

# CARACTÉRISTIQUES FLORISTIQUES, PHYTOSOCIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES DE LA VÉGÉTATION DES CARRIÈRES EN RÉPUBLIQUE DU BÉNIN.

*Akouavi Léa AÏTONDJÏ<sup>1</sup>, Mireille Sêwanoudé Scholastique TOYI, Barthélémy KASSA, Brice SINSIN*

## RESUME

L'extraction des matériaux de construction est à l'origine de la destruction des habitats et contribue à la perte de la biodiversité. Toutefois, les sites abandonnés peuvent être colonisés par une flore diversifiée. Cette étude a pour objectif de déterminer la diversité et les caractéristiques phytosociologiques des carrières non sableuses (calcaire, granite, gravier et quartzite) dans sept (7) départements du Bénin. Suivant la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet (1932), 125 relevés phytosociologiques ont été effectués dans les formations après carrière et celles adjacentes (savanes et jachères) sur les mêmes matériaux. Au total, une flore riche de 457 espèces a été recensée. Elle est assez diversifiée ( $H'$  de 4,54 à 6,56 et  $J'$  de 0,73 à 0,82) et abrite 12,26% des espèces végétales menacées de la Liste Rouge du Bénin et est dominée d'espèces rares (54,7%). Une classification hiérarchique ascendante des relevés dans PC-Ord 5 a permis d'obtenir six groupements végétaux suivant les zones bioclimatiques et la nature de la roche mère. Ces groupements végétaux sont marqués par une prédominance de Phanérophytes et de Thérophytes ; d'espèces rudérales, de savanes et de jachères, puis dans une moindre mesure des espèces forestières, introduites, aquatiques, cultivées et de milieux inondés.

Les zones de carrières sont donc diversifiées en espèces végétales et pourraient servir de refuges pour la sauvegarde de la phytodiversité locale notamment dans les régions à démographie galopante comme le Sud du Bénin. Il est donc nécessaire que les autorités locales développent une bonne politique d'aménagement après carrière prenant en compte des espaces témoins pour la conservation de la phytodiversité et pour servir de vestiges pour les générations futures.

**Mots clés :** carrières, phytodiversité, phytosociologie, espèces menacées.

## ABSTRACT

### Floristic, phytosociological and ecological characteristics of quarries flora in Benin

Quarrying results in habitat destruction and contributes to the biodiversity loss. However, abandoned sites are able to receive an important floristic diversity. This study aims to determine the spatial distribution and phytosociological characteristics of non-sandy quarries (Limestone, granite, gravel and quartzite) located in seven (7) departments of Benin. For this purpose, geographical coordinates of quarries obtained using a GPS (Global Positioning System). Floristic relevés carried out using Braun-Blanquet (1932) method in the quarries and adjacent savannas and fallows on the same materials. The floristic inventories resulted in a matrix of cover values of 457 species x 125 plots. Total flora is diversified ( $H'$  from 4.54 to 6.56 and  $J'$  from 0.73 to 0.82) and contains 12.26 % of threatened plant species of Benin Red List. Rare species were the most numerous (54.7 %). A hierarchical cluster in PC-ORD version 5 resulted in six plant communities following the climate zone and the nature of the parent material. These plant communities characterized by the abundance and the dominance of Phanerophytes and Therophytes. Savannah, fallow and ruderal species were the most numerous in the different plant communities. The less numerous were the forest, exotic, aquatic and cultivated species and the species of flooded habitats.

Quarries areas are rich in plant species and could be shelters for local plant diversity, particularly in South Benin areas with expanding demography. It is therefore necessary that local authorities develop a good land use policy after mining including protected areas as shelters for maintaining plant diversity and relics for future generations.

**Keywords:** Quarries, plant diversity, phytosociology, threatened plant species.

1 Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA) de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) - BENIN

\* Auteur correspondant : elyaciafr@yahoo.fr

## 1. Introduction

L'un des principaux défis du monde moderne est la conciliation de l'activité économique avec la protection et la conservation de l'environnement, les préoccupations sociales et la bonne gouvernance (MMSD, 2002). Le Conseil International des Mines et des Métaux (ICMM) en 2012, abondait dans le même sens en affirmant que toute activité humaine, y compris l'extraction minière devrait être menée de manière à offrir une nette contribution à long terme au bien-être des humains et des écosystèmes.

Mais force est de constater que l'extraction des ressources naturelles, notamment dans les pays sous-développés contribuent très rarement à une amélioration des conditions de vie des communautés locales (Terminski, 2012). Plus précisément l'extraction minière entraîne le décapage de la partie superficielle du sol, la destruction de la faune et de la flore, la pollution de l'eau et du sol et favorise l'érosion du sol (Milgrom, 2008). L'exploitation des carrières entraîne une forte dégradation de la biodiversité et de profondes modifications de formes de relief (Khater et Arnaud, 2007). Cette forte dégradation s'explique notamment par

la suppression du couvert végétal au début des opérations d'excavation dans ces carrières (Khater, 2004), entraînant parfois la disparition de certaines espèces endémiques (Clements *et al.*, 2006). Cette dégradation s'observe également au niveau du paysage avec une modification de sa structure et une restauration difficile de la végétation (Zhang et Xia, 2003 ; Calugaru, 2006).

Cependant, bien que l'extraction des matériaux de construction soient à l'origine de la destruction des habitats et des espèces (Melki, 2002), les sites abandonnés sont généralement constitués d'une variété d'habitats qui favorisent le développement d'une biodiversité renouvelée (Deconchat et Balent, 2001 ; Bétard, 2011). Le développement de cette biodiversité est d'autant plus remarquable lorsque les groupements végétaux sont présents dans les environs (Borgegard, 1990 ; Rehounkova et Prach, 2008). La succession végétale spontanée sur les sites après carrière dépend en effet du type de formation végétale environnant (Novák et Prach, 2003). Ces sites à végétation spontanée sont riches en espèces rares (Tropek *et al.*, 2010 ; Lenda *et al.*, 2012), ce qui fait d'eux, des habitats précieux pour la flore (Rademacher et Tränkle, 2006) et pour de nombreux organismes dans les régions fortement dégradées (Lundholm et Richardson, 2010 ; Tropek et Konvicka, 2011). Les sites abandonnés sont par conséquent des milieux de substitution qui jouent un rôle significatif et parfois décisif pour certaines espèces dans le maintien de la biodiversité (Remacle, 2005).

Au Bénin, des travaux de mémoires de maîtrise basés sur des enquêtes ont relevé que les activités de carrières ont des impacts négatifs sur l'environnement, la biodiversité et la santé des populations. Par exemple, l'exploitation du calcaire accentue la dégradation des écosystèmes tant au niveau du sol qu'au niveau de la flore et de la faune (Noukpo, 2009) tandis que celle des pierres ornementales entraîne la destruction du paysage rocheux, l'érosion des pentes, la raréfaction voire la disparition d'espèces animales et végétales et la pollution atmosphérique et sonore (Santa, 2007). En outre il faut noter qu'il y a eu très peu de recherches sur les carrières béninoises, notamment sur leurs potentialités floristiques. Le présent travail vient ainsi combler ce vide à travers la détermination des caractéristiques floristiques, phytosociologiques et écologiques des carrières non sableuses du Bénin.

## 2. Approche méthodologique

### 2.1. Milieu d'étude

L'étude a été effectuée dans sept départements (Atacora, Borgou, Collines, Couffo, Mono, Plateau et Zou) de la République du Bénin. Elle est située dans la zone intertropicale en Afrique de l'Ouest, entre les parallèles 6°10' et 12°25' Nord et les méridiens 0°45' et 3°55' Est (figure 1). Elle couvre une superficie de 114763 km<sup>2</sup> avec une population 10008749 habitants pour une densité moyenne de 87,2 habitants au km<sup>2</sup> (INSAE, 2015). Les sept départements investigués couvrent 63,44% du territoire national avec 5 420 511 habitants, soit 54,16% de la population béninoise.

Sur le plan climatique, le milieu d'étude couvre les trois zones climatiques du pays (Adjanooun *et al.*, 1989). Il s'agit de la zone guinéo-congolaise dans le Sud (6°25 à

7°30' N), de la zone de transition guinéo-soudanienne au centre (7°30' à 9°30' N) et de la zone soudanienne semi-aride au Nord (9°30' à 12° N). Le régime pluviométrique est bimodal dans la zone guinéo-congolaise (avril-juin et septembre-novembre) avec une moyenne annuelle de 1200 mm (Sinsin *et al.*, 2004). A partir de 8° N, cette distribution devient unimodale (mai-octobre) avec en moyenne plus de 900 mm de hauteur de pluie.

Sur les plans pédologique et floristique, le Bénin est caractérisé par dix phytodistricts (Adomou, 2006). Les phytodistricts de la Zone Guinéo-Congolaise sont notamment caractérisés par des fourrés et des mangroves sur des sols sableux, hydromorphes et halomorphes, de forêts semi-décidues sur des sols ferrallitiques et hydromorphes. Ces derniers sont également couverts de forêts marécageuses. Les trois phytodistricts de la zone de transition Soudano-Guinéenne sont constitués de forêts semi-décidues, de forêts claires et de forêts galeries sur des sols ferrallitiques. Dans cette zone, les sols ferrugineux installés sur des roches cristallines accueillent des forêts sèches, des forêts claires et des forêts galeries. Ces formations sont également présentes dans la zone Soudanienne sur les mêmes types de sols (sols ferrugineux sur roches cristallines). La zone Soudanienne présente également des sols ferrugineux sur roches sédimentaires, couverts de savanes, de forêts sèches et de forêts galeries. La chaîne de l'Atacora dans cette zone présente des forêts galeries, des forêts sèches et claires.

Sur le plan géologique, le milieu d'étude est essentiellement constitué de formations précambriennes et des formations sédimentaires (OBRGM, 2008). Le socle cristallin est composé de migmatites, granulites, gneiss, quartzites, schistes, brèches, grès, siltstones, argilites, granites, gabbros et des monzosyérites et microconglomérats. Les formations sédimentaires sont formées de sables quartziteux, de sables argileux entrecoupés de lignite, marne, calcaire, grès, etc. Ces différentes formations géologiques constituent par endroit des gisements qui font l'objet d'exploitation des matériaux par des individus, des associations villageoises ou des sociétés à des fins commerciales. Les principaux matériaux extraits des carrières sont le gravier, le calcaire, le quartzite et le granite (OBRGM, 2008). Le granite est une roche magmatique qui résulte du refroidissement et de la cristallisation de magmas qui sont des mélanges visqueux de roches en fusion à l'intérieur de la terre. Le quartzite quant à lui, est une roche métamorphique qui provient de la transformation par la température et la pression de roches sédimentaires ou magmatiques, voire métamorphiques. Le gravier et le calcaire appartiennent à la famille des roches sédimentaires issues de l'altération de roches ou de sédiments préexistants.

Ces différentes roches sont extraites dans les carrières. Une carrière peut présenter un ou plusieurs sites d'extraction qui sont les parties extraites. Les gisements de roche sont généralement couverts de sol et de végétation. Leur extraction passe par la mise à nu ou découverte qui nécessite alors la suppression de la végétation et des sols sus-jacentes. La roche mise à nu est alors extraite suivant un mode artisanal ou industriel, laissant place à un site dénudé caractérisé par des fronts de taille ou faces verticales et qui peut accueillir plus tard une nouvelle formation végétale.

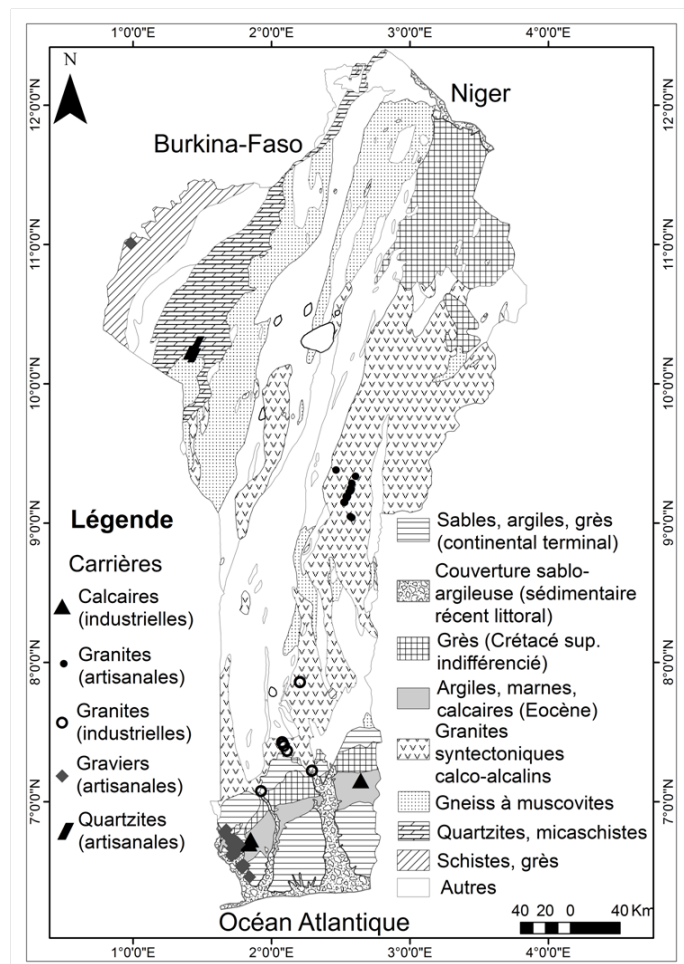


Figure 1 : Carte du milieu d'étude montrant de répartition des carrières non sableuses du Bénin et les couches géologiques (données OBEMINES, 1989 ; travaux de terrain, 2014)

2.2. Méthodes de collecte des données

2.2.1. Données cartographiques

Une liste initiale des carrières d'extraction des quatre matériaux de construction retenus (calcaire, granite, gravier et quartzite) a été établie sur la base des informations recueillies à la Direction Générale des Mines et dans les mairies. Cette liste a été complétée par échantillonnage selon les répondants (respondent-driven sampling) au niveau des carrières de gravier du Sud-ouest du Bénin. En effet, la liste initiale a été complétée à travers les informations recueillies auprès des exploitants. Des coordonnées géographiques ont été prises au sein de chaque carrière à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) Garmin 76 et projetées sur un fond de carte géologique dans le logiciel ArcGIS 10 en vue de mettre en évidence la répartition spatiale des carrières.

2.2.2. Données floristiques

L'étude de la végétation a été réalisée sur les quatre types de carrières (calcaire, granite, gravier et quartzites) au sein des trois zones climatiques du Bénin. Des relevés floristiques ont été effectués dans les formations végétales après carrière et dans des formations végétales adjacentes (savanes et jachères) sur les mêmes matériaux suivant l'approche sigmatiste de Braun-Blanquet (1932). Cette approche consiste à installer des placeaux dans des

formations végétales suffisamment homogènes dans une aire minimale bien déterminée. A l'intérieur de ces placeaux, toutes les espèces sont relevées et affectées d'un coefficient d'abondance-dominance variant de + (-1% de recouvrement au sol) à 5 (100% de recouvrement au sol). Dans cette étude, ce sont les plantes supérieures (phanérogames) qui ont été considérées. Les relevés ont été ainsi effectués dans des carrés de 400 m<sup>2</sup> exceptés dans les formations après carrière sur granite et quartzite où toute la superficie exploitée a été considérée. En effet, dans ces derniers cas, les superficies exploitées n'atteignent pas 400 m<sup>2</sup>. Les autres formations après carrière sont plus vastes. Le nombre de relevés varie en fonction du nombre de carrières accessibles (tableau I) et du nombre de sites exploités, le site s'identifiant ici à une aire exploitée par un exploitant et la carrière à un domaine pouvant regrouper plusieurs sites. Le nombre de sites varie beaucoup en fonction du type de carrière. En effet, les carrières de granite de par leur isolement présentent un seul site par carrière tandis que les carrières de gravier, de calcaire et de quartzite présentent plusieurs sites par carrière. Par ailleurs, les carrières de calcaire dans le Mono sont récentes et n'ont présenté que trois sites après carrière.

Un total de 125 relevés a été effectué.

Tableau I : Répartition des relevés par carrière

	Mono (calcaire)	Plateau (calcaire)	Zou-Collines (granite)	Borgou (granite)	Mono-Couffo (gravier)	Atacora (gravier)	Atacora (quartzite)
Accessibles	2	1	8	9	23	1	3
Inaccessibles	0	0	0	10	0	0	0
Nombre de relevés	6	7	15	18	55	7	17

2.3. Analyses

2.3.1. Répartition des carrières

Les coordonnées géographiques de toutes les carrières ont été projetées sur un fond de carte dans le logiciel ArcGIS 10.0 pour l'obtention de la carte de répartition des carrières.

2.3.2. Caractéristiques floristiques et phytosociologiques des carrières

L'identification des espèces a été faite à l'aide de différentes flores de la sous-région (Berhaut, 1971, 1974, 1975, 1976 ; Akobundu & Agyakwa, 1989; Arbonnier, 2002 ; Akoègninou *et al.*, 2006; de Souza, 2008) et confirmée à l'herbier national. L'identification des types biologiques a été réalisée sur la base des travaux de Raunkiaer (1934) et les types phytogéographiques à partir des subdivisions chorologiques généralement admises en Afrique (White, 1986). Les types écosociologiques ont été déterminés sur la base des résultats de nombreux auteurs ayant travaillé sur les groupes écosociologiques en Afrique tropicale (Sinsin, 1993 ; Oumorou, 2003 ; Djego, 2006 ; Mahamane *et al.*, 2008 ; Aboh, 2008 ; Boupoya-Mapikou, 2011). Les types écosociologiques suivants ont été retenus :



- Les espèces des savanes steppiques zambéziennes où prédominent des Hémicryptophytes, classe des *Ctenio-Loudetieta simplicis* (CLs) Duvingneaud 1949 ;
- les espèces des savanes soudaniennes caractérisées par l'abondance des Thérophytes, classe des *Ctenio-Loudetieta togoensis* (CLt) Sinsin 1993 ;
- les espèces des forêts claires tropophiles, classe des *Erythrophleetea africana* (Ea) Schmitz 1963 nom.emend ;
- les espèces des savanes non steppiques, classe des *Hyparrhenieta* (H) Schmitz 1963 ;
- les espèces de la végétation psammophile pionnière littorale, classe des *Ipomoeetea Pedis-caprae* (IPc) Schmitz 1988 ;
- les espèces de la végétation pionnière des éboulis, classe des *Lycopodieta cernui* (Lc) Schmitz 1971 ;
- les espèces des forêts édaphiques hygrophiles, classe des *Mitragynetea* (M) Schmitz 1963 ;
- les espèces de la végétation pionnière des sols temporairement mouilleux, classe des *Microchloetea indicae* (Mi) Schmitz 1971 nom.emend ;
- les espèces de la végétation des jachères et forêts secondaires, classe des *Musango-Terminalieta* (MT) Lebrun et Gilbert 1954 ;
- les espèces aquatiques, classe des *Nymphaetea loti* (N) Lebrun 1947 ;
- les espèces de la végétation herbacée semi-aquatique des eaux douces des régions chaudes et froides, classe des *Phragmitetea* (Phr) Tüxen et Preising 1942 ;
- les espèces des groupements végétaux anthropiques, nitrophiles, piétinés, des décombres et des bords de chemins, classe des *Ruderali-Manihotetea* (RM) emend. Hoff et Brisse 1983 ;
- les espèces des végétations culturales et post culturales intertropicales, classe des *Soncho-Bidentetea pilosi* (SB) Hoff 1991 ;
- les espèces des forêts denses climaciques, classe des *Strombosio-Parinarietea* (SP) Lebrun et Gilbert 1954 ;

Les espèces ont été ensuite classées dans les grandes unités systématiques. Les espèces menacées de disparition ont été identifiées sur la base de la liste rouge du Bénin (Neuenschwander et al. 2011) et les spectres bruts et pondérés de leurs familles tracés. La détermination des groupements végétaux a été réalisée dans le logiciel PC-ORD 5 sur la base de la matrice des espèces avec leur présence/absence. L'indice de similarité (K) de Sørensen (1948) a été calculé dans le logiciel CAP pour analyser les degrés de communautés entre les différents groupements deux à deux suivant la formule ci-après :

$$K = \frac{2c}{a+b} \times 100$$

avec :

**c** = nombre d'espèces communes aux deux groupements végétaux comparés ; **a** = nombre d'espèces du groupement 1 et **b** = nombre d'espèces du groupement 2.

Le seuil de similarité retenu est 50%, généralement admis (Gounot, 1969 ; Sokpon, 1995 ; Ganglo, 2000 ; Djego, 2006).

Les indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité de Pielou (J') ont été également calculé pour l'analyse de la diversité des groupements végétaux suivant les formules ci-après :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{r_i}{R} \times \log_2 \frac{r_i}{R}$$

où **S** = nombre total d'espèces ; **ri** = recouvrement moyen ; **R** = somme des recouvrements moyens ;

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Les spectres bruts et pondérés des types biologiques, phytogéographiques et écosociologiques ont été tracés dans le tableur Excel.

### 3. Résultats

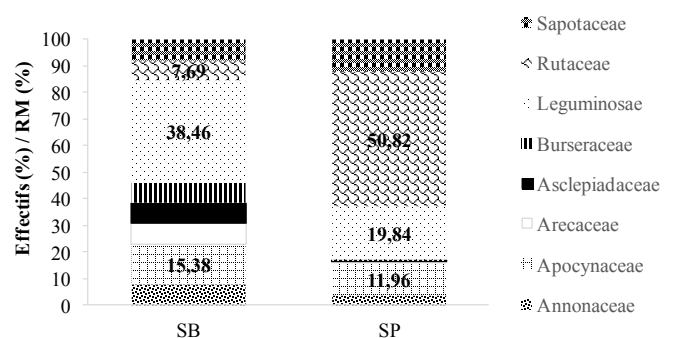
#### 3.1. Caractéristiques floristiques des carrières

Un total de 457 espèces réparties en 82 familles et 125 relevés a été recensé. 54,7% des espèces sont rares dans les carrières car présentes dans moins de cinq (5) relevés et faiblement recouvrantes (moins 1%). La richesse spécifique des phanérogames considérées est en moyenne  $30,58 \pm 11,17$  par relevé. Les 82 familles appartiennent tous à la grande unité systématique des Angiospermes. Cette flore est répartie en 87 espèces (19%) monocotylédones et 370 espèces dicotylédones (81%).

La flore totale des carrières étudiées regroupe 12,26% des espèces végétales menacées de disparition au Bénin (tableau II). Il s'agit des espèces vulnérables (8), des espèces en danger (2), des espèces en danger critique d'extinction (2) et des espèces quasi menacées (1) (tableau II).

Ces espèces menacées sont réparties en 13 genres et 10 familles dont notamment les Leguminosae (38,46%) et les Apocynaceae (15,38%) (figure 2).

La famille des Leguminosae est la plus touchée par



RM = Recouvrement moyen ; SB = Spectre brut ; SP = Spectre pondéré

Figure 2 : Spectres bruts et pondérés des familles des espèces menacées

les menaces (38,46% du spectre brut total des familles menacées) mais les espèces menacées de disparition dans cette famille sont moins recouvrantes. Il s'agit des espèces *Azelia africana* Smith ex Pers. (en danger au Bénin), *Albizia*

Tableau II : Espèces menacées recensées dans les carrières

Espèces	Famille	Catégorie de vulnérabilité de l'IUCN définie au Bénin
1. <i>Azalia africana</i> Smith ex Pers.	Leguminosae-Caesalpinioideae	En danger
2. <i>Albizia ferruginea</i> (Guill. et Perr.) Benth	Leguminosae-Mimosoideae	Vulnérable
3. <i>Borassus aethiopicum</i> Mart.	Arecaceae	Vulnérable
4. <i>Carissa spinarum</i> L.	Apocynaceae	Vulnérable
5. <i>Commiphora pedunculata</i> (Kotschy & Peyr.) Engl.	Burseraceae	En danger critique d'extinction
6. <i>Dalbergia ecastaphyllum</i> (L.) Taub.	Leguminosae-Papilionoideae	Vulnérable
7. <i>Dennettia tripetala</i> Baker F.	Annonaceae	En danger critique d'extinction
8. <i>Detarium senegalense</i> J.F. Gmel	Leguminosae-Caesalpinioideae	Vulnérable
9. <i>Mondia whitei</i> (Hook F.) Skeels	Asclepiadaceae	Vulnérable
10. <i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir	Leguminosae-Papilionoideae	En danger
11. <i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel	Apocynaceae	Quasi menacée
12. <i>Vitellaria paradoxa</i> C.F. Gaertn	Sapotaceae	Vulnérable
13. <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timber	Rutaceae	Vulnérable

*ferruginea* (Guill. & Perr.) Benth (vulnérable au Bénin), *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub. (vulnérable au Bénin), *Detarium senegalense* J. F. Gmel. (vulnérable au Bénin) et *Pterocarpus erinaceus* Poir. (en danger au Bénin). La famille des Rutaceae représentée par l'espèce *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepern. & Timber (vulnérable au Bénin) est la plus dominante des espèces menacées (50,82% du spectre pondéré des familles menacées).

La figure 3 montre le spectre brut des familles des espèces constituant la flore des carrières. L'analyse de cette figure montre que les Leguminosae, les Poaceae, les Asteraceae, les Rubiaceae, les Euphorbiaceae, les Convolvulaceae, les Combretaceae, les Malvaceae, les Cyperaceae et les Amaranthaceae représentent les dix familles les plus représentées (57,33% des espèces).

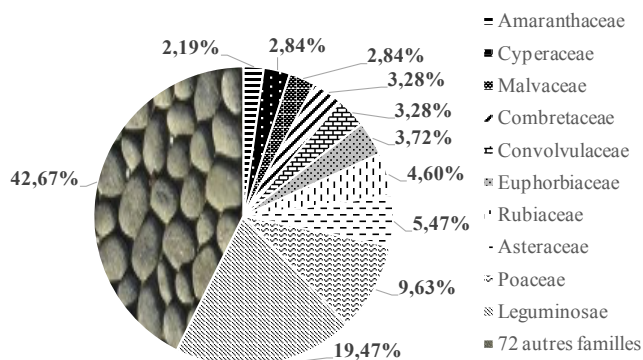


Figure 3 : Spectre brut des familles des carrières

### 3.2. Caractéristiques écologiques et phytosociologiques des carrières

#### 3.2.1. Partition des relevés en groupements végétaux

La classification hiérarchique ascendante obtenue avec une matrice de 125 relevés et 457 espèces dans PC-Ord 5 a permis une discrimination de six groupements (figure 4) à un taux de discrimination de 18%. Il s'agit de :

G1 : Groupement à *Lepistemon owariense* et *Andropogon tectorum* des carrières de calcaire de la zone Guinéo-Congolaise.

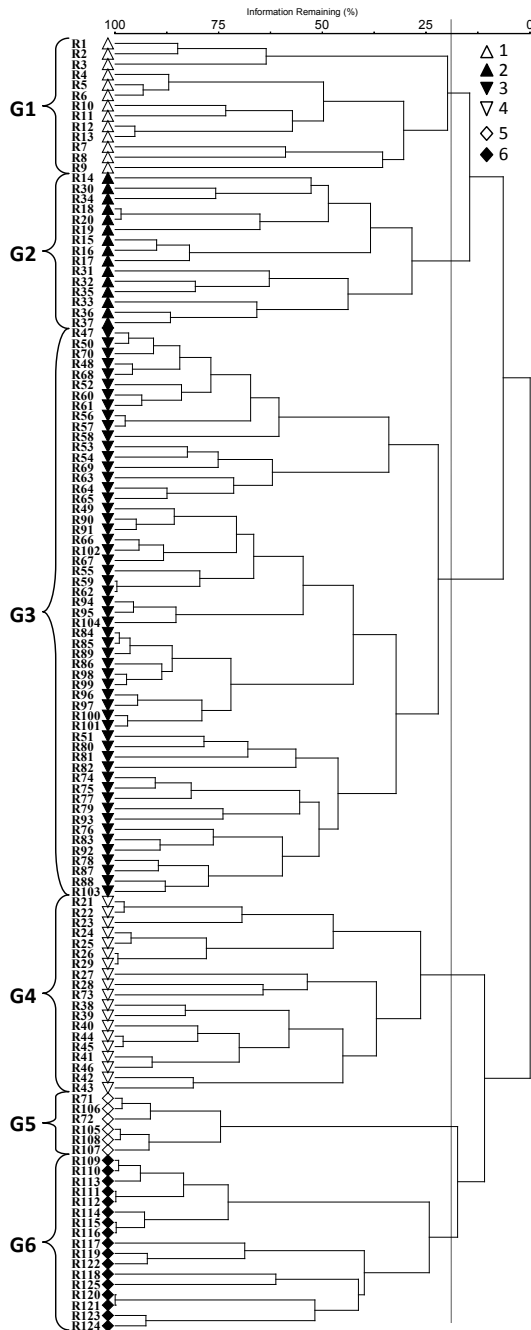
G2 : Groupement à *Cola millenii* et *Tephrosia elegans* des carrières de granite de la zone Guinéo-Congolaise.

G3 : Groupement à *Tephrosia pedicellata* et *Chlorophytum senegalense* des carrières de granite de la zone Soudano-Guinéenne.

G4 : Groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum* qui regroupe les relevés des carrières de gravier de la zone Guinéo-Congolaise.

G5 : Groupement à *Acacia gourmaensis* et *Combretum glutinosum* des carrières de gravier de la zone Soudanienne.

G6 : Groupement à *Terminalia laxiflora* et *Elionurus hirtifolius* des carrières de quartzite de la zone Soudanienne.



G1 : groupement à *Lepistemon owariense* et *Adropogon tectorum* sur calcaire (zone GC) ; G2 : groupement à *Cola millenii* et *Tephrosia elegans* sur granite (zone GC) ; G3 : groupement à *Tephrosia pedicellata* et *Chlorophytum senegalense* sur granite (zone SG) ; G4 : groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum* sur gravier (zone GC) ; G5 : groupement à *Acacia gourmaensis* et *Combretum glutinosum* sur gravier (zone S) et G6 : groupement à *Terminalia laxiflora* et *Elionurus hirtifolius* sur quartzite (zone S).

**Figure 4 :** Dendrogramme des groupements végétaux

La discrimination des groupements s'est réalisée suivant la zone bioclimatique et la nature de la roche mère. En effet, les formations végétales installées sur du granite dans les zones bioclimatiques Guinéo-Congolaise et Soudano-Guinéenne se sont discriminées en deux communautés végétales appartenant chacune à une zone bioclimatique. Il s'agit du groupement à *Cola millenii* et *Tephrosia elegans* des carrières de granite de la zone Guinéo-Congolaise et du groupement à *Tephrosia pedicellata* et *Chlorophytum senegalense* des carrières de granite de la zone Soudano-Guinéenne. Il en est de même pour le gravier avec le groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum* qui regroupe les relevés des carrières de gravier de la zone guinéo-congolaise et le groupement à *Acacia gourmaensis*

et *Combretum glutinosum* des carrières de gravier de la zone Soudanienne. Quant aux deux autres types de matériaux à savoir le calcaire et le quartzite, extraits respectivement dans les zones bioclimatiques Guinéo-Congolaise et Soudanienne, ils abritent en effet chacun une seule communauté végétale. Il s'agit respectivement du groupement à *Lepistemon owariense* et *Andropogon tectorum* et du groupement à *Terminalia laxiflora* et *Elionurus hirtifolius*.

### 3.2.2. Similarité entre les groupements

Les coefficients de similarité de Sorensen entre les groupements pris deux à deux sont dans l'ensemble inférieurs à 50%, indiquant l'indépendance des six groupements obtenus par la classification hiérarchique ascendante (tableau III). Cependant, le taux de similarité de 47% (< 50%) entre le groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum* sur gravier et le groupement à *Lepistemon owariense* et *Andropogon tectorum* sur calcaire (tableau III) indique une certaine affinité entre ces deux groupements. Cette affinité pourrait être liée à l'appartenance des groupements au même centre d'endémisme (la zone Guinéo-Congolaise) d'une part et au type de substratum, le gravier et le calcaire faisant tous partie des roches sédimentaires contrairement au granite et quartzite. Mais ce taux n'est pas suffisant pour considérer les deux groupements comme étant une communauté.

**Tableau III :** Indice de similarité de Sorensen entre les groupements végétaux

	G1	G2	G3	G4	G5	G6
<b>G1 :</b> groupement à <i>Lepistemon owariense</i> et <i>Andropogon tectorum</i>						
<b>G2 :</b> groupement à <i>Cola millenii</i> et <i>Tephrosia elegans</i>	0,39					
<b>G3 :</b> groupement à <i>Tephrosia pedicellata</i> et <i>Chlorophytum senegalense</i>	0,30	0,40				
<b>G4 :</b> groupement à <i>Uvaria chamae</i> et <i>Dichapetalum oblongum</i>	0,47	0,41	0,36			
<b>G5 :</b> groupement à <i>Acacia gourmaensis</i> et <i>Combretum glutinosum</i>	0,18	0,26	0,37	0,21		
<b>G6 :</b> groupement à <i>Terminalia laxiflora</i> et <i>Elionurus hirtifolius</i>	0,21	0,27	0,40	0,22	0,37	

### 3.2.3. Diversité et formes de vie des groupements

Les groupements identifiés sont constitués de formations végétales mixtes associant les végétations pré (témoins) et post carrières. Cette non démarcation des végétations pré et



post carrière se justifie par le faible taux de discrimination (moins de 25% de dissemblance) des groupements végétaux. Aussi, la proximité des formations pré carrières facilite la recolonisation des sites après l'extraction des matériaux. Les deux formations pré et post carrières sont donc liées par un certain nombre d'espèces. Remarquons aussi que les formations pré carrières sont constituées de jachères et de savanes arbustives qui sont des végétations secondaires résultant d'actions anthropiques.

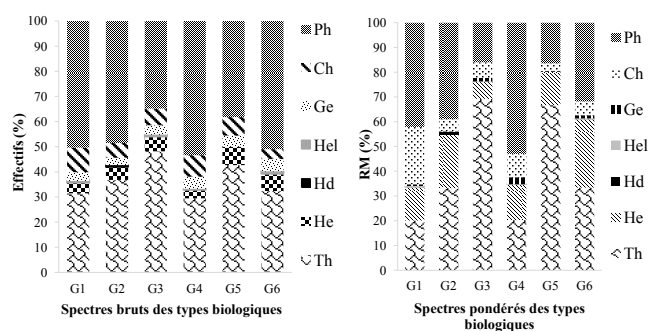
Les six groupements ainsi identifiés sur les quatre types de carrières présentent un indice de diversité de Shannon élevé qui varie entre 4,54 et 6,56 et un indice d'équitabilité de Piélou entre 0,73 et 0,82 (tableau IV). Le groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum* présente la richesse spécifique la plus élevée (268 espèces) suivie du groupement à *Lepistemon owariense* et *Andropogon tectorum* (143 espèces). La plus faible richesse spécifique s'observe au niveau du groupement à *Acacia gourmaensis* et *Combretum glutinosum*.

Tableau IV : Diversité des groupements

Groupement	Richesse spécifique	Indice de Shannon	Equitabilité de Piélou
G1 : groupement à <i>Lepistemon owariense</i> et <i>Andropogon tectorum</i>	143	5,25	0,73
G2 : groupement à <i>Cola millenii</i> et <i>Tephrosia elegans</i>	136	5,54	0,78
G3 : groupement à <i>Tephrosia pedicellata</i> et <i>Chlorophytum senegalense</i>	135	5,81	0,82
G4: groupement à <i>Uvaria chamae</i> et <i>Dichapetalum oblongum</i>	268	6,56	0,81
G5: groupement à <i>Acacia gourmaensis</i> et <i>Combretum glutinosum</i>	68	4,54	0,75
G6: groupement à <i>Terminalia laxiflora</i> et <i>Elionurus hirtifolius</i>	102	4,94	0,74

Dans ces groupements, ce sont les Phanérophytes et les Thérophytes qui ont été plus abondants et plus dominants (figure 5). En effet, les Phanérophytes et les Thérophytes représentent respectivement 53,81% et 29,48% des spectres bruts totaux du groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum* (G4), 50,35% et 31,47% des spectres bruts totaux du groupement G1 (groupement à

*Lepistemon owariense* et *Andropogon tectorum*), 50,98% et 32,35% des spectres bruts totaux du groupement G6 (groupement à *Terminalia laxiflora* et *Elionurus hirtifolius*), 48,53% et 36,76% des spectres bruts totaux du groupement G2 (groupement à *Cola millenii* et *Tephrosia elegans*), 38,24% et 42,65% des spectres bruts totaux du groupement G5 (groupement à *Acacia gourmaensis* et *Combretum glutinosum*) et 34,81% et 48,15% des spectres bruts totaux du groupement à *Tephrosia pedicellata* et *Chlorophytum senegalense* (G3). Les spectres pondérés montrent une nette dominance des Thérophytes dans le groupement à *Tephrosia pedicellata* et *Chlorophytum senegalense* (69,26% du spectre pondéré total) et le groupement à *Acacia gourmaensis* et *Combretum glutinosum* (66,69% du spectre pondéré total). Dans ces groupements, les Phanérophytes présentent de faibles recouvrements, respectivement 15,98% et 16,34% des spectres pondérés totaux. Les Thérophytes présentent également de faibles recouvrements dans le groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum* (20,26% du spectre pondéré total) et dans le groupement à *Lepistemon owariense* et *Andropogon tectorum* (20,11% du spectre pondéré total). Les Chaméphytes, les Hémicryptophytes et Les Géophytes sont moins abondants et moins recouvrants par rapport aux Phanérophytes et Thérophytes. Les formes de vie les moins représentées sont les Hydrophytes et les Hélophytes.



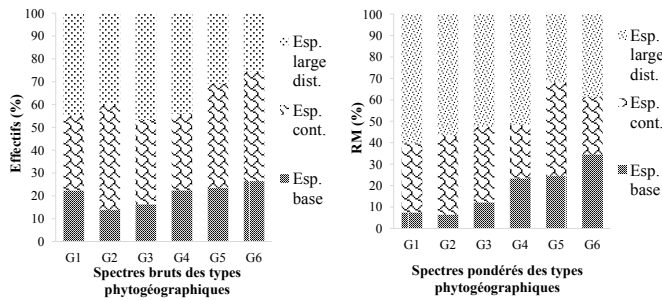
Ph = Phanérophytes ; Ch = Chaméphytes ; Ge = Géophytes ; Hel = Hélophytes ; Hd = Hydrophytes ; He = Hémicryptophytes ; Th = Thérophytes ; G1, ..., G6 = Groupements ; RM = Recouvrement moyen

Figure 5 : Spectres biologiques des groupements

### 3.2.4. Subdivisions chorologiques des groupements

Les espèces à large distribution géographique et les espèces continentales sont les plus représentées dans les groupements excepté le groupement à *Terminalia laxiflora* et *Elionurus hirtifolius* (G6). En effet, dans ce dernier groupement, les espèces continentales dominent (48,04% du spectre brut total) largement les espèces de l'élément base soudanien et les espèces à large distribution géographique qui représentent respectivement 26,47% et 25,49% des spectres bruts totaux (figure 6). Dans le groupement G5 (groupement à *Acacia gourmaensis* et *Combretum glutinosum*), les espèces de l'élément base soudanien présentent un spectre brut de 23,53%. Dans le groupement G3 (groupement à *Tephrosia pedicellata* et *Chlorophytum senegalense*), les espèces de l'élément base soudano-guinéen présentent un spectre brut total de 16,30%. Dans les groupements G4 (groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum*), G2 (groupement à *Cola millenii* et *Tephrosia elegans*) et G1 (groupement

à *Lepistemon owariense* et *Andropogon tectorum*), les espèces de l'élément base guinéo-congolais représentent respectivement 22,39%, 13,97% et 22,38% des spectres bruts totaux.



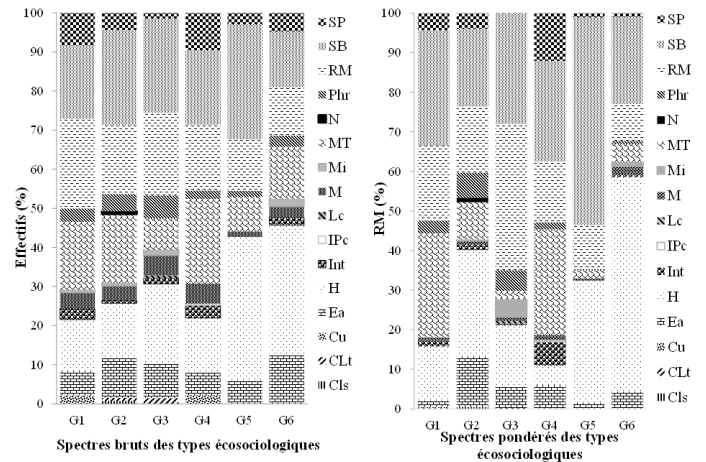
Esp. large dist. = Espèces à large distribution géographique ; Esp. cont. = Espèces continentales ; Esp. base = Espèces de l'élément base ; RM = Recouvrement moyen ; G1, ..., G6 = Groupements

**Figure 6 :** Spectres phytogéographiques des groupements

L'analyse des spectres pondérés montre que ce sont les espèces de l'élément base qui recouvrent le moins, excepté dans le groupement à *Terminalia laxiflora* et *Elionurus hirtifolius* (G6) où ces espèces représentent 34,56% du spectre brut total contre 26,93% pour les espèces continentales.

### 3.2.5. Affinités écosociologiques des groupements

L'appartenance écosociologique des espèces a permis de les répartir en seize classes dont les plus remarquables sont les espèces de savanes non steppiques (*Hyparrhietea*), les formations culturelles et post culturelles (*Soncho-Bidentetea pilosi*), les espèces rudérales (*Ruderali-Manihotetea*) et les espèces de jachères et forêts secondaires (*Musango-Terminalietea*). Les *Hyparrhietea* représentent en effet 13,70%, 26,88%, 15,57%, 30,88% et 54,25% des spectres bruts totaux respectifs des groupements G1 (groupement à *Lepistemon owariense* et *Andropogon tectorum*), G2 (groupement à *Cola millenii* et *Tephrosia elegans*), G3 (groupement à *Tephrosia pedicellata* et *Chlorophytum senegalense*), G5 (groupement à *Acacia gourmaensis* et *Combretum glutinosum*) et G6 (groupement à *Terminalia laxiflora* et *Elionurus hirtifolius*) (figure 7). Ces espèces sont toutefois faiblement représentées dans le groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum* (G4). Les *Soncho-Bidentetea pilosi* représentent respectivement 29,09%, 19,69%, 27,93%, 25,43%, 52,46 et 22,02% des spectres bruts totaux des six groupements G1 à G6. Les espèces rudérales (*Ruderali-Manihotetea*) représentent respectivement 19%, 16,71%, 36,91%, 15,31%, 11,18% et 9,30% des spectres bruts totaux des groupements G1 à G6. Les *Musango-Terminalietea* représentent respectivement 26,15%, 9,39%, 26,66% des groupements G1, G2 et G4. Ces espèces sont plus faiblement représentées dans les autres groupements.



CLs = *Ctenio-Loudetietea simplicis* ; CLt = *Ctenio-Loudetietea togoensis* (CLt) ; Ea = *Erythrophleetea africana* ; H = *Hyparrhietea* ; IPc = *Ipomoetea Pedis-caprae* ; Lc = *Lycopodietea cernui* ; M = *Mitragynetea* ; Mi = *Microchloetea indicae* ; MT = *Musango-Terminalietea* ; N = *Nymphaetea loti* ; Phr = *Phragmitetea* ; RM = *Ruderali-Manihotetea* ; SB = *Soncho-Bidentetea pilosi* ; Cu = Espèces cultivées ; Int = Espèces introduites ; RM = Recouvrement moyen ; G1, ..., G6 = Groupements

**Figure 7 :** Spectres bruts et pondérés des types écosociologiques des groupements

Les espèces forestières (*Erythrophleetea africana*, *Strombosio-Parinarietea* et *Mitragynetea*), les espèces de la végétation semi-aquatique des eaux douces (*Phragmitetea*) et les espèces introduites sont moins abondantes. Quant aux espèces de la végétation pionnière des sols temporairement mouilleux (*Microchloetea indicae*), des éboulis (*Lycopodietea cernui*) et du littoral (*Ipomoetea Pedis-caprae*), les espèces des savanes soudaniennes (*Ctenio-Loudetietea togoensis*) et steppiques zambéziennes (*Ctenio-Loudetietea simplicis*), les espèces aquatiques (*Nymphaetea*) et les espèces cultivées, elles sont faiblement représentées.

## 4. Discussion

Des relevés systématiques des espèces de carrières étudiées avant et après leur exploitation a permis de recenser 457 espèces regroupées en 82 familles appartenant toutes aux Angiospermes. Les espèces dicotylédones dominent largement la flore des carrières (81% des espèces). Ces espèces sont également les plus représentées (70%) dans la flore du Bénin (Neuenschwander *et al.*, 2011). Le même constat a été fait par Wala (2004) sur la flore de la chaîne de l'Atacora constituée essentiellement de quartzites et de schistes (Affaton, 1975). En effet, ses résultats ont révélé que la flore de la chaîne de l'Atacora renferme 75,7% de Dicotylédones. De même, Oumorou (2003) a trouvé 69,6% de Dicotylédones dans la flore des inselbergs du Bénin. Par ailleurs, la famille des Leguminosae qui est la plus diversifiée en espèces dans cette étude a été signalée comme la famille la plus riche en espèces dans la flore du Bénin (14,8%) (Neuenschwander *et al.*, 2011) et la plus importante de la végétation des inselbergs et de la chaîne de l'Atacora au Bénin (Oumorou, 2003 ; Wala, 2004). Ces auteurs ont également trouvé comme dans cette étude que les Poaceae, les Rubiaceae, les Asteraceae et les Euphorbiceae font partie des familles les plus diversifiées. Mais contrairement aux résultats de cette étude, les familles des Scrophulariaceae et des Vitaceae font partie des familles les plus diversifiées recensées par Oumorou (2003) sur les inselbergs avec respectivement 10 et 11 espèces. Ces deux familles sont faiblement représentées dans la flore des carrières avec 4 espèces pour les Vitaceae



et 1 seule espèce pour la famille des Scrophulariaceae.

Les carrières abritent également 12,26% des espèces végétales menacées de disparition au Bénin. Elles sont au nombre de 13 et représentent 2,84% des espèces recensées. Ce nombre dépasse celui trouvé par Trnková *et al.* (2010) qui ont trouvé 10 espèces menacées de disparition sur des substrats rocheux de carrières en République tchèque. La famille des Leguminosae représentée par les espèces *Azalia africana* Smith ex Pers., *Albizia ferruginea* (Guill. & Perr.) Benth, *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub., *Detarium senegalense* J. F. Gmel. et *Pterocarpus erinaceus* Poir est plus abondante mais présente un faible recouvrement contrairement à la famille des Rutaceae représentée par l'espèce *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepern. & Timber qui présente le plus grand recouvrement (50,82% du spectre pondéré des familles menacées) malgré son faible effectif dans le spectre brut des familles menacées (7,69% de l'effectif total des familles menacées). Ce résultat traduit l'adaptation de l'espèce *Zanthoxylum zanthoxyloides* aux conditions pédologiques des carrières, notamment celles de gravier. En effet, cette espèce guinéo-congolaise a tendance à être localement grégaire (Leujoly & Richel, 1997 ; Arbonnier, 2002) dans des conditions situationnelles données. Ceci justifie le recouvrement important de l'espèce dans les carrières de gravier du Sud de la République du Bénin.

La classification hiérarchique ascendante des 125 relevés a permis une discrimination de six groupements avec un taux de discrimination de 18%. Ce taux a été suffisant pour obtenir des groupements distincts. L'indépendance des six groupements obtenus a d'ailleurs été soutenue par l'absence de similarité entre ces groupements pris deux à deux. La discrimination s'est réalisée suivant la zone bioclimatique et la nature de la roche mère. Les caractéristiques lithologiques et climatiques du milieu influenceraient donc l'installation des communautés végétales à travers la variation des formations pédologiques. La formation des types de sols est en effet sous les influences du climat et de l'altérabilité des roches mères déterminée par leur composition chimique et minéralogique (Aran *et al.*, 1998). Les caractéristiques chimiques et texturales des sols dépendent donc de la roche mère d'origine (Timoney *et al.*, 1993) dont les caractéristiques physiques influencent fortement l'installation de la végétation naturelle (Kosmas *et al.*, 2000).

Les six groupements sont caractérisés par une diversité élevée, une bonne distribution des individus entre taxons et par une prédominance des Phanérophytes et des Thérophytes. Cette grande diversité associée à une distribution quasi équitable des individus indique une grande richesse taxonomique et une meilleure distribution des individus entre taxons. Les conditions stationnelles sont donc favorables à l'installation de plusieurs espèces. La prédominance des Phanérophytes dans les différents groupements est conforme au climat tropical (Vidal, 1966). Quant aux Thérophytes, ce sont des formes de vie particulièrement adaptées aux forts régimes de perturbation (Grime, 1977, 1985 ; Shackleton, 2000 ; Bzdon, 2009). Dans cette étude, ces perturbations seraient liées aux conditions pédologiques sévères des substratums et aux activités d'extraction qui consistent en une excavation des

premiers horizons du sol. Ces perturbations ont d'ailleurs favorisé l'abondance des espèces à large distribution géographique et des espèces continentales et une faible colonisation des espèces endogènes. L'abondance des espèces à large distribution géographique dans une phytocénose traduit en effet une dégradation et une perte de fertilité des sols (Djego et Sinsin, 2006 ; Toko et Sinsin, 2008). Les Hélophytes et les Hydrophytes sont les formes de vie les moins abondantes. Elles sont représentées par les espèces *Sphenoclea zeylanica* Gaertn, *Vossia cuspidata* (Roxb.) Griff et *Nymphaea lotus* L. qui se retrouvent dans les groupements en raison de la présence d'eau dans les cuvettes abandonnées après l'extraction des matériaux.

L'affinité écosociologique des espèces a révélé l'abondance des espèces de savanes et de jachères ou formations post culturelles et des espèces rudérales. Ce résultat reflète bien la physionomie des formations parcourues car comme signalé dans la méthodologie, les données ont été collectées dans des formations post culturelles, des savanes et des formations après carrière. Par ailleurs, l'abondance des espèces rudérales serait liée aux perturbations dans les différentes formations car ce sont des espèces qui se développent au sein d'habitats soumis à de fréquentes et intenses perturbations et qui présentent un taux de croissance et un cycle de vie rapides (Vidal, 1998).

L'occurrence des *Mitragynetea*, des *Phragmitetea*, des *Nymphaeetea* et des *Microchloetea indicae* s'explique par la présence de mares d'eau (temporaires et pérennes) dans les cuvettes abandonnées après extraction des gisements. La proximité du groupement à *Uvaria chamae* et *Dichapetalum oblongum* par rapport au littoral explique l'occurrence des espèces de la classe des *Ipomoetea Pedis-caprae*.

## 5. Conclusion

L'étude floristique des carrières a révélé qu'elles abritent 12,26% des espèces végétales menacées de disparition au Bénin et est dominée par des espèces rares (54,7%). Cette flore constituée de 457 espèces est dominée par les Leguminosae. Six groupements végétaux ont été discriminés suivant la zone bioclimatique et la nature de la roche mère. Caractérisés par une prédominance des Phanérophytes et des Thérophytes, les groupements sont constitués notamment des espèces de savanes et de jachères ou formations post culturelles et des espèces rudérales. Dans une moindre mesure, s'y trouvent des espèces de la classe des *Mitragynetea*, des *Phragmitetea*, des *Nymphaeetea* et des *Microchloetea indicae* caractéristiques des milieux inondés.

Les résultats de cette étude montrent que les zones de carrières sont des milieux capables d'abriter une diversité floristique importante. Elles pourraient donc contribuer à la sauvegarde de nombreuses espèces végétales et animales en leur servant de refuges notamment dans les régions à démographie galopante comme le Sud du Bénin. Pour ce faire, il faut que les autorités locales développent une politique d'aménagement après carrière avec une diversité d'utilisation des terres qui prend en compte des espaces témoins qui serviront à la fois de refuges pour la biodiversité locale et d'espaces reliques, témoins de l'histoire des carrières pour les générations futures.

**6. Références bibliographiques**

- Aboh A.B., 2008. Phytosociologie, écologie, potentialités et aménagement des pâturages naturels envahis par *Chromolaena odorata* et *Hyptis suaveolens* en Zone Soudano-guinéenne (Bénin). Thèse de doctorat, FLASH/FAST/UAC, 227 p.
- Adjanohoun E.J., Adjakidje V., Ahyi M.R.A., Ake Assi L., Akoegninou A., D'almeda J., Apovo F., Boukef K., Chadare M., Cusset G., Dramane K., Eyme J., Gassita J.-N., Gbaguidi N., Goudote E., Guinko S., Houngnon P., Issa Lo., Keita A., Kiniffo H.V., Kone-Bamba D.,
- Musampa Nseyya A., Saadou M., Sdogandji Th., De Souza S., Tchabi A., Zinsou Dossa C. & Zohoun Th., 1989. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République populaire du Bénin. ACCT, Paris, France, 895 p.
- Adomou C., Sinsin B., Van der Maesen L.J.G., 2006. Phytosociological and chorological approaches to phytogeography: a meso-scale study in Benin. *Systematics and Geography of Plants* 76, 155-178.
- Affaton P., 1975. Etude géologique et structurale du Nord-Ouest Dahomey, du Nord-Togo et du Sud-Est de la Haute-Volta. Trav. Lab. Sci. Terre, St-Jérôme, Marseille, France, 201 p.
- Akobundu I.O. & Agyakwa C.W., 1989. Guide des adventices d'Afrique de l'Ouest. IITA, Ibadan, Nigéria, 522 p.
- Akoègninou A., van der Burg W.J., van der Maesen L.J.G., Adjakidjè V., Esseou J.P., Sinsin B. & Yédomonhan H., 2006. Flore Analytique du Bénin. Backhuys Publishers, Cotonou et Wageningen, 1034 p.
- Aran D., Gury M., Zida M., Jeanroy E. & Herbillon A.J., 1998. Influence de la roche-mère et du climat sur les propriétés andiques des sols en région montagnarde tempérée (Vosges, France). *European Journal of Soil Science* 49 (2): 269-281.
- Arbonnier M., 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Editions Quae, ISBN : 2856535461, 9782856535462. 573 p.
- Braun-Blanquet J., 1932. Plant sociology: The study of plant communities. Hafner Publishing Company, New York, 439 p.
- Berhaut J., 1971-1979. Flore illustrée du Sénégal. Dakar, Sénégal, Ministère du développement rural et de l'hydraulique, direction des eaux et forêts. Vol. 1, Acanthacées à Avicenniacees, 628 p. ; vol. 2, Balanophoracées à Composées, 696 p. ; vol. 3, Connaracées à Euphorbiacées, 634 p. ; vol. 4, Ficoïdées à Légumineuses, 626 p. ; vol. 5, Légumineuses papilionacées, 658 p.; vol. 6, Lynacées à Nymphéacées, 636 p. Eds. Clairafrique, Dakar, Sénégal.
- Bétard F., 2011. Potentialités écologiques des carrières de quartzite après exploitation : l'exemple de la carrière de Cheffois (Vendée, France). *Physio-Géo* 5. <http://physio-geo.revues.org/1667>, Consulté le 22 mai 2013.
- Borgegård S.O., 1990. Vegetation development in abandoned gravel pits: effects of surrounding vegetation, substrate and regionality. *Journal of Vegetation Science* 1: 675-682.
- Boupoya-Mapikou C-A., 2011. Flore et végétation des clairières intraforestières sur sol hydromorphe dans le Parc National de l'Ivindo (Nord-Est Gabon). Thèse de doctorat, FS/DBO/ULB, 283 p.
- Bzdon G., 2009. Floristic diversity of gravel-pits of the Siedlce Plateau: an analysis of the flora. *Annales Universitatis Mariae Curie Sklodowska Lublin-Polonia* LXIV (1) : 35-66.
- Calugaru C., 2006. L'exploitation du lignite et la réhabilitation des paysages dans la région minière d'Olténie en Roumanie. *Revue Géographique de l'Est* 46 : 3-4.
- Clements R., Sodhi N.S., Schilthuizen M. & Peter K.L. NG., 2006. Limestone karsts of Southeast Asia: Imperiled arks of biodiversity. *Bioscience* 56 (9): 733-742.
- Deconchat M. et Balent G., 2001. Effets des perturbations du sol et de la mise en lumière occasionnées par l'exploitation forestière sur la flore à une échelle fine. *Annals of Forest Science* 58 : 315-328.
- Djègo J. & Sinsin B., 2006. Impact des espèces exotiques plantées sur la diversité des phytocénoses de leur sous-bois. *Système Géographique* 76 : 191-209.
- Djègo J.G.M., 2006. Phytosociologie de la végétation de sous-bois et impact écologique des plantations forestières sur la diversité floristique au sud et au centre du Bénin. Thèse de doctorat, FLASH/FAST/UAC, 369 p.
- Duvigneaud P., 1949. Les savanes du Bas-Congo. Essai de phytosociologie topographique. Lejeunia, 230 p.
- Ganglo J.C., Lejoly J. & Pipar T., 1999. Le teck (*Tectona grandis* L. f.) au Bénin, gestion et perspectives. Bois et forêts des tropiques 261 (3) : 17-27.
- Gounot M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie 120, 314 p.
- Grime J.P., 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111: 1169-1194.
- Grime J.P., 1985. The C-S-R model of primary plant strategies - origins, implications and tests. pp 371-393 *In: Plant Evolutionary Biology*, Gottlieb, L.D. & Jain, S.K. eds. Chapman and Hall, London & New-York.
- Hoff M., 1991. Végétation synantropique tropicale. ORSTOM, Cayenne, France, 55 p.
- Hoff M. & Brisse H., 1983. Proposition d'un schéma synthétique des végétations secondaires internationales. Colloques phytosociologiques XII: 249-267.
- ICMM (International Council on Mining and Metals), 2012. In Brief: Mining's Contribution to Sustainable Development-An Overview. London. International Council on Mining and Metals, London, United Kingdom, 8 p.
- INSAE (Institut National de Statistique Appliquée et

- d'Economie), 2015. RGPH4 : que retenir des effectifs de population en 2013 ? Direction des Etudes Démographiques, INSAE, Cotonou, 35 p. [www.insae-bj.org/?file=files/publications/RGPH4/Plaqueette\\_RGPH4](http://www.insae-bj.org/?file=files/publications/RGPH4/Plaqueette_RGPH4)
- Khater C., 2004. Dynamiques végétales post-perturbations sur les carrières calcaires au Liban. Stratégies pour l'écologie de la restauration en régions Méditerranéennes. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Lanquedoc, 183 p.
- Khater C. & Arnaud M., 2007. Application of restoration ecology. Principles to the practice of limestone quarry rehabilitation in Lebanon. *Lebanese Science Journal*, 8 (1): 19-28.
- Kosmas C., Gerontidis St., Marathianou M., 2000. The effect of land use change on soils and vegetation over various lithological formations on Lesvos (Greece). *Catena* 40: 51-68.
- Lebrun J., 1947. - La végétation de la plaine alluviale au sud du lac Edouard. Inst. Parcs Nat. Congo belge, Exp. Parcs Nat. Albert. Mission Lebrun (1937-1938) 1 : 800 p.
- Lebrun J. & Gilbert G., 1954. Une classification écologique des forêts du Congo. *Publ. INEAC, Série Scientifique 63*, Bruxelles.
- Lejoly J. & Tichel T., 1997. Codification de la flore d'Afrique Occidentale. Laboratoire de Botanique, Systématiques et de Phytosociologie. Université Libre de Bruxelles (ULB), 94 p.
- Lenda M., Skorka P., Moron D., Rosin Z.M. & Tryjanowski P., 2012. The importance of the gravel excavation industry for the conservation of grassland butterflies. *Biological Conservation* 148: 180-190.
- Lundholm J.T. & Richardson P.J., 2010. Habitats analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments. *Journal of Applied Ecology* 47: 966-975.
- Mahamane A., Mahamane S. & Lejoly J., 2008. *Diospyro-Khayetalia senegalensis* ord. nov. dans le Parc Régional du W du fleuve Niger. *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica* 11 : 49-60.
- Melki F., 2002. Guide sur les prises en compte des milieux naturels dans les études d'impact. Document piloté par la DIREN Midi-Pyrénées et réalisé par Biotope. DIREN Midi-Pyrénées, 76 p.
- Milgrom T., 2008. Environmental aspects of rehabilitating abandoned quarries: Israel as a case study. *Landscape and urban planning* 87 (3): 172-179.
- MMSD (Mining, Minerals and Sustainable Development), 2002. Breaking New Ground. IIED, WBCSD, 32 p.
- Neuenschwander P., Sinsin B. & Goergen G., 2011. Protection de la nature en Afrique de l'Ouest : Une Liste Rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 365 p.
- Noukpo C., 2009. *Complexe cimentier d'Onigbolo* : pollution de l'air et santé des employés et populations riveraines. Mémoire de maîtrise, Géographie, DGAT, FLASH, UAC, 98p.
- Novák J. & Prach K., 2003. Vegetation succession in basalt quarries: Pattern on a landscape scale. *Applied Vegetation Science* 6: 111-116.
- OBRGM (Office Béninois de Recherches Géologiques et Minières), 2008. Carte géologique du Bénin à 1:200000. Une compilation des : Feuille Nord du 11<sup>e</sup> parallèle (Istituto Recerche Breda, 1982), feuilles Djougou-Parakou-Nikki (Bureau de Recherches Géologiques et minières de France, 1984), feuille Sud du 9<sup>e</sup> parallèle (Istituto Recerche Breda, 1987) et feuilles Bembèrèkè-Dunkassa-Natitingou-Sansanné-Mango (Ministère de l'Industrie et de l'Energie du Bénin, 1996). OBRGM, Cotonou, Bénin.
- OBRGM (Office Béninois de Recherches Géologiques et Minières), 2008. Notice explicative de la carte de localisation des ressources minières du Bénin. Ministères des Recherches pétrolières et minières, 32 p.
- OBRGM (Office Béninois de Recherches Géologiques et Minières), 2008. Potentialités minières du Bénin. Ministères des Recherches pétrolières et minières, rapport, 51 p.
- Oumorou M., 2003. Etudes écologique, floristique, phytogéographique et phytosociologique des inselbergs du Benin. Thèse de doctorat, Fac. Sc., Lab. Bot. Syst. & Phyt., Uni. Lib. Bruxelles, 210 p.
- Rademacher M. & Tränkle U., 2006. Bavarian quarries and pits and their importance for the protection of species and nature conservation. In: Novak A. & Hebda G. (eds.). *Biodiversity of quarries and pits*: 59-64. Opole Scientific Society-3<sup>rd</sup> Department of Natural Sciences, Opole-Górażdże.
- Raunkiaer C., 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford: 632 p.
- Řehouňková K. & Prach K., 2008. Spontaneous Vegetation Succession in Gravel-Sand Pits: A Potential for Restoration. *Restoration Ecology* 16 (2): 305-312.
- Remacle A., 2005. L'inventaire des carrières de Wallonie (Belgique): présentation générale et aspects entomologiques. *Notes fauniques de Gembloux* 57 : 73-79.
- Schmitz A., 1963. Aperçu sur les groupements végétaux du Katanga. *Bull. Soc. Roy. Bot. Bel.* 96 : 233-447.
- Schmitz A., 1971. La végétation de la plaine de Lubumbashi (Haut-Katanga). *Publ. INEAC, ser. Scient.* : 113-388.
- Schmitz A., 1988. Révision des groupements végétaux décrits du Zaïre, du Rwanda et du Burundi. *Mus. Royal Afr. Centr., Tervuren, Belgique.* Vol. 17, 315 p.
- Shackleton C., 2000. Comparison of plant diversity in protected and communal lands in the Bushbuckridge lowveld savana, South Africa. *Biological Conservation* 94: 273-85.



- Sinsin B., 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalale au Nord du Bénin. Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles, 390 p.
- Sinsin B., Eyog O., Matig O.E., Assogbadjo A.E., Gaoue O.G. & Sinadouwirou T., 2004. Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Azelia africana* Sm. Dynamic changes in trees found in different climatic zones of Benin. *Biodiversity and Conservation* 13 (8): 1555-1570.
- Santa G. D. K., 2007. Les pierres ornementales dans la commune de Natitingou : exploitation et impacts. Mémoire de maîtrise, Géographie, DGAT, FLASH, UAC, 82 p.
- Sokpon N., 1995. Recherches écologiques sur la forêt dense semi-décidue de Pobè au sud-est du Bénin. Groupements végétaux, structure, régénération naturelle et chute de litière. Thèse de Doctorat. Université Libre de Bruxelles, 350 p.
- Sorensen T., 1948. A method of establishing groups of aequal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on danish common Kong. *Danske videns. Selskob biol. Skr., Kjobenhavn* 4 : 1-34.
- Souza (de) S., 2008. Flore du Bénin. Noms des plantes dans les langues nationales béninoises. 2<sup>ème</sup> Ed., tome 3, Imprimerie Tundé, Bénin, 679 p.
- Terminski B., 2012, Mining-induced displacement and resettlement: social problem and human rights issue (a global perspective), 45 p.
- Thompson R.L. & Green S.R., 2010. Vascular Plants of an Abandoned Limestone Quarry in Garrard County, Kentucky. *Castanea* 75(2): 245-258.
- Timoney K.P., La Roi G.H., Zoltai S.C. & Robinson A.L., 1993. Vegetation communities and plant distributions and their relationships with parent materials in the forest-tundra of northwestern Canada. *Ecography* 16: 174-188.
- Toko I. & Sinsin B., 2008. Les phénomènes d'érosion et d'effondrement naturels des sols (dongas) du Parc national du W et leur impact sur la productivité des pâturages. *Sécheresse* 19 (3): 193-200.
- Trnková R., Řehouňková K. & Prach K., 2010. Spontaneous succession of vegetation on acidic bedrock in quarries in the Czech Republic. *Preslia* 82: 333-343.
- Tropek R., Kadlec T., Karesova P., Spitzer L., Kocarek P., Malenovsky I., Banar P., Tuf I.H., Hejda M. & Konvicka M., 2010. Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. *Journal of Applied Ecology* 47: 139-148.
- Tropek R. & Konvicka M., 2011. Should restoration damage rare biotopes? *Biological Conservation* 144, p. 1299.
- Tüxen R. & Preising E., 1942. Grunbegriffe und Methoden zum studium der Wasser und Sumflanzen-gesellschaften. *Deutsche Wasserwirtschaft* 37: 10-17, 57-69.
- Vidal E., 1998. Organisation des phytocénoses en milieu insulaire méditerranéen perturbé : Analyse des interrelations entre les colonies de Goélands leucophées et la végétation des îles de Marseille. Thèse de doc Université de droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III (Aix-Marseille III), 156 p.
- Vidal J.E., 1966. Types biologiques dans la végétation forestière du Laos. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 113: sup2, 197-203, DOI: 10.1080/00378941.1966.10838487
- Wala K., 2004. La végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin: Diversité biologique, phytosociologie et impact humain, Thèse de doctorat, Université de Lomé, 138 p.
- White F., 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de la végétation de l'Afrique. UNESCO/AETFAT/UNSO, ORSTOM-UNESCO, 384 p.
- Zhang P. & Xia H., 2003. Revegetation of Quarry Using a Complex Vetiver Eco-engineering Technique. Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition, Guangzhou, China, 9 p.