editado por: Noelia Hidalgo Triana

Résumé

Alger, il ne reste aucun milieu que l'on puisse qualifier de naturel. L'objectif de ce travail consiste à évaluer la diversité floristique en milieu urbain. Cette approche est conduite à une échelle de l'agglomération d'Alger (Nord de l'Algérie). Afin d'évaluer la biodiversité urbaine de cette dernière, l'inventaire a concerné 36 sites répartis sur 11 habitats et pour lesquels nous avons calculé un nouvel indice à savoir l'indice d'intérêt floristique (IFI), intégrant des informations sur la richesse, l'indigénat, la typicité et la rareté des espèces. Cet indice permet d'identifier les sites et habitats d'un grand intérêt pour la conservation. Ainsi, 420 espèces vasculaires ont été identifiées, dont 367 indigènes (87,3%) contre 53 naturalisées (12,6%), représentant 75 familles avec une prédominance de la famille des Asteraceae avec 57 espèces. Les types biologiques sont à dominance therophytique avec 42,2%, sur le plan de l'origine biogéographique, on y note une forte proportion d'espèces méditerranéennes. Les milieux forestiers (urbains et suburbains) sont les habitats à fort IFI cela s'explique par un impact humaine modéré. Des analyses multivariées ont permis d'identifier trois groupes qui se différencient par le degré d'anthropisation, couplé à d'autres facteurs écologiques agissant simultanément. L'étude montre une diversité floristique insoupçonnée dans ces milieux urbanisés pouvant jouer un rôle important dans le cadre des trames vertes urbaines.

Mots clés: Conservation, unité de l'habitat, indice d'intérêt floristique, distribution spatiale, biodiversité urbaine, impact humain.

Abstract

Floristic diversity and urban space: case of the agglomeration of Algiers

In Algiers, there is no environment that can be described as natural. The objective of this work is to evaluate floristic diversity in cities. This approach is conducted on a scale of the agglomeration of Algiers (Northern Algeria). In order to study the urban biodiversity of the latter, the inventory involved 36 sites spread over 11 habitats and for which we calculated a new index, namely the Floristic Interest Index (IFI), including information on the richness, indigenate, typicity and rarity of the species. This index makes it possible to identify sites and habitats of great interest for conservation. 420 vascular species were identified of which 367 indigenous (87.3%) against 53 naturalized (12.6%), representing 75 families with a predominance of the Asteraceae family with 57 species. Biological types are predominantly therophytic with 42.2%, there is also a high proportion of Mediterranean species in terms of biogeographic origin. Forest environments (urban and suburban) are high IFI habitats this is explained by moderate human activity weakly impacting these spaces. Multivariate analyses identified three groups differentiated by the degree of anthropization, combined with other ecological factors acting simultaneously. This study shows an unsuspected biodiversity in these urbanized environments that can play an important role in urban green frameworks.

Keywords: Conservation, habitat unit, index of floristic interest, spatial distribution, urban biodiversity, human impact.

Introduction

Les villes ont fortement évolué depuis un peu plus d'un siècle, notamment dans leurs organisations et dans l'installation d'espaces verts. Avant le milieu du 19^e siècle, les jardins, parcs et promenades étaient rares, les pressions combinées de mise en scène paysagère, d'acclimatation d'espèces exotiques puis d'hygiénisme ont abouti à la construction de nombreux parcs urbains dans la plupart des villes (Clergeau, 2008).

L'intérêt de la préservation de la nature en ville se justifie par les services écosystémiques rendus, ainsi la classification du Millennium Ecosystem Assessment (2005) reconnaît trois grandes fonctions de façon générale: l'approvisionnement (multiplicité des espèces utilisables), les services culturels éducation, esthétique et les régulations environnementales (pollinisation, contrôle biologique).

La biodiversité est au cœur de la nature dans la ville et transversale aux différents services rendus; sa préservation est fondamentale à toutes les échelles (gène, espèce, habitat, paysage) (Clergeau, 2008) et préoccupe, bien au-delà du cercle des spécialistes, les représentants de l'État, les acteurs de la politique urbaine (Pickett *et al.*, 1997; Reygrobellet, 2007). Les premiers inventaires et l'analyse des typologies qui en découlent ont permis de constater que près de 50 % des espèces mobiles (oiseaux, chauves-souris, insectes volants, certaines plantes) sont présentes aujourd'hui dans les villes. La ville ne peut donc plus être regardée comme un espace non naturel et son expansion géographique régulière repose de plus en plus sur la question de la responsabilité de l'urbanisme dans la conservation de la biodiversité (Clergeau, 2008). Cette préservation passe aussi par la réalisation de réseaux verts permettant des jonctions entre parcs et espaces verts et constitueraient des trames vertes. Ce développement de trames vertes dans les villes et entre ville et campagne pourrait devenir un nouvel élément structurant les futurs aménagements du territoire (Ahern, 2007).

Aujourd'hui, la conservation de la biodiversité urbaine n'est plus une utopie mais un défi (Clergeau, 2007), celui d'un urbanisme multifonctionnel dans lequel, il faut créer une nouvelle relation du citoyen à la nature par l'instauration de liens didactiques (Sukopp & Weiler, 1988). Ce sentiment est partagé par la communauté mondiale et le thème de la journée mondiale de l'environnement retenu par les Nations Unies en 2005 a été «des villes vertes, un plan pour la planète» (Clergeau, 2019). Cependant, dès la conférence de Rio de 1992, l'homme a pris conscience de l'importance de la biodiversité urbaine (Boutaina & Pruneau, 2015). Les citoyens modifient progressivement leur relation à la nature urbaine spontanée, qui correspond à une part importante de l'environnement urbain (Pyšek, 1998; Sukopp & Weiler, 1988).

La création et l'extension des villes entre autres par l'érection d'immeubles de hautes tailles créent

des barrières qui freinent la dispersion des graines, isolant démographiquement et génétiquement les communautés les unes des autres (Pickett *et al.*, 1995), ce qui affecte la dynamique des populations ce qui a provoqué une destruction totale des milieux antérieurement existants, rendant ainsi toute régénération de l'écosystème initiale impossible (Kinzig & Grove, 2001; Wilcox & Murphy, 1985; Miller & Hobbs, 2002; McKinney, 2002; McKinney, 2006; Boucher & Fontaine, 2010). Par ailleurs, les changements climatiques (entre autres par l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes) (Boucher & Fontaine, 2010), entraîne la propagation d'espèces envahissantes ou vectrices de maladies (Siron, 2010; Ferland, 2015, Clergeau, 2019) et par la pollution (Alberti, 2005) au détriment de la végétation indigène (Boucher & Fontaine, 2010, Clergeau & Desire, 1999, Barnosky *et al.*, 2011). Cependant, malgré les nombreuses pressions liées aux activités humaines, les espèces communes et rares réinvestissent spontanément ces milieux anthropisés (Kostel-Hughes *et al.*, 1998, Dana *et al.*, 2002, Clergeau, 2007). Les événements de construction conduisent à l'extinction locale de communautés, tandis que les démolitions offrent de nouveaux milieux à coloniser. Ainsi la compensation de ces deux phénomènes génère une dynamique qui permet le maintien des espèces à l'échelle de la ville (Clergeau, 2007).

Cette étude inédite est une contribution à la connaissance de la diversité végétale à l'échelle d'une agglomération fortement urbanisée afin d'évaluer les zones les plus riches en diversité floristique. Pour ce, il a été calculé l'indice d'intérêt floristique (IFI) combinant la richesse, l'indigénéité, la typicité et la rareté des espèces présentes dans un site (Muratet, 2006) et par là, de classer les zones de végétation en fonction de l'importance de leur contribution à la biodiversité végétale de l'agglomération algéroise.

Matériel et Méthode

Présentation de la zone d'étude

L'agglomération d'Alger est située sur la rive sud de la mer Méditerranée entre les latitudes et longitudes (36° 49' 23" et 36° 35' 18" de latitude Nord, 3° 23' 02" et 2° 48' 35" de longitude Est). La province s'étend sur une superficie de 809,22 km², et limitée au Nord par la mer Méditerranée sur un linéaire de 80 km sur 1500 km de la cote algérienne (Figure 1).

Sur le plan biogéographique, Alger se situe dans la région méditerranéenne, sous-région eu méditerranéenne, domaine maghrébin méditerranéen, secteur algérois (A) et sous-secteur littoral (A1) (Quézel & Santa, 1962-1963) à bioclimat méditerranéen.

Géomorphologiquement, elle est subdivisée en cinq grands ensembles, le massif de Bouzaréah, le Sahel d'Alger, la plaine de la Mitidja, le cordon littoral

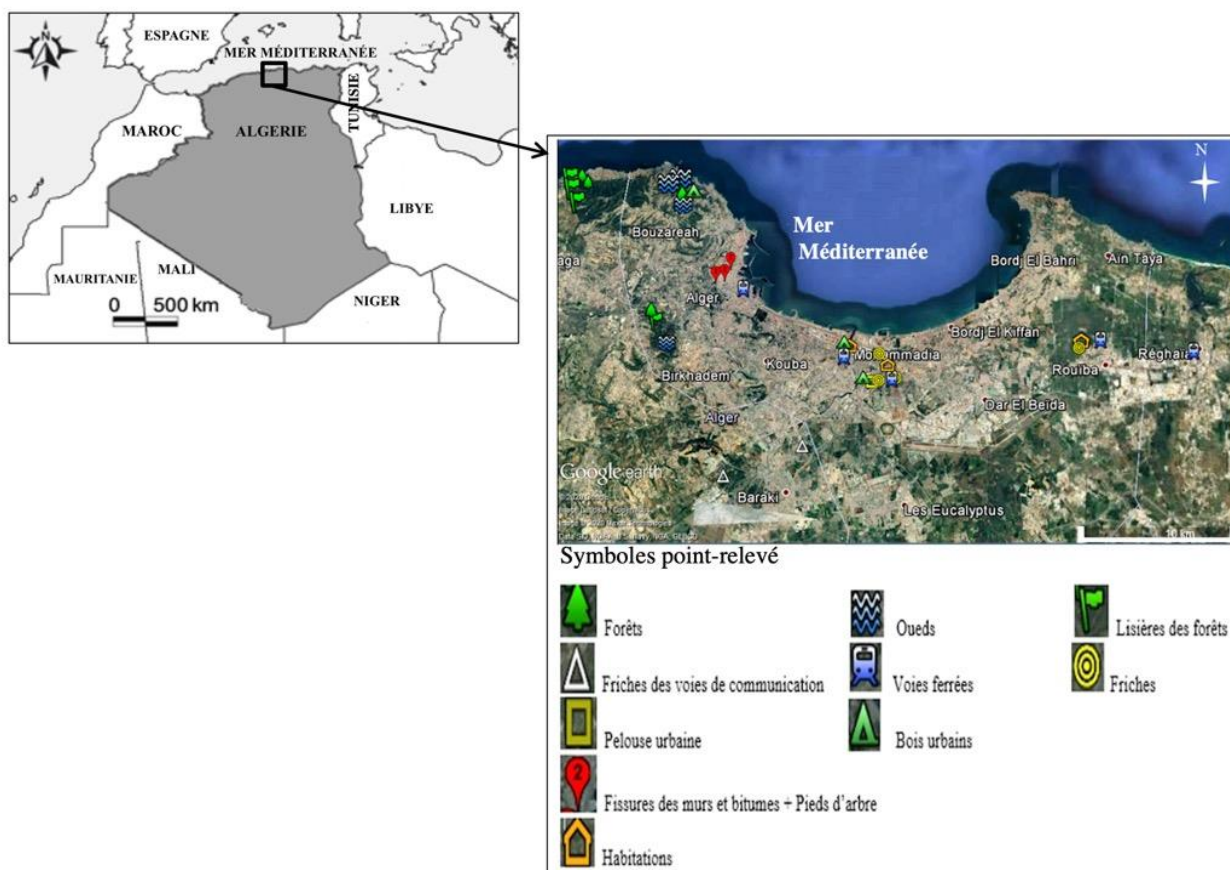


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude et 36 relevés phytoécologiques "Symboles point-relevé" sur image satellite (Google Earth V7.1.2.2041, 2015) dans la région d'Alger, au Nord de l'Algérie.

Figure 1. Geographical location of the study area and 36 phytoecological surveys "symbols point-survey" on satellite image (Google Earth V7.1.2.2041, 2015) in the Algiers region of northern Algeria.

dunaire, la plaine littorale orientale avec un réseau hydrographique dense. La géologie est diversifiée avec la présence de roches métamorphiques (schistes, micaschistes, gneiss; ISL-BRGM, 2006).

L'Agglomération d'Alger fortement urbanisée compte près sept millions soit 16 % de la population nationale, avec une densité de 3000 habitants par km² (Figure 2) (ONS, 2008).

La description du bioclimat s'est basée sur des données pluviométriques et thermiques obtenues de la station météorologique d'Alger allant de 2011 à 2020 et qui ont été recueillies auprès de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA). Le climat est caractérisé par l'existence d'une période sèche qui dure à peu près 6 mois et demi et s'étale de mai aux dernières semaines du mois d'octobre (Figure 3).

Plan d'échantillonnage et inventaire

Dans un contexte urbain, les méthodes d'échantillonnage classiques ne sont pas adaptées. La probabilité de sélectionner des zones inaccessibles ou dépourvues de végétation est trop élevée si l'on suit un échantillonnage systématique (relevés à intervalles réguliers) ou aléatoire

(sélection aléatoire des sites à inventorier; Hayek & Buzas, 1997).

Dans le cadre de ce travail, le repérage et le choix de sites ont été réalisés préalablement sur les images de Google Earth suivies d'une prospection sur terrain permettant d'identifier les points à échantillonner. Ainsi, onze habitats urbains et suburbains (forêts, oueds, lisières des forêts, friches des voies de communication, voies ferrées, friches, pelouses, bois urbains, fissures des murs et bitumes, pieds d'arbres urbains, habitations) ont été sélectionnés (Annexe) et classés en trois types de milieux qui sont comme suit:

- Milieu subnaturel ou (semi-naturel) c'est un milieu qui porte la trace de l'homme et ou ces interventions humaines n'ont pas modifié directement ou indirectement la composition ou la structure des peuplements.
- Milieu intermédiaire s'articulant à partir des pôles tels que les parcs-nature, en utilisant d'autres ressources non conventionnelles, dont les emprises de chemins de fer, les corridors de transport d'énergie ou des terrains gouvernementaux ou institutionnels.
- Le milieu urbain qui est un écosystème dépendant totalement de la présence des humains et de leurs constructions. La flore de ces milieux se développe

dans les fissures et interstices des murs, pavés, pieds d'arbres, dalles de cimetières (Muratet *et al.*, 2008).

Dans ces milieux, 36 sites ont été inventoriés floristiquement (Tableau 1). L'échantillonnage est de type stratifié, avec comme stratificateurs (forêts, lits d'oueds, voies de chemin de fer, autoroutes, trottoirs

urbains), la surface du relevé varie de 100 m² (forêt) à 1 m² (grille de protection des arbres), toutes les espèces présentes sont inventoriées afin de maximiser la diversité (Muratet, 2006; Muratet *et al.*, 2009; Espinosa-Palomeque *et al.*, 2020; Casanelles-Abella *et al.*, 2021).

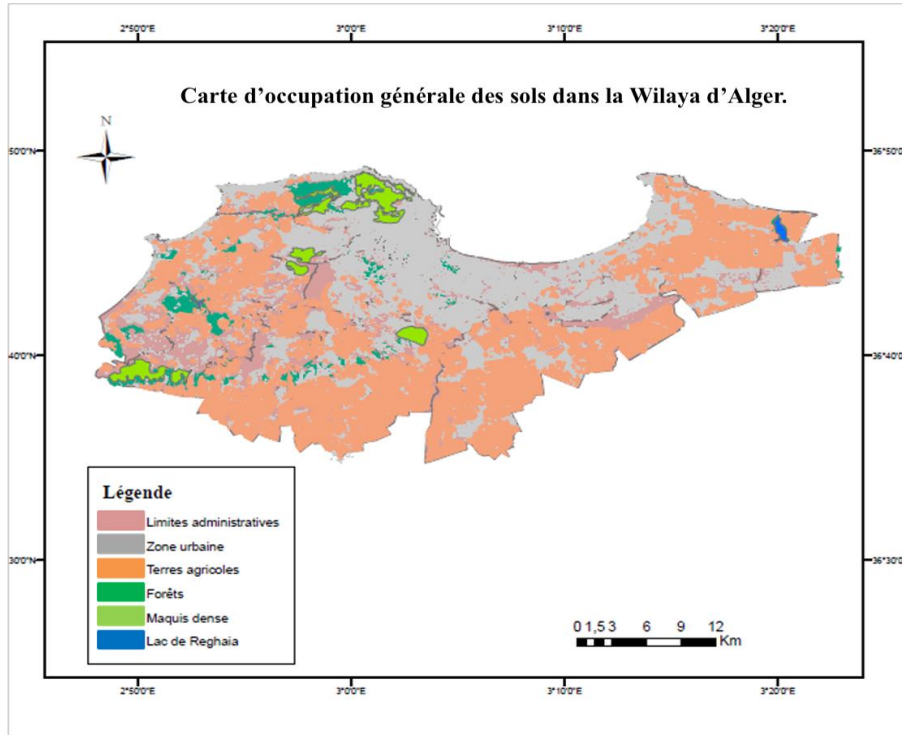


Figure 2. Carte d'occupation générale des sols dans la Wilaya d'Alger.
Figure 2. Map of general land use in Algiers.

L'ensemble des relevés floristiques codés en présence-absence dans un tableau et complété par diverses variables environnementales (Topographie, Exposition, Altitude, Pente, Type de sol, État de pollution de la station, État de conservation de la station, Degré d'urbanisation) sur la base d'une fiche de relevés standard inspiré du document du CNRS «VADE-MECUM pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu» adaptable en fonction de la réalité terrain.

Analyse statistique

Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse factorielle des correspondances (AFC) et d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) basée sur la distance euclidienne (Benzecri, 1982; Szekely *et al.*, 2005). Ces analyses statistiques ont permis de comparer les différents relevés en fonction de leur composition en espèces et d'établir ainsi des similitudes ou des dissemblances. Les gradients écologiques agissant sur la distribution des espèces ont été soumis à une analyse des correspondances multiples. Le traitement des données a été réalisé à l'aide du logiciel XLSTAT 2014.5.03.

L'indice d'intérêt floristique (IFI) est calculé par la détermination préalable de la richesse d'espèces, l'indigénat ou la naturalité, la rareté et enfin la

typicité (Muratet, 2006 ; Muratet *et al.*, 2007).

Il existe plusieurs indices pour évaluer la diversité floristique telle que l'indice de Simpson, de Shannon-Weiner, de Pielou. Ces indices de richesse spécifique offrent l'avantage d'être simples à mettre en place et de bien renseigner la quantité d'espèces présentes sur un site, et ne tiennent compte que de la richesse spécifique.

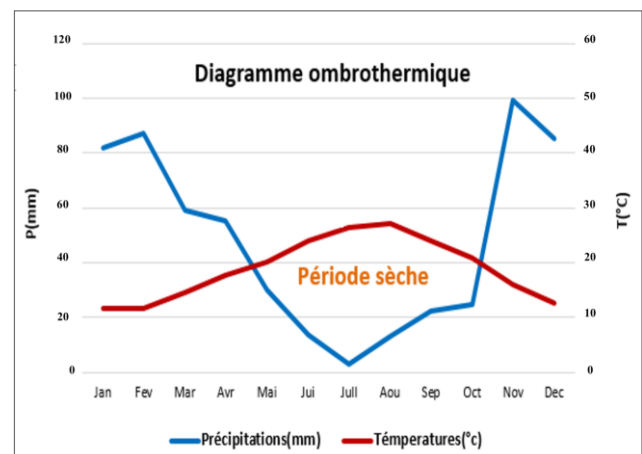


Figure 3. Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de station d'Alger (INRAA, 2011-2020).
Figure 3. Ombrothermal diagram of Gaussen and Bagnouls of Algiers Station, Algiers (INRAA, 2011-2020).

Afin d'évaluer la diversité urbaine, un nouvel indice appelé indice d'intérêt floristique «IFI» (Index of Floristic Interest) a été mis au point, il incorpore quatre indices à la fois qui sont : la richesse d'espèces, l'indigénat ou la naturalité, la rareté et la typicité (Muratet, 2006 ; Muratet *et al.*, 2008)

Le calcul de l'indice de l'intérêt floristique de chaque site et habitat tient compte de quatre variables suivantes (calculées séparément):

- L'indice de richesse floristique correspond au nombre d'espèces inventoriées sur un site (**Rich**) ou un habitat divisé par le nombre total d'espèces observées (**Rich_{max}**).
- L'indice de l'indigénat est calculé à partir de la proportion d'espèces indigènes d'un site ou d'un habitat sur le nombre total d'espèces indigènes observées (**Ind_{max}**).
- L'indice de rareté correspond à la moyenne des raretés de chaque espèce échantillonnée sur un site ou un habitat, divisée par la moyenne des raretés de toutes les espèces (**Rar_{max}**), sachant que la rareté d'une espèce correspond à la proportion de l'habitat où l'espèce n'a pas été observée,
- L'indice de typicité correspond au nombre d'espèces typiques d'un site ou d'un habitat sur le nombre total d'espèces typiques (**Typic_{max}**)

L'IFI est une moyenne des quatre indices (ou variables) cités précédemment et se calcule à partir de la formule suivante:

$$IFI = \frac{1}{4} (Rich/Rich_{max} + Ind/Ind_{max} + Rar/Rar_{max} + Typic/Typic_{max})$$

Les valeurs maximales, Rich_{max}, Typic_{max}, Ind_{max} et Rar_{max}, ont été définies de manière à donner un poids égal à chaque paramètre.

L'indice global varie entre 0 et 1, sachant que les communautés approchant de la valeur 1 présentent

un fort intérêt floristique traduisant une richesse floristique.

Résultats et discussions

Analyses floristiques

L'étude floristique de la végétation de l'agglomération d'Alger a permis d'identifier 420 espèces appartenant à 75 familles botaniques et 240 genres. La famille des *Asteraceae* est la mieux représentée avec 57 espèces et 37 genres suivie par les *Fabaceae* avec 52 espèces et 29 genres et puis 34 espèces et 29 genres pour la famille des *Poaceae*. Ce nombre d'espèces varie entre 1 et 11 espèces pour les autres familles. Par ailleurs, 42 espèces exotiques n'ont pas été déterminées (espèces introduites durant la colonisation et peu connues en Algérie).

L'ensemble de ces familles botaniques constitué de 420 espèces végétales montrent selon la classification de Raunkier (1934) une dominance des thérophytes avec 42,20%, les hémicryptophytes avec 18,70%, les phanérophytes 16,70%, suivis par les géophytes avec (4,40%), et enfin un faible pourcentage pour les chaméphytes de 2,50%.

Sur le plan biogéographique, nous observons une dominance des espèces méditerranéennes avec un taux de 28 %, suivi par les cosmopolites, sub-cosmopolites, les eurasiatiques, les paléotempérées, ouest méditerranéennes, euro-méditerranéennes, eurasiatique-méditerranéen, atlantique méditerranéen, méditerranéen asiatique, méditerranéen irano-touranien avec des valeurs inférieures à 8 %. Les endémiques au sens large (algérienne, nord-africaine) sont rares et ne représentent que 0,9 % du total.

Tableau 1: Les 36 sites en fonction du nombre total d'espèces inventoriées.

Table 1: The 36 sites according to the total number of species inventoried.

Milieu sub-naturel			Milieu intermédiaire			Milieu urbain		
Habitats	N°. d'espèces	N° d'espèces Naturalisées	Habitats	N°. d'espèces	N° d'espèces Naturalisées	Habitats	N°. d'espèces	N° d'espèces Naturalisées
Forêts	183	6	Lisières de forêts	108	6	Fissures des murs et des bitumes	32	2
Les oueds	140	1	Friches des voies de communication	73	4	Pieds d'arbres	36	0
			Voies ferrées	101	4	Habitations	116	19
			Friches	125	4			
			Pelouses urbaines	38	0			
			Bois urbains	111	8			

À travers les 36 relevés effectués sur terrain, 367 espèces indigènes (87,3%) contre 53 espèces naturalisées (12,6%) sont identifiés sur la base de la flore de Quézel et Santa (1962). Le nombre d'espèces dans chaque site varie entre 106 du milieu le plus au moins conservé et 5 à un milieu affecté par l'urbanisation. La forêt suburbaine comporte le plus d'espèces avec 183 espèces (50% du total), par contre l'habitat (fissures des murs et des bitumes) n'abrite que 7,6% (Tableau 1).

Évaluation de la diversité floristique (IF)

L'indice d'intérêt floristique par habitat

La richesse d'espèces varie d'un habitat à un autre. Les habitats les plus riches floristiquement

correspondent respectivement: aux forêts (milieu sub-naturel) où l'indice de richesse d'espèces est de 0,44, aux oueds (milieu naturel) et friches (milieu intermédiaire) avec une richesse de 0,30 (Figure 4A).

La Figure 4B représente la variation de l'indigénat à travers tous les habitats, la forte proportion d'espèces indigènes a été notée dans les forêts, un milieu riche en espèces végétales indigènes. Les habitations représentent un milieu fortement anthropisé. Cependant, l'indice de l'indigénat est de 0,25, cette forte proportion d'espèces indigènes peut être expliquée par le manque d'entretien des espaces verts, favorisant la colonisation du milieu par les espèces indigènes, citant par exemple: *Galium aparine* Auct., *Hordeum murinum* L. and *Euphorbia helioscopia* L.

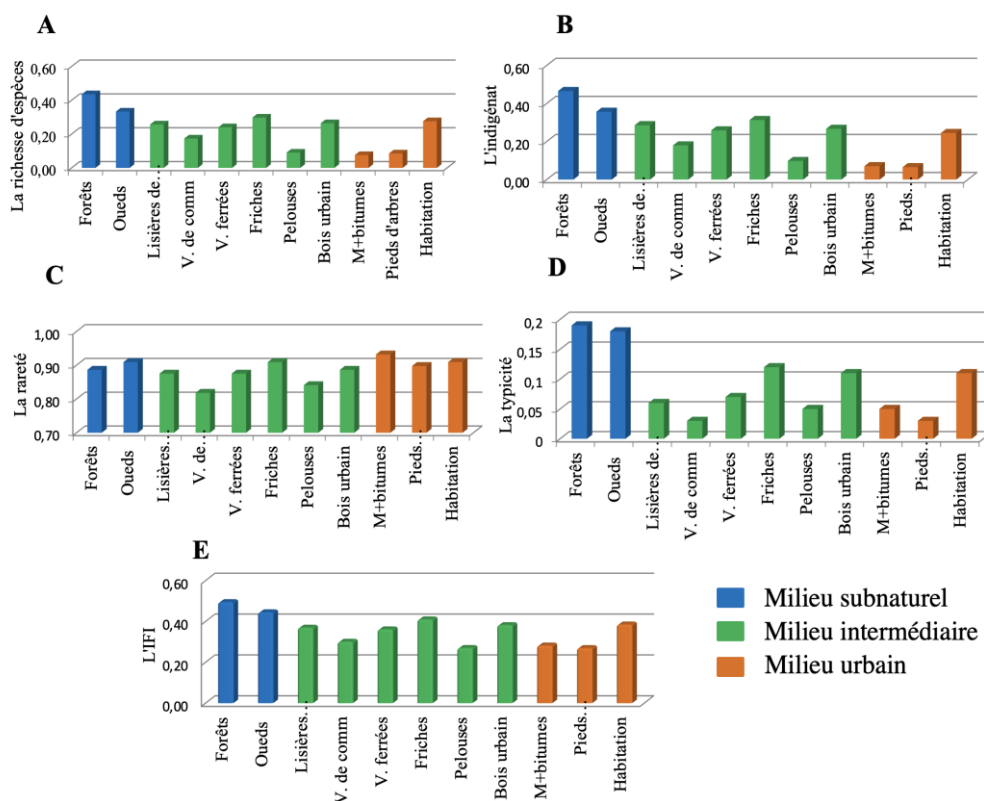


Figure 4. Diagramme représentant: (A) La richesse d'espèces. (B) L'indigénat (C) La rareté. (D) la typicité. (E) L'intérêt floristique par habitat.

Figure 4. Diagram representing: (A) The richness of species. (B) The indigénat. (C) Rarity. (D) Typicity. (E) Floristic interest by habitat.

La rareté varie entre 0,97 (absente 35 fois sur les 36 relevés) pour les espèces suivantes: *Ranunculus bulbosus* L., *Pulicaria odora* L., *Medicago truncatula* Gaertn., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., et 0,25 c'est-à-dire absente 9 fois sur les 36 relevés pour l'espèce *Stellaria media* (L.) Vill. L'indice de rareté pour les 11 habitats s'étend entre 0,93 et 0,82, (Figure 4C).

Les habitats du milieu sub-naturel et intermédiaire abritent beaucoup d'espèces typiques et cela s'explique par le fait que ces derniers soient plus au moins conservés. L'indice de typicité varie

dans ce cas entre 0,19 pour l'habitat forêt et 0,03 pour les voies de communication et les pieds d'arbres (Figure 4D).

Le calcul de l'indice d'intérêt floristique pour tous les habitats montre une variation de celui-ci allant du milieu sub-naturel jusqu'au milieu urbain, l'habitat d'un intérêt floristique élevé correspond aux forêts où ce dernier est de 0,5, suivi par les oueds avec un indice de 0,44. Concernant le milieu intermédiaire l'indice fluctue entre 0,41 et 0,27 pour les friches et les pelouses urbaines (Figure 4E).

L'indice d'intérêt floristique par site

Les sites d'une richesse floristique élevée ont été trouvés dans le milieu sub-naturel et intermédiaire, le milieu urbain abrite moins d'espèces donc une richesse moins importante. Le site le plus riche floristiquement est le site 3 avec un indice de richesse de 0,25 suivi par les sites 2 et 8, ces derniers sont considérés comme des sites conservés. Les sites 34, 35 et 36 abritent également une richesse floristique relativement élevée, sachant

que ces sites se trouvent dans le milieu urbain. Cette richesse s'explique par le nombre élevé d'espèces naturalisées soit 25% de la végétation des sites (Figure 5 A).

Quant à l'indice indigénat varie entre 0,26 et 0,008 (Figure 5 B), calculé respectivement pour le site 3 (milieu sub-naturel) et le site 33 (milieu urbain). Le résultat pour ce dernier peut être expliqué par le taux élevé d'espèces naturalisées (40%) et la faible richesse d'espèces (0,01) (Figure 5 B).

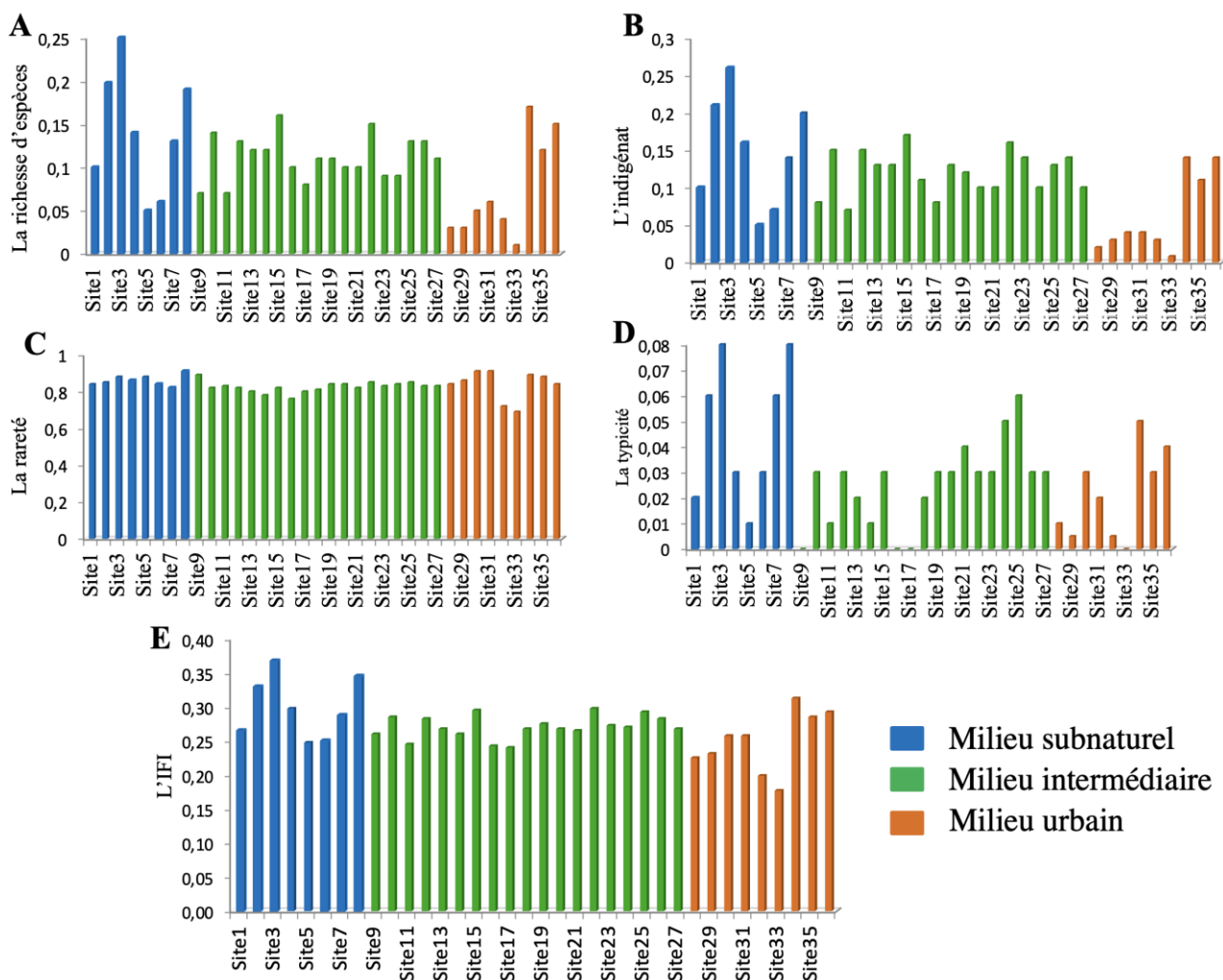


Figure 5. Diagramme représentant les valeurs: (A) La richesse d'espèces. (B) L'indigénat. (C) La rareté. (D) La typicité. (E) l'intérêt floristique par site.

Figure 5. Diagram representing the values: (A) The richness of species. (B) The indigénat. (C) Rarity. (D) Typicity. (E) Floristic interest by site.

L'analyse de l'indice de rareté par site a montré qu'il s'étend entre 0,91 pour le site 8 (milieu sub-naturel) et 0,7 pour le site 33 (milieu urbain) (Figure 5C).

Le milieu sub-naturel et intermédiaire abritent beaucoup d'espèces typiques par rapport au milieu urbain où la typicité est nulle (Figure 5D). Le diagramme de l'indice d'intérêt floristique représente la valeur de l'IFI à travers les 36 sites échantillonnés. Les sites qui se trouvent dans le milieu sub-naturel et intermédiaire semblent être les sites à intérêt floristique élevé avec un IFI de 0,37 pour le site 3

(milieu sub-naturel), il correspond au site le plus riche floristiquement, suivi par les sites 2 et 8 (Figure 5E).

L'étude de l'indice de richesse d'espèces pour les différents habitats montre une richesse élevée pour les forêts, les oueds et les friches; ces dernières sont situées entre les milieux sub naturels (forêts et oueds) et les milieux fortement urbanisés (habitations).

En ce qui concerne l'indigénat, la forte proportion d'espèces indigènes est notée dans les forêts. Cependant, un indice d'indigénat relativement élevé est observable près des habitations et semble lié à

été choisies pour leur pertinence de conservation (Godefroid & Koedam, 2003), mais aussi parce qu'elles peuvent être mesurées simplement et objectivement. L'IFI est un indice simple, objectif et reproductible, car il peut être facilement utilisé à un coût minime dans de nombreuses villes où les données floristiques de (présence/absence) sont déjà disponibles dans les jardins botaniques ou les conservatoires. En tant que tel, cet indice peut s'avérer un outil utile pour évaluer la biodiversité des sites et des habitats et identifier les endroits les plus prioritaires pour la conservation.

La rareté et la typicité présentent des niveaux de corrélation non négligeables, cela est dû au fait qu'à une petite échelle spatiale, sur un seul site les espèces rares observées dans une zone de faible densité de population sont plus susceptibles également d'être classées comme "typiques".

En synthétisant les informations sur la quantité et la qualité des espèces, l'IFI s'est avéré un outil utile pour identifier ces modèles et définir les priorités de conservation.

Par exemple, la végétation du milieu sub-naturel (forêts et oueds) était l'habitat le plus riche en termes de nombre d'espèces, et présentant les taux les plus élevés d'espèces rares, typiques et indigènes. Les zones humides sont donc des habitats de grand intérêt pour la conservation, qui sont fortement menacés par l'urbanisation et qui sont aujourd'hui peu valorisés dans l'agglomération algéroise (Tableau 1).

La présence de zones non construites (notamment les oueds, les forêts, les zones urbaines et rurales ouvertes et les sites urbains vacants) a eu un impact positif sur la flore. En revanche, toutes les classes de zones construites, et en particulier les habitations collectives, ont eu une influence négative significative sur la flore à travers l'intérêt floristique, avec des conséquences majeures pour les plans de gestion.

L'histogramme des couronnes urbaines avec celui de l'IFI observée fournit un outil utile pour la définition de stratégies de conservation, et l'identification des habitats qui devraient être prioritaires pour la gestion et la conservation.

La forêt suburbaine de Bainem (région algéroise) est une zone d'intérêt floristique potentiel élevé, mais d'intérêt général généralement faible, nécessitant d'urgence un plan de gestion adéquat en vue de protéger sa diversité floristique.

Les parcs et jardins urbains (cas du Jardin d'Essai d'Alger) présentant un intérêt floristique car la gestion ornementale intensive peut détruire la biodiversité indigène environnante.

L'IFI combinant des informations quantitatives et qualitatives objectives sur la diversité floristique peut être utilisé par les gestionnaires d'espaces verts, afin de prendre des décisions de préservation de la biodiversité naturelle dans les zones urbaines dans le cadre des trames vertes et le maintien des connectivités.

Analyses multivariées

Dendrogramme de la Classification hiérarchique ascendante (CHA)

Le dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante (Figure 6A), appliquée à ces relevés, montre que les 36 relevés se répartissent en 3 groupes principaux.

- Milieux urbains fortement anthropisés (Gr 1).
- Milieux intermédiaires plus aux moins conservés (Gr 2).
- Milieux subnaturels conservés (Gr 3).

Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'interprétation des résultats permet la mise en évidence de trois lots de relevés, ces derniers seront analysés d'un point de vue écologique et floristique grâce aux informations recueillies sur le terrain.

Sur la base du tableau des valeurs propres seuls les quatre premiers axes sont retenus, leur taux d'inertie est de 38,29 %. L'inertie du reste des axes est faible et décroît rapidement.

Il n'existerait donc pas un facteur écologique prépondérant et discriminant évident en milieu urbain, les facteurs écologiques et l'action anthropique agissent simultanément.

Le plan factoriel des axes 1 et 2 de l'AFC (Figure 6B.I) totalise 26,25 % de la variance totale. Cette valeur est légèrement inférieure au tiers de l'information totale permettant une interprétation comme suit:

- Groupe I: il est composé de 5 relevés des voies ferrées (R16, R15, R17, R18, R19) et forme un nuage de points-relevés regroupés dans la partie négative extrême de l'axe 1.
- Groupe II: il est composé de 10 relevés (R13, R14, R20, R21, R22, R26, R27, R34, R35, R36). Celui-ci forme un nuage de points-relevés s'étalant le long de la partie négative de l'axe 1. Il est constitué de trois sous-groupes; S/groupe 1 (friches des voies de communication), S/groupe 2 (friches), S/groupe 3 (bois urbains et habitations).
- Groupe III: il est composé de (R28, R29, R30, R31, R33).

L'analyse du plan factoriel (1-2) et l'individualisation des relevés en deux groupes, mettent en évidence un gradient: milieu ouvert (gare, friches des voies de communication) -milieu intermédiaire (friches proprement dites) -milieu fermé (bois urbains) (Figure 7A).

L'analyse des espèces avec la plus forte contributions dans la structuration des nuages de points montre une opposition des milieux ouverts (voies ferrées, friches des voies de communications) caractérisés par: *Oxalis sp.*, *Polygonum sp.*, *Koeleria phleoides* (Vill.) Pers., *Sambucus nigra* L., aux milieux fermés (bois urbains) caractérisés par: *Pistacia lentiscus* L. et *Pinus halepensis* Mill.

L'axe 1 traduit donc un gradient d'ouverture du milieu conditionné par l'effet humain.

Le plan factoriel 1-3 exprime un taux d'inertie de 33,24 % avec:

- Groupe I: constitué de 6 relevés des murs et fissures de bitumes, pieds d'arbres (R28, R29, R30, R31, R32, R33) situés dans la partie négative des deux axes.

- Groupe II: constitué d'un seul relevé de friche (R22, R34, R35, R36) dans la partie positive de l'axe 3 et la partie négative de l'axe 1 (Figure 6B. II)

Les deux groupes proviennent du milieu urbain (Figure 7B)

L'axe 3 présente un gradient d'urbanisation allant de l'hyper centre (boulevards et rues) caractérisé par

Coronopus didymus (L.) Sm., *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker., vers la petite couronne (friches) représenté par: *Beta vulgaris* L., *Calendula arvensis* (Vaill.) L., *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers.

Quant au plan factoriel 1-4 son inertie est de 38,29% est composé de:

- Groupe I: représenté par les relevés des voies ferrées (R15, R16, R17, R18, R19) situés dans la partie positive de l'axe 4.

- Groupe II: est composé des relevés (R22, R23, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R35, R36) situés dans la partie négative de l'axe 4 (Figure 6B. III).

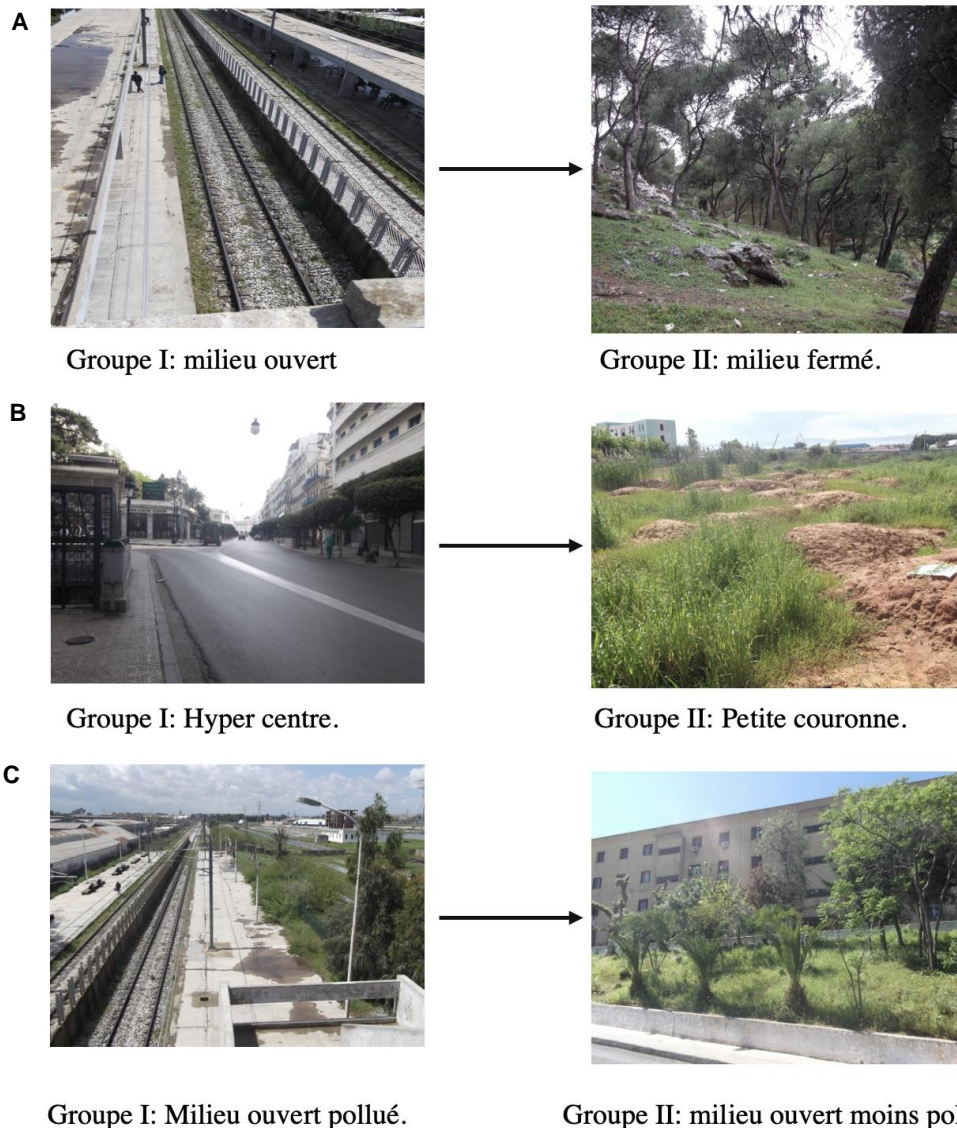


Figure 7. Individualisation des gradients. (A) Gradient milieu ouvert-milieu fermé.(B) Gradient d'urbanisation.(C) Gradient de pollution.

Figure 7. Individualization of the gradients (A) Open environment-close environment gradient. (B) Urbanization gradient.(C) Pollution gradient.

Il est constitué de trois sous-groupes; S/groupe 1 (friches), S/groupe 2 (murs et fissures de bitumes), S/ groupe 3 (habitations) (Figure 7C).

L'axe 4 met en évidence la présence d'un gradient de pollution allant des voies ferrées vers les friches, les habitations et les rues cela est confirmé par la présence d'espèces rudérales tel que: *Geranium*

purpureum Vill., caractéristique des milieux pollués et ouverts.

Cette analyse floristique montre qu'il n'existe pas un facteur écologique discriminant, mais une imbrication de facteurs conditionnés par l'action anthropique, le bâti et les voies de communication.

L'analyse des correspondances multiples (ACM)

Une analyse des correspondances multiples a été réalisée sur la base des sites-relevés en y intégrant les variables stationnelles à savoir pente, degré d'urbanisation, pollution, exposition, altitude et piétinement. A ces variables qualitatives, des modalités ont été attribuées (nul, faible, moyen, fort et très fort).

L'examen du tableau des valeurs (Tableau 2) propres fait ressortir un taux d'inertie de 79,35 % pour le plan F1 et F2, ce dernier explique presque la totalité des informations.

Le graphique du plan factoriel F1*F2 met en

évidence trois ensembles fortement corrélés à l'axe 1 (Figure 8).

Sur la partie positive de l'axe , un premier ensemble correspondant aux forêts suburbaines ou la pente est forte, altitude élevée, a exposition Nord, pollution et piétinement sont nulles et correspondant au site a IFI (indice d'intérêt floristique) élevé de l'ordre de 0,5, ce dernier s'oppose au deuxième ensemble situé sur la partie négative de l'axe 1 correspondant au milieu urbain , a forte urbanisation, pente nulle , pollution très forte , piétinement fort et a altitude faible, où l'IFI est compris entre 0,3 et 0,4.

Entre les deux ensembles préalablement définis, on y note un groupe intermédiaire correspondant aux voies de chemin de fer, autoroutes, gares ou l'altitude est faible, la pollution moyenne, faible urbanisation, et piétinement nulle ou l'IFI varie entre 0,24 et 0,3.

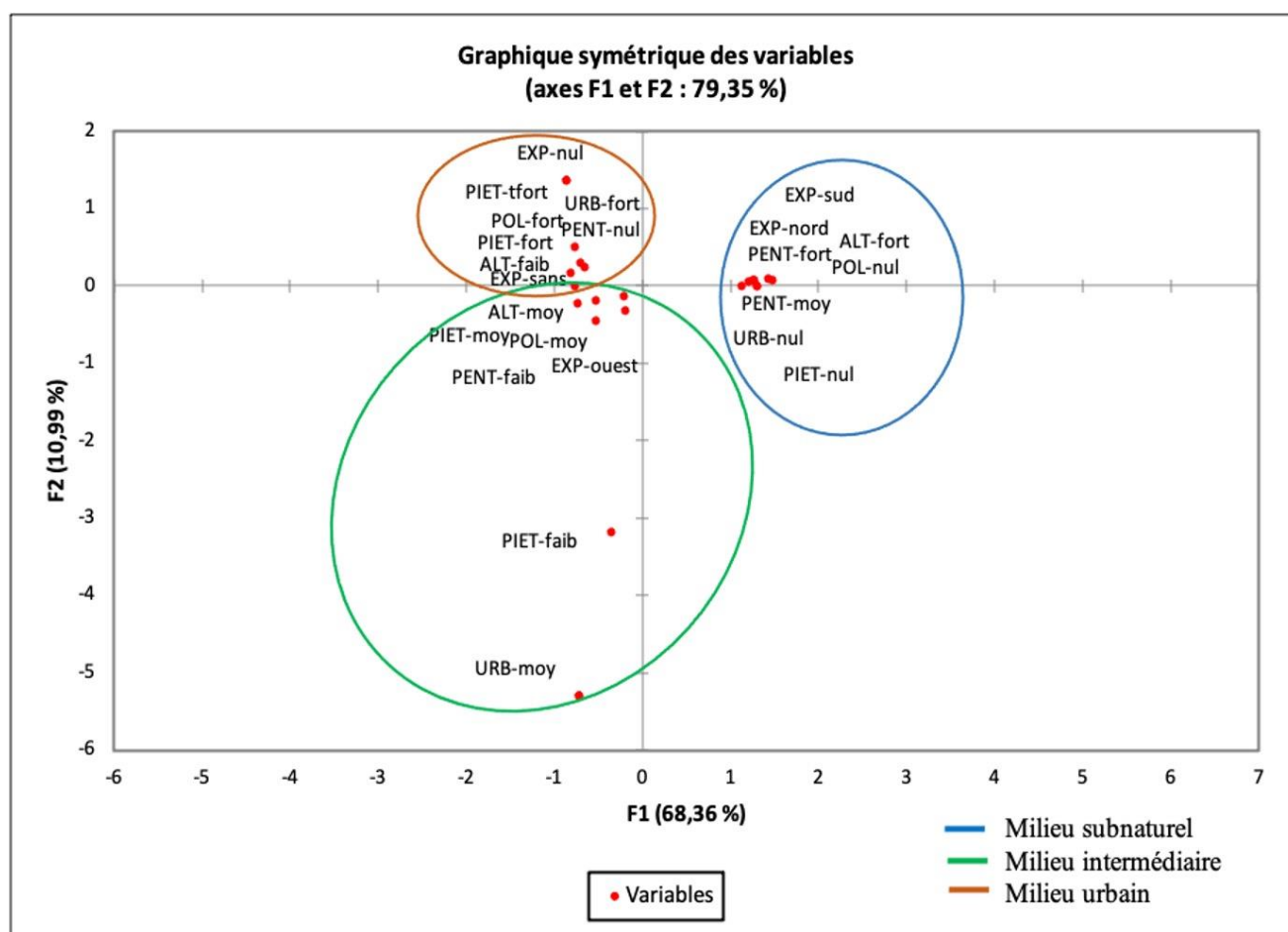


Figure 8. Analyse des correspondances multiple (ACM). Représentation des variables sur les deux premiers axes.

Figure 8. Multiple Correspondence Analysis (MCA). Representation of the variables on the first two axes.

Cette analyse des correspondances multiples est en adéquation avec les résultats de l'AFC, milieu ouvert- milieu fermé et milieu fortement urbanisé - faiblement urbanisé.

Conclusion

L'étude menée montre une diversité végétale insoupçonnée dans les milieux urbanisés particulièrement dans l'agglomération d'Alger

comparativement à d'autres métropoles. Alors que la flore indigène s'appauvrit dans beaucoup de villes à travers le monde par l'introduction d'espèces exotiques, l'effet inverse se produit à Alger, où l'on note dans les artères de la ville, un enrichissement par une flore herbacée indigène typiquement forestière introduite accidentellement par les services chargés des espaces verts par l'utilisation de terreau prélevé dans les forêts avoisinantes en

vue de la production des plants en pépinière (Tourbe et vermiculite non disponible en Algérie).

Tableau 2. Valeurs propres et pourcentages d'inertie des premiers axes factoriels.

Table 2. Eigenvalues and inertia percentages of the first factorial axes.

Axes	F1	F2
Valeurs propres	0,888	0,456
Inertie (%)	31,343	16,090
% d'inertie cumulée	68,362	79,351

Les habitats sub-naturels, tels que les forêts et les zones humides, présentent un intérêt floristique élevé et constituent le principal réservoir de biodiversité indigène de l'agglomération.

Une attention particulière doit être accordée à ces sites caractérisés par un IFI élevé et a intérêt potentiel et justifiant amplement un nouveau paradigme de gestion de la végétation au sens large dans l'agglomération d'Alger.

Ce travail est une première approche d'écologie urbaine applicable à l'agglomération d'Alger, une intensification de l'échantillonnage sera menée à travers de nombreux habitats et sites, ce qui permettra d'identifier d'une manière plus précise la diversité floristique et sa conservation dans le cadre d'une ville durable.

Remerciements

Crédit photographique et participation aux relevés: Kafi I., Lounis F., Sidi Benali Z.S. Remerciements à Fundação para a Ciência e Tecnologia (Portuguese Science and Technology Foundation) dans le cadre du projet stratégique UID/AMB/040085/2019 (CENSE).

Références

- Ahern, J. (2007). Green Infrastructure, a spatial solution for cities. In: Novotny, Vladimir and Brown Paul (Eds.) *Cities of the Future*, pp. 267-283. London: IWA Publishing.
- Alberti, M. (2005). The Effects of Urban Patterns on Ecosystem Function. *International Regional Science Review*, 28(2):168-192. doi:10.1177/0160017605275160
- Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O., Swartz, B., Quental, T.B., Marshall, C., McGuire, J.L., Lindsey, E.L., Maguire, K.C., Mersey, B., Ferrer, E.A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471: 51–57. DOI: 10.1038/nature09678
- Benzécri, J.P. (1982). *Histoire et préhistoire de l'analyse des données*. Paris: Dunod. 159 pages.
- Boucher, I. & Fontaine, N. (2010). La biodiversité et l'urbanisation. Guide de bonnes pratiques sur la

- planification territoriale et le développement durable, ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, coll. «Planification territoriale et développement durable», 178 p. Digital resource at http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/grands_dossiers/developpement_durable/biodiversite_urbanisation_complet.pdf
- Boutaina, El. J. & Pruneau, D. (2015). Favoriser la restauration de la biodiversité en milieu urbain: les facteurs de réussite dans le cadre de quatre projets de restauration. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* 15, 3. Digital resource at <http://journals.openedition.org/vertigo/16807>, DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.16807>
- Casanelles-Abella, J., Frey, D., Müller, S., Aleixo, C., Alós Ortí, M., Deguines, N., Hallikma, T., Laanisto, L., Niinemets, Ü., Pinho, P., Samson, R., Villarroya-Villalba, L., Moretti, M. (2021). A dataset of the flowering plants (Angiospermae) in urban green areas in five European cities. *Data in Brief*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107243>.
- Clergeau, P. (2007). *Une écologie du paysage urbain*. Rennes: Apogée. 137 pages.
- Clergeau, P. (2008). Préserver la nature dans la ville. *Responsabilité & Environnement* 52, 55-59. <http://Annales.org/re/2008/re52/Clergeau.pdf>
- Clergeau, P. (2019). Biodiversité et urbanisme. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. <https://doi.org/10.4267/2042/70466>.
- Clergeau, P. & Desire, G. (1999). Biodiversité, paysage et aménagement: du corridor à la zone de connexion écologique. *Mappemonde*, 55, 19-23.
- Dana, E.D., Vivas, S., Mota, J.F. (2002). Urban vegetation of Almería city - a contribution to urban ecology in Spain. *Landscape and Urban Planning*, 59, 203-216. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00039-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00039-7)
- Espinosa-Palomeque, O., Castillo-Campos, G., Arellano, L., Pérez-Hernández, P., López-Ortíz, S. (2020). Floristic diversity and stocking rate in tropical dry forest secondary vegetation used for grazing. *Global Ecology and Conservation*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01088>
- Ferland, A. (2015). *La conservation de la biodiversité en milieu urbain: comment aménager les villes du monde?* Maitrise en Environnement, Université de Sherbrooke, 104p, Canada.
- Godefroid, S. (2001). Temporal analysis of the Brussels flora as indicator for changing environmental quality. *Landscape and Urban Planning*, 52, 203-224.
- Godefroid, S. & Koedam, N. (2003). Identifying indicator plant species of habitat quality and invasibility as a guide for peri-urban forest management. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1699-1713.
- Hayek, L. A.C. & Buzas, M.A. (1997). *Surveying Natural Populations*. 563 pp. New York: Columbia University Press.

- ISL-BRGM (2006). Étude de réduction de la vulnérabilité du massif de Bouzaréah aux catastrophes naturelles. *Rapport de tâche*, 2, R3114, 6-42.
- Kinzing, A.P. & Grove, J.M. (2001). Urban – Suburban Ecology, En: Levin, S.A. (ed.) *Encyclopedia of Biodiversity* 5, pp. 733-745. Academic Press.
- Kostel-Hughes, F., Young, T.P. & McDonnell, M.J. (1998). The soil seed bank and its relationship to the aboveground vegetation in deciduous forest in New York City. *Urban Ecosystems*, 2: 43-59.
- Kowarik, I. (1995). Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. In: Pyšek, P., Prach, K., Rejmánek, M., Wade, M. (eds.) *Plant invasions: General aspects and special problems*, pp. 15-38. Amsterdam: SPB.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry*. Washington DC: World Resources Institute.
- McKinney, M. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, 52: 883-90.
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotichomogenization. *Biological Conservation*, 127: 247-260. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.09.005
- Miller, J.R. & Hobbs, R.J. (2002). Conservation Where People Live and Work. *Conservation Biology*, 16: 330-7.
- Muratet, A. (2006). Diversité végétale en milieu urbain *L'exemple des Hauts-de-Seine*. Thèse Doctorat, Université de Pierre et Marie Curie, France. 121 pages.
- Muratet, A., Machon, N., Jiguet, F., Moret, J., Porcher E. (2007). The Role of Urban Structures in the Distribution of Wasteland Flora in the Greater Paris Area, France, *Ecosystems*, 10: 661–671. DOI: 10.1007/s10021-007-9047-6
- Muratet, A., Porcher, E., Devictor, V., Arnal, G., Moret, J., Wright, S., Machon N. (2008). Evaluation of floristic diversity in urban areas as a basis for habitat management. *Applied Vegetation Science*, 11: 451-460. <https://doi.org/10.3170/2008-7-18530>
- Muratet, A., Porcher, E., Abadie, J.C., Poncet, L., Moret, J. Robert., A. (2009). Use of extensive habitat inventories in biodiversity studies. *Biodivers Conserv*, 18, 3115. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9630-6>
- O.N.S (2008). Annuaire statistique de l'Algérie N 31, 32 pages, Alger.
- Pickett, S.T.A. & Cadenasso, M.L. (1995). Landscape ecology: Spatial heterogeneity in ecological systems. *Science*, Vol. 269, 331–334. DOI: 10.1126/science.269.5222.331.
- Pickett, S.T.A., Burch, W.R., Dalton, S.E., Foresman, T.W., Grove J.M., Rowntree R. (1997). A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas. *Urban Ecosystems*, 1: 185-199. <https://doi.org/10.1023/A:1018531712889>
- Pyšek, P. (1998). Alien and native species in Central European urban floras: A quantitative comparison. *Journal of Biogeography*, 25:155-163.
- Quezel, P. & Santa, S. (1962-1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Tome I et Tome II. 1170 pp. Paris: CNRS.
- Reygrobellet, B. (2007). *La nature dans la ville. Biodiversité et urbanisme, Avis et rapports du Conseil économique et social, Documentation française*. 182 pp. Paris. <https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/074000752.pdf>
- Siron, R. (2010). Écosystèmes, biodiversité et changements climatiques: des enjeux indissociables, *Vecteur Environnement*, 10-13.
- Sukopp, H. & Weiler, S. (1988). Biotope mapping and nature conservation strategies in urban areas of the Federal Republic of Germany. *Landscape and Urban Planning*, 15: 39–58.
- Szekely, G. & Rizzo, M. (2005). Hierarchical Clustering via Joint Between-Within Distances: Extending Ward's Minimum Variance Method. *Journal of Classification*, 22: 151–183. <https://doi.org/10.1007/s00357-005-0012-9>
- Wilcox, B.A. & Murphy, D.D. (1985). Conservation Strategy: The Effects of Fragmentation on Extinction. *The American Naturalist*, 125: 879-87.

Annexe

Photos et images satellites représentatifs des relevés réalisés dans les différents habitats

Forêts

Photos



Image satellite



(Google Earth V6.2/2012)

Oueds

Photos



Image satellite



(Google Earth V6.2/2012)

Lisières des forêts

Photos



Image satellite



(Google Earth V6.2/2012)

Friches des voies de communication

Photos



Image satellite



(Google Earth V6.2/2012)

Voies ferrées

Photos

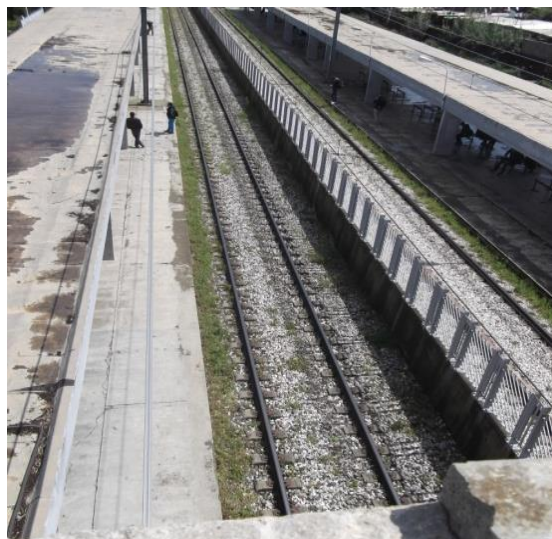
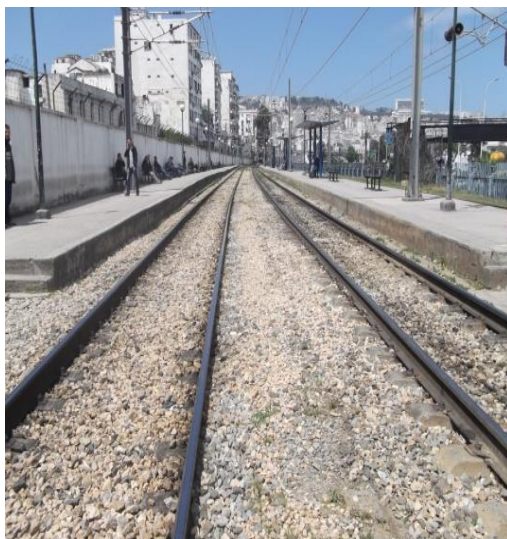


Image satellite



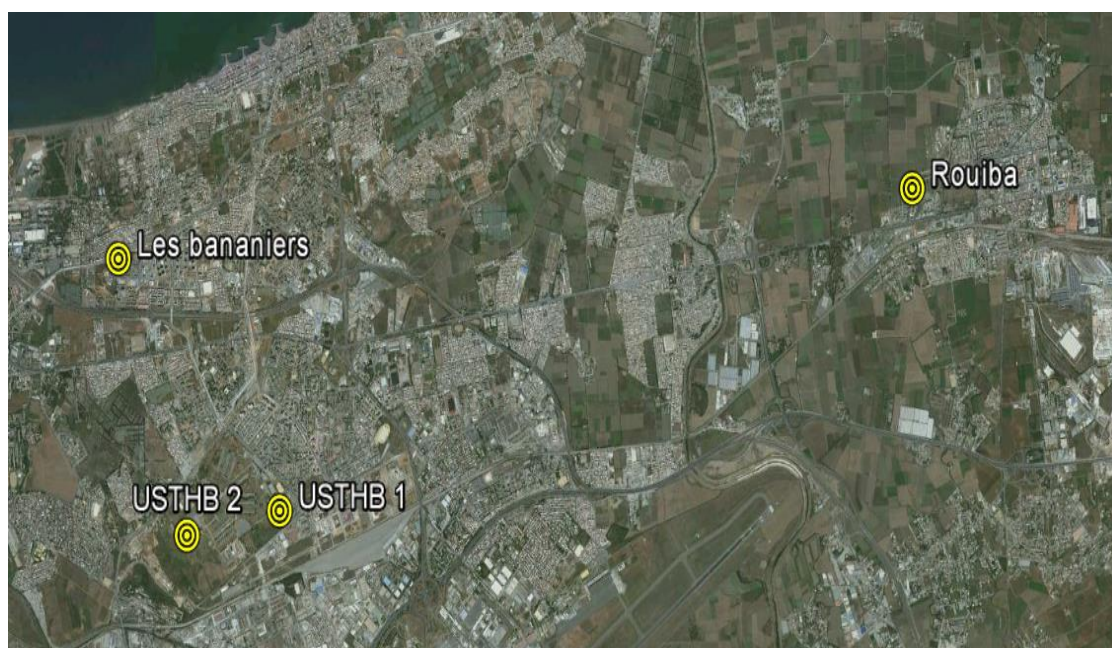
(Google Earth V6.2/2012)

Friches

Photos



Image satellite



(Google Earth V6.2/2012)

Pelouses

Photos



**Image
satellite**



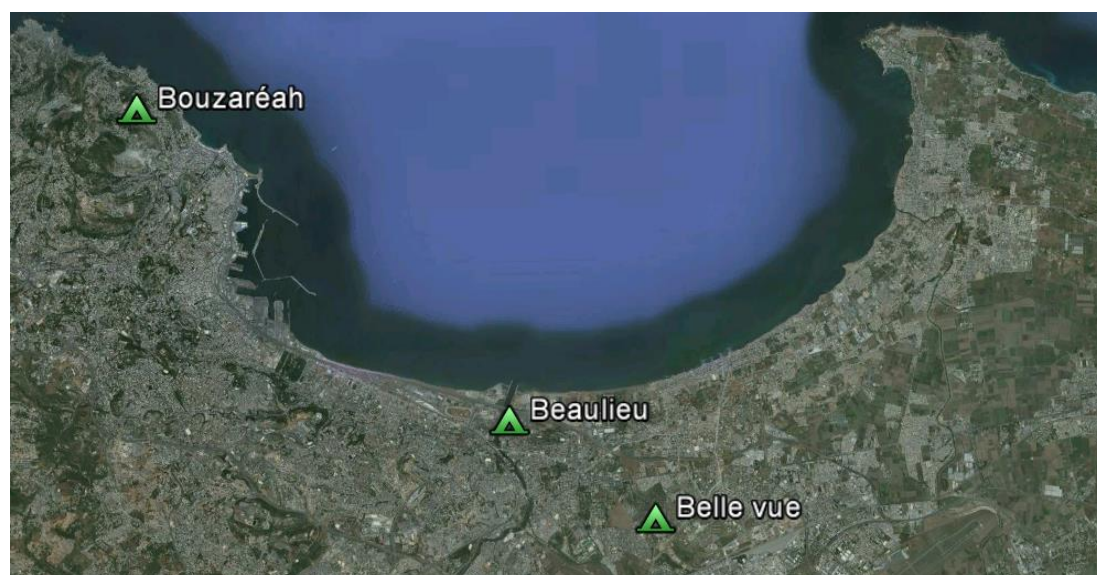
(Google Earth V6.2/2012)

Bois urbains

Photos



Image satellite



(Google Earth V6.2/2012)

Fissures des murs et des bitumes + Pieds d'arbres

Photos



Image satellite



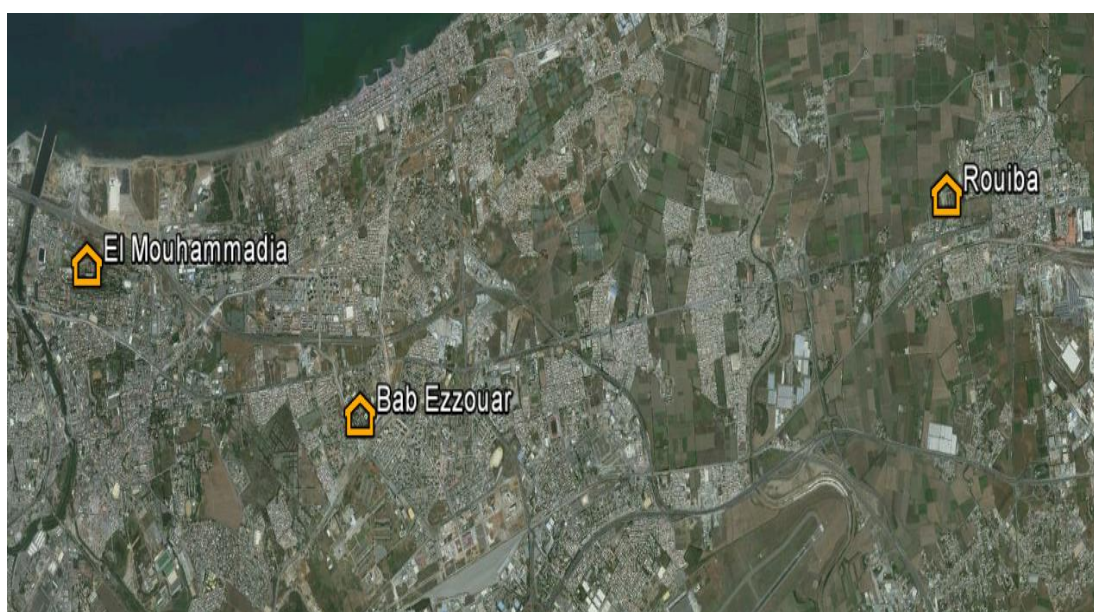
(Google Earth V6.2/2012)

Habitations

Photos



Image satellite



(Google Earth V6.2/2012)