

Evaluation des impacts de l'exploitation de la cimenterie d'Onigbolo sur la flore et la végétation environnantes dans la commune de Pobè (sud-Bénin)

[Assessment of the impacts of the operation of the Onigbolo cement plant on the surrounding flora and vegetation in the commune of Pobè (south Benin)]

Dadjèdji Léon FANANKPON, AHOUANDJINOUS. Thibaut Bidossèssi, and Hounnankpon YEDOMONHAN

Department of plant Biology, Laboratory of Botany and Plant Ecology, Faculty of Science and Technology,
University of Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, 01 BP 4521 Cotonou, Benin

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The mining sector is often presented as a driver of economic growth. However, it has negative effects on flora and vegetation. This study aims to assess the structure and floristic diversity of the vegetation in the area of the SCB-Lafarge cement works of Onigbolo in the municipality of Pobè (southern Benin). The data were collected by means of floristic surveys carried out in 60 rectangular plots of 500 m² including 30 in abandoned quarries and 30 in non-exploited areas. The vegetation of abandoned quarries has been distinguished into 2 plant formations and that of unexploited areas comprises 4 types of vegetation. A total of 304 species have been recorded, including 180 in quarries and 248 in non-exploited areas. The specific richness varies from one plant formation to another in the two zones. The average specific diversity (4.63 bits) of quarries is lower than that of non-exploited areas (5.62 bits). The density of the woody plants varies from 90 to 132 stems / ha in the quarries and from 160 to 268 stems / ha in the non-exploited areas. The basal area is 2.80 m² / ha in the quarries and varies from 5.40 to 17.16 m² / ha in the non-exploited areas. The vegetation of abandoned quarries is floristically less diversified and less structured than that of unexploited areas. The exploitation of limestone therefore participates in the reduction of flora diversity and regressively affects the density and basal area of the woody stand.

KEYWORDS: SCB-Lafarge, negative effects, plant communities, Onigbolo, Benin.

RESUME: Le secteur minier est souvent présenté comme porteur de croissance économique. Cependant, il a des effets négatifs sur la flore et la végétation. Cette étude vise à évaluer la structure et la diversité floristique de la végétation du domaine d'emprise de la cimenterie SCB-Lafarge d'Onigbolo dans la commune de Pobè (sud-Bénin). Les données ont été collectées aux moyens des relevés floristiques effectués dans 60 placeaux rectangulaires de 500 m² dont 30 dans les carrières abandonnées et 30 dans les zones non exploitées. La végétation des carrières abandonnées a été discriminée en 2 formations végétales et celle des zones non exploitées comporte 4 types de végétation. Au total, 304 espèces ont été recensées dont 180 dans les carrières et 248 dans les zones non exploitées. La richesse spécifique varie d'une formation végétale à l'autre dans les deux zones. La diversité spécifique moyenne (4,63 bits) des carrières est inférieure à celle des zones non exploitées (5,62 bits). La densité des ligneux varie de 90 à 132 tiges/ha dans les carrières et de 160 à 268 tiges/ha dans les zones non exploitées. La surface terrière est de 2,80 m²/ha dans les carrières et varie de 5,40 à 17,16 m²/ha dans les zones non exploitées. La végétation des carrières abandonnées est floristiquement moins diversifiée et moins structurée que celle des zones non exploitées. L'exploitation du calcaire participe donc à la réduction de la diversité floristique et affecte de façon régressive, la densité et la surface terrière du peuplement ligneux.

MOTS-CLEFS: SCB-Lafarge, effets négatifs, communautés végétales, Onigbolo, Bénin.

1 INTRODUCTION

Les ressources minérales constituent des composantes indispensables de l'économie de n'importe quel pays [1]. L'industrie minière est en constant développement sur tous les continents [2]. Dès lors, le secteur minier est souvent présenté comme porteur de croissance économique, vecteur du développement et de maintien du bien-être des populations [3]; [4]; [5]. De plus, c'est un secteur qui crée de l'emploi pour la main d'œuvre locale et contribue parfois en grande partie au Produit Intérieur Brut (PIB) de beaucoup de pays [6]. Par exemple, l'exploitation minière représente 2,5 à 6,5% du PIB au Maroc [7], 6,2% du PIB au Mali [8], 9,6% du PIB en Australie [9], 20% du PIB au Niger, 19% du PIB au Burkina Faso et 0,2% du PIB au Bénin [10].

Cependant, beaucoup de pays exportateurs de ressources minières restent sous-développés [11]; [12]. En plus, l'exploitation minière se fait au coût d'impacts environnementaux considérables [13]. Ces impacts sont entre autres, la dégradation du paysage et des sols, la perte des terres agricoles, la pollution des eaux superficielles et souterraines, la perturbation des nappes phréatiques, la pollution de l'air par les poussières et gaz, la pollution sonore, la destruction de la flore et de la faune entraînant la perte de la biodiversité [14]; [15]; [16]. Selon ces auteurs, les exploitations minières posent aussi des problèmes de santé pour les travailleurs miniers, les populations riveraines et provoquent le déplacement des populations et par conséquent la perturbation des équilibres sociaux et communautaires.

Face à ces problèmes environnementaux, plusieurs travaux scientifiques ont été réalisés dans le monde et en Afrique sur l'environnement et certaines de ses composantes telles que l'eau, le sol, l'air [17]; [18]; [19]; [20]. Au Bénin, les travaux disponibles sont spécifiques à l'exploitation de la pierre ornementale à Natitingou et ses impacts [21], à la pollution de l'air et à la santé des populations autour de la cimenterie d'Onigbolo [22], aux impacts environnementaux de l'exploitation du calcaire et à la production de ciment à Onigbolo [23] et aux impacts écologiques et paysagers et perceptions sociales des activités d'exploitation des carrières non sableuses [24]. Peu d'études se sont donc intéressées spécifiquement aux effets négatifs des exploitations minières sur la flore et la végétation. La problématique actuelle au Bénin est l'absence de données spécifiques aux effets négatifs des exploitations minières notamment des cimenteries sur la flore et la végétation. La présente étude a pour objectif d'évaluer la structure et la diversité floristique de la végétation actuelle du domaine d'emprise du complexe cimentier d'Onigbolo dans la commune de Pobè (sud-Bénin).

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Le milieu d'étude est situé dans l'arrondissement d'Issaba dans la commune de Pobè. Il s'étend de 7°01' à 7°12' de latitude Nord et de 2°36' à 2°42' de longitude Est (figure 1).

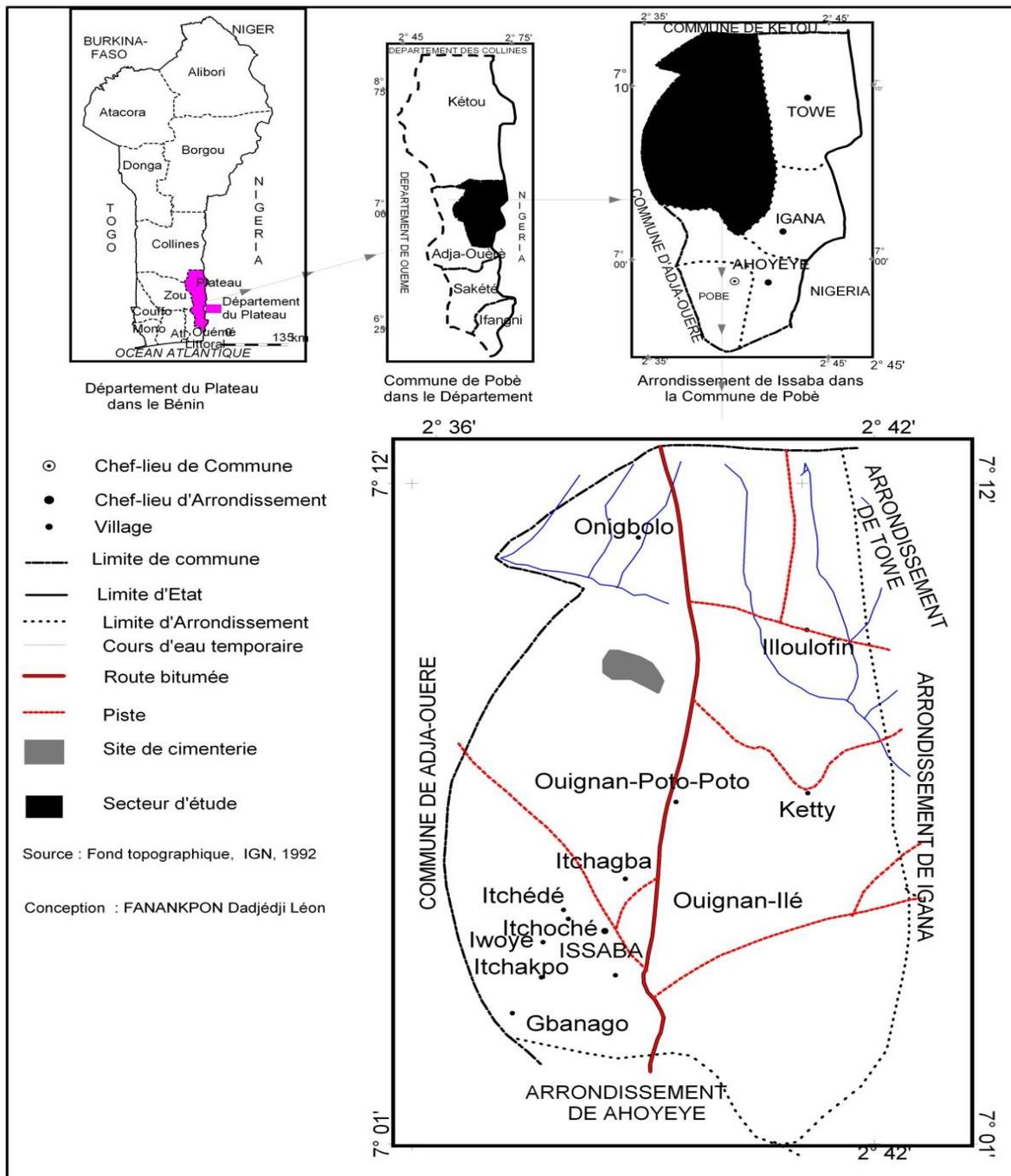


Fig. 1. Localisation géographique du site d'étude dans l'arrondissement d'Issaba

Le climat est de type subéquatorial, caractérisé par deux saisons pluvieuses d'inégale durée intercalées par deux saisons sèches avec une température moyenne annuelle de 27,62 °C et des précipitations moyennes annuelles de 1170,74 mm avec 5 mois de sécheresse [25]. La végétation climacique serait, selon [26]; [27], la forêt dense semi-décidue à Ulmacées. Les sols sont de types ferrallitiques sans concrétions et des vertisols développés sur des niveaux calcaires à la base [28].

Selon le dernier recensement général de la population et de l'habitat réalisé en 2013 au Bénin, la population de l'Arrondissement d'Issaba est de 28223 habitants dont 13677 hommes et 14546 femmes [29]. La principale activité de la population est l'agriculture qui se pratique sur brûlis. Les activités secondaires sont l'élevage et l'activité minière pratiquée par le groupe SCB-Lafarge.

2.2 METHODE D'ETUDE

2.2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Le site d'étude est composé des carrières abandonnées du complexe cimentier SCB-Lafarge d'Onigbolo et des écosystèmes de références constitués des zones non exploitées environnant ces carrières abandonnées. Au total, 60 placeaux rectangulaires de 25 m x 20 m (soit 500 m²) ont été installés dont 30 dans les carrières abandonnées et 30 dans les zones non exploitées (zones n'ayant pas fait l'objet d'extraction du calcaire). A l'intérieur des placeaux, les données floristiques sont collectées par le biais de relevés phytosociologiques suivis de mesures dendrométriques. Les facteurs écologiques (type de sol, le niveau topographique et l'altitude) sont aussi notés. Les relevés phytosociologiques ont été réalisés suivant la méthode de [30]. Ils consistent à recenser toutes les espèces de plantes par strate avec leur coefficient d'abondance-dominance suivant les échelles de [30].

Pour les mesures dendrométriques, les diamètres à hauteur de poitrine d'homme (d.b.h.), soit à 1,30 m au-dessus du sol ou à 30 cm au-dessus des contreforts ont été enregistrés pour tous les individus ayant un d.b.h. \geq 10 cm. La plupart des espèces ont été directement identifiées sur le terrain avec la Flore Analytique du Bénin [25]. Les espèces non identifiées ont été mises en herbier pour être déterminées par la suite par comparaison avec les spécimens de référence de l'Herbier National du Bénin.

2.2.2 ANALYSE DES DONNÉES

La matrice des 60 relevés et 304 espèces de la zone d'étude a été constituée en présence-absence. Elle a été soumise à l'ordination qui est la « Detrended Correspondence Analysis (DECORANA ou DCA) ». Elle a permis d'identifier les groupes de relevés ayant des compositions floristiques semblables pour les relevés des carrières abandonnées et a aussi rassemblé tous les relevés issus des zones non exploitées. La matrice de ces derniers (30 relevés et 248 espèces) en présence-absence a été aussi soumise par la suite à une autre DCA pour identifier les groupes de relevés ayant des compositions floristiques semblables. Le logiciel utilisé est le Community Analysis Package (CAP) [31].

La diversité floristique des différentes unités de végétation a été évaluée à l'aide de la richesse spécifique, de la diversité en genres et en familles [32], de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité de Pielou [33]. La moyenne par relevé de chacun des paramètres de diversité floristique a été déterminée avec son écart-type pour les différentes formations végétales des carrières abandonnées et des zones non exploitées, étant donné que le nombre de relevés varie d'une formation à l'autre. La nomenclature botanique utilisée est celle [25].

Le spectre biologique brut a été réalisé à partir des types biologiques définis par [34] de la même manière. Le spectre biogéographique brut a été établi à partir des types biogéographiques [35].

L'indice de diversité de Shannon est donnée par la formule: $H = -\sum (p_i) \ln (p_i)$, où \ln est le logarithme népérien; $p_i = n_i/N$, avec n_i le nombre d'individus de l'espèce i et N la somme des n_i . La diversité est faible lorsque $H < 3$ bits, moyenne si H est compris entre 3 et 4 puis élevée quand $H \geq 4$ bits.

L'indice d'équitabilité de Pielou (E) correspond au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale. Il est donné par la formule de [36]:

$E = H / \log_2 (R)$, où R désigne la richesse spécifique et H la diversité observée. L'équitabilité est faible si E tend vers 0 et traduit que les individus des espèces sont inégalement répartis; si E tend vers 1, l'équitabilité est élevée et traduit que les individus des espèces sont régulièrement répartis dans le milieu.

L'analyse structurale des peuplements ligneux a été faite à l'aide de leur surface terrière, de leur densité et de leur indice de diversité de Shannon. La surface terrière du peuplement est la somme des surfaces terrières de tous les arbres et arbustes à d.b.h. \geq 10 cm qui constituent le peuplement. Elle a été obtenue par la formule: $G = \sum \pi D^2/4$, avec G = surface terrière exprimée en m²/ha et D = diamètre à hauteur de poitrine d'homme des arbres. La densité des peuplements (N) est le nombre de tiges par hectare. Elle a été évaluée pour les arbres et arbustes à d.b.h. \geq 10 cm.

La similarité entre les carrières abandonnées et les zones non exploitées a été analysée à l'aide de l'indice de similarité de Jaccard (I_j); $I_j = \frac{C}{A+B-C} \times 100$ avec C = nombre d'espèces communes aux carrières abandonnées et aux zones non exploitées; A = nombre d'espèces des carrières abandonnées et B = nombre d'espèces des zones non exploitées. Le seuil de similarité retenu est de 50% comme l'a recommandé [37]. Quand $I_j < 50\%$, il n'y a pas de similitude et $I_j \geq 50\%$, il y a de similitude.

3 RESULTATS

3.1 TYPOLOGIE DES FORMATIONS VEGETALES DU SITE D'ETUDE

La matrice des 60 relevés et 304 espèces, soumise à la Detrended Correspondence Analysis (DCA), a discriminé trois groupes de relevés (figure 2).

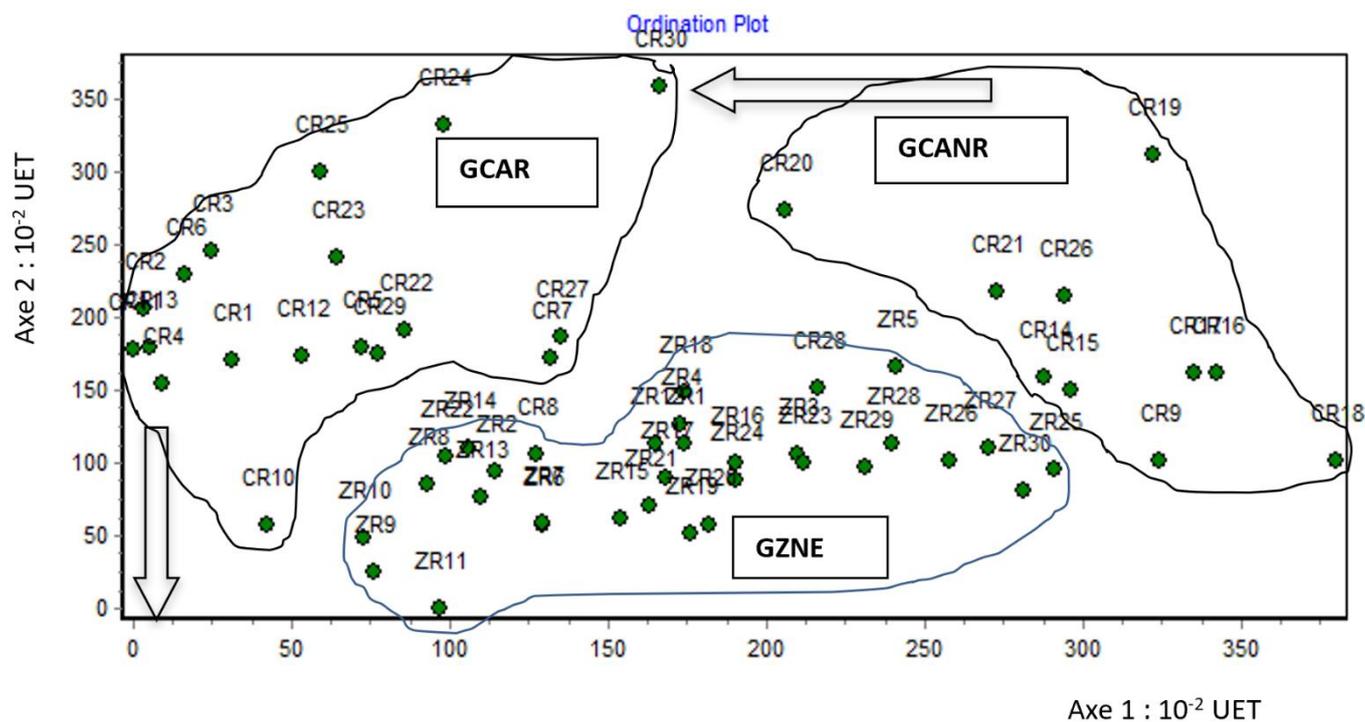


Fig. 2. DCA des relevés floristiques de la végétation environnante à la cimenterie

GCAR: groupe des relevés de carrières abandonnées restaurées; GCANR: groupe des relevés de carrières non restaurées; GZNE: groupe des relevés de zones non exploitées; UET: Unité d'Ecart-Type; Axe 1 (score: 0,45; longueur de gradient: 3,81 UET); Axe 2 (score: 0,26; longueur de gradient: 2,91 UET)

Le premier groupe (GCAR) correspond à une jachère et comprend 19 relevés effectués dans les carrières abandonnées où le sol est restauré avec la terre arable décapée avant l'extraction du calcaire; le deuxième groupe (GCANR) correspond à une savane herbeuse et réunit l'ensemble des 11 relevés exécutés dans les carrières abandonnées sur un sol décapé, non restauré et inondable périodiquement et le troisième groupe (GZNE) rassemble les 30 relevés effectués dans les zones non exploitées.

L'axe 1, de score de 0,45 qui porte vers son origine les relevés des carrières abandonnées restaurées (GCAR) et vers son extrémité les relevés des carrières abandonnées non restaurées (GCANR) traduit donc un gradient décroissant de topographie du sol.

La DCA appliquée à la matrice des 30 relevés et 248 espèces des zones non exploitées discrimine quatre groupes de relevés assimilés à 4 formations végétales: la savane arbustive, la savane arborée, le recrû forestier et la plantation (figure 3).

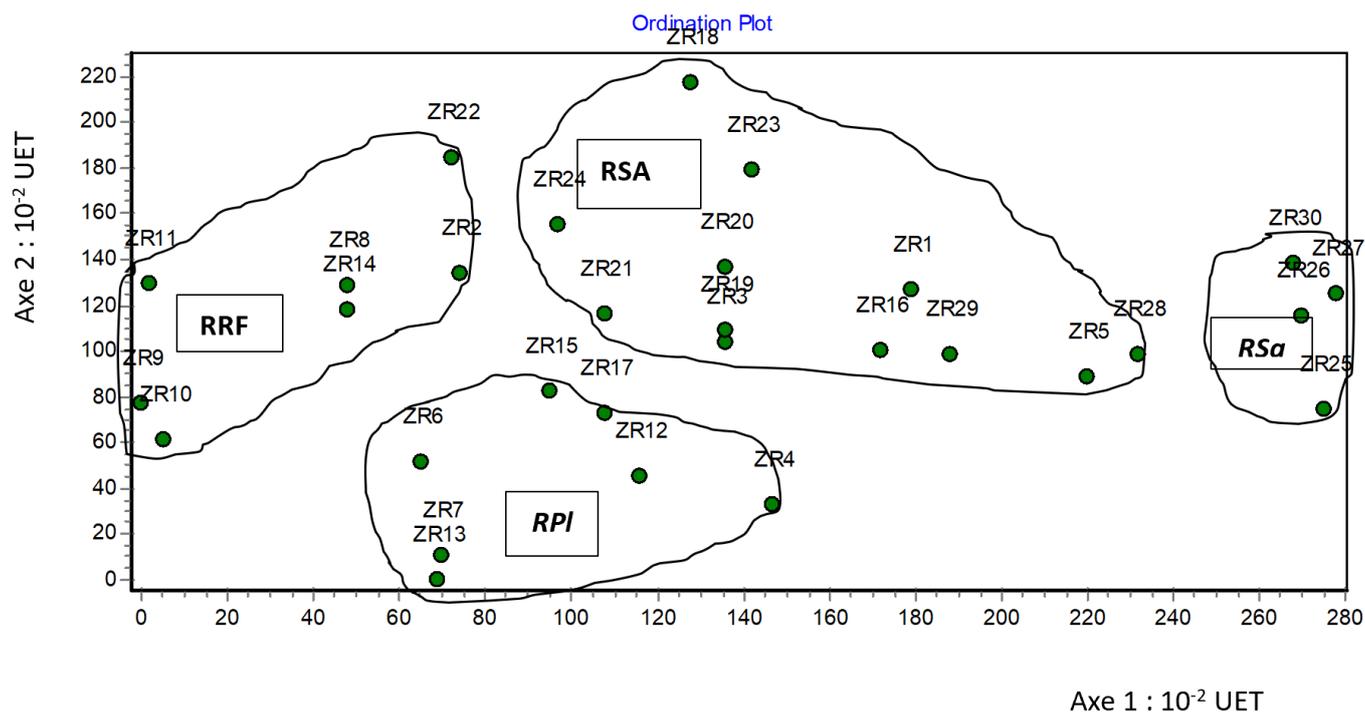


Fig. 3. DCA des relevés floristiques des zones non exploitées

RRF: relevés du recrû forestier; RPI: relevés des plantations; RSA: relevés de la savane arborée; RSa: relevés de la savane arbustive; UET: Unité d'Ecart-Type; Axe 1 (score: 0,37; longueur de gradient: 2,78 UET); Axe 2 (score: 0,18; longueur de gradient: 2,15 UET)

L'axe 1, de score 0,37, discrimine nettement de son origine vers son extrémité les relevés du recrû forestier (RRF), de la plantation (RPI), de la savane arborée (RSA) et de la savane arbustive (RSa). Il traduit un gradient de complexité structurale. L'axe 2 discrimine nettement les relevés de la plantation (RPI) de ceux du recrû forestier (RRF), de la savane arborée (RSA) et de la savane arbustive (RSa). Il renseigne sur le degré d'anthropisation des formations végétales.

3.2 CARACTERISTIQUES FLORISTIQUES DU SITE D'ETUDE

3.2.1 DIVERSITE FLORISTIQUE

Au total, 304 espèces, réparties dans 220 genres et 69 familles, dont 180 dans les carrières abandonnées et 248 dans les zones non exploitées ont été recensées. Le tableau 1 présente la diversité floristique de chacune des formations végétales des carrières abandonnées et des zones non exploitées. La valeur moyenne par relevé de la richesse spécifique varie d'une formation végétale à l'autre entre les carrières abandonnées et les zones non exploitées ($p = 0,00$ et $ddl = 59$) mais, pas d'une formation à l'autre au sein de chacune des deux zones. Il en est de même pour l'indice de diversité de Shannon ($p = 0,00$ et $ddl = 662$) et l'équitabilité de Pielou ($p = 0,00$ et $ddl = 662$). Les valeurs moyennes par formation végétale de la diversité en genres et en familles varient aussi d'une formation végétale à l'autre entre les carrières abandonnées et les zones non exploitées. La savane arborée est la formation végétale la plus diversifiée en espèces (156), en genres (135) et en familles (56) tandis que le recrû forestier enregistre l'indice de Shannon (6,30 bits) et l'équitabilité de Pielou (0,88) les plus élevés. Les Leguminosae constituent la famille la plus riche en espèces au niveau de toutes les formations végétales.

Tableau 1. Diversité floristique des formations végétales

Zones	FV	Rt (Rm ± Ec)	H (bits)	E	Ng	Nf	Familles dominantes
CA	Ja	123 (17,21 ± 5,21)	5,05	0,72	104	46	Leguminosae (14,64%), Poaceae (8,13%), Euphorbiaceae (5,69%), et Convolvulaceae (5,69%)
	SH	88 (20,36 ± 6)	4,22	0,65	71	31	Leguminosae (37,12%), Poaceae (10,22%), Cyperaceae (4,54%), Euphorbiaceae (4,54%), Asteraceae (4,54%), et Rubiaceae (4,54%)
ZNE	PI	98 (33,28 ± 9,42)	5,63	0,85	91	42	Leguminosae (14,64%), Poaceae (8,13%), Euphorbiaceae (7,14%), et Asteraceae (7,14%)
	Sa	48 (30 ± 3,46)	4,80	0,86	44	26	Leguminosae (29,17%), Poaceae (8,33%), Euphorbiaceae (6,25%), et Rubiaceae (6,25%)
	SA	165 (35,58 ± 8,42)	5,76	0,78	135	56	Leguminosae (23,63%), Poaceae (6,06%), et Asteraceae (6,06%)
	RF	141 (38,85 ± 7,35)	6,30	0,88	125	56	Leguminosae (15,61%), Rubiaceae (6,38%), Asteraceae (4,96%)
Total		304 (26,88 ± 10,91)	5,48	0,66	69	220	Leguminosae (20,38%), Poaceae (6,90%), Rubiaceae (5,59%), Euphorbiaceae (4,93%), Asteraceae (4,27%)

CA: carrières abandonnées, ZNE: zones non exploitées, FV: formation végétale, Ja: jachère, SH: savane herbeuse, PI: plantation, Sa: savane arbustive, SA: savane arborée, RF: recru forestier, Rt: richesse spécifique totale, Rm: richesse spécifique moyenne, Ec: écart-type de Rm, H: indice de diversité de Shannon, E: équitabilité de Pielou, Ng: nombre de genres, Nf: nombre de familles

3.2.2 SPECTRE BIOLOGIQUE

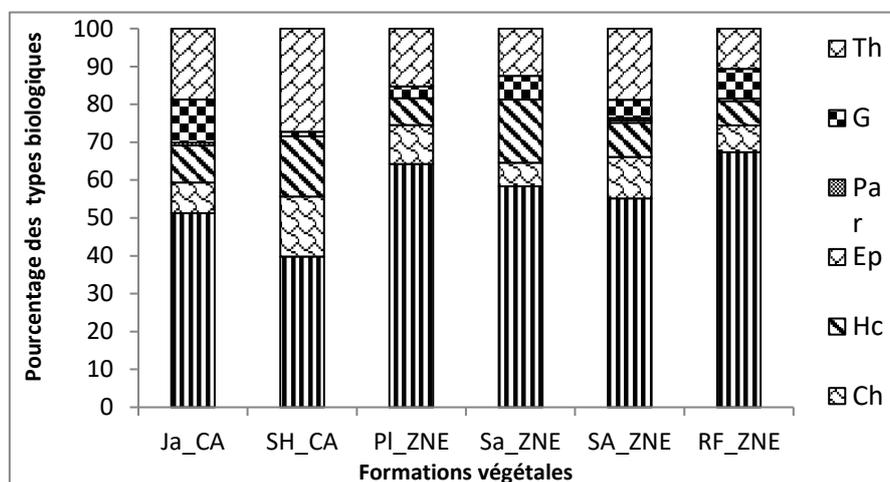


Fig. 4. Spectres biologiques bruts des formations végétales

Ph: phanérophyles, Ch: chaméphytes, Hc: hémicryptophytes, Ep: épiphytes, Par: parasites, G: géophytes, Th: thérophytes, pour les abréviations Ja, SH, CA, PI, Sa, SA, RF, ZNE voir le tableau 1

La figure 4 montre les spectres biologiques des 2 formations végétales des carrières abandonnées suivies des 4 formations végétales des zones non exploitées. Les phanérophyles sont partout majoritaires et leur taux varie de 39,77 à 51,22% dans les carrières abandonnées contre 55,15 à 67,38% dans les zones non exploitées. Le plus fort pourcentage des phanérophyles dans

les formations végétales des zones non exploitées est surtout dû aux jeunes individus des espèces ligneuses et aussi aux individus adultes de certaines espèces préservées dans les plantations et les recrûs forestiers à cause de leurs utilités commerciale et médicinale. Les épiphytes sont seulement représentés au niveau de deux formations végétales (savane arborée et le recrû forestier) dans les zones non exploitées alors que les parasites sont seulement retrouvés dans la jachère des carrières abandonnées et dans la savane arborée des zones non exploitées.

3.2.3 SPECTRES PHYTOGEOGRAPHIQUES

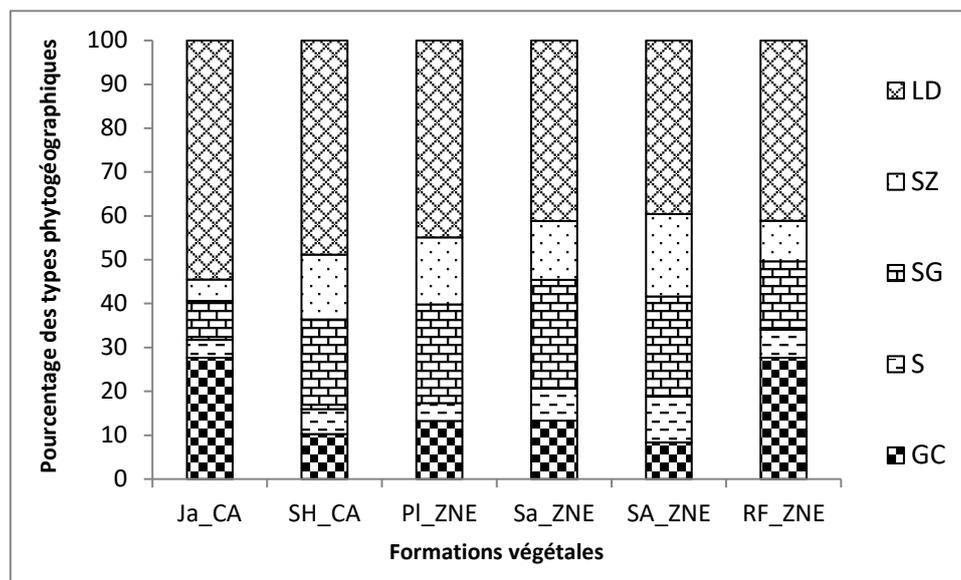


Fig. 5. Spectres biogéographiques bruts des formations végétales

Types phytogéographiques: GC: guinéo-congolais, SG: soudano-guinéen, S: soudanien, SZ: soudano-zambésien, LD: large distribution. Pour les abréviations Ja, Sh, CA, PI, Sa, SA, RF, ZNE voir le tableau 1

La figure 5 présente les spectres phytogéographiques des formations végétales. Les espèces à large distribution sont plus abondantes dans les carrières abandonnées (48,86 à 54,47%) que dans les zones non exploitées (39,58 à 44,90%). Dans les carrières abandonnées, les espèces guinéo-congolaises sont plus représentées dans la jachère (27,64% contre 10,23% dans la savane herbeuse) alors que dans les zones non exploitées elles sont dominantes dans le recrû forestier (27,66%) et sont faiblement représentées dans la savane arbustive (8,33%). Les espèces soudano-guinéennes sont dominantes dans la savane arbustive (24,85%) tandis qu'elles sont faiblement représentées dans la jachère (8,94%).

3.3 CARACTERISTIQUES STRUCTURALES DES FORMATIONS VEGETALES LIGNEUSES DU SITE D'ETUDE

La surface terrière, la densité et l'indice de diversité de Shannon des différentes formations végétales sont indiqués dans le tableau 2.

La surface terrière moyenne est de 2,80 m² /ha dans les carrières abandonnées. Elle est comprise entre 5,40 et 17,16 m²/ha dans les zones non exploitées et varie d'une formation végétale à l'autre entre les deux zones (p = 0,00 et ddl = 59) mais pas d'une formation à l'autre dans chacune des deux zones. Il en est de même pour la densité moyenne sauf qu'elle varie d'une formation végétale à l'autre dans chacune des zones et est comprise entre 90 et 132 tiges/ha dans les carrières et entre 160 et 282 tiges/ha dans les zones non exploitées.

Tableau 2. Caractéristiques structurales des formations végétales

Zones	Formations végétales	Surface terrière (m ² /ha)	Densité (tiges/ha)	Indice de Shannon (bits)
Carrières abandonnées (Restaurées et non restaurées)	Jachère	2,80 ± 2,70	132 ± 122	0,33 ± 0,51
	Savane herbeuse	2,81 ± 3,15	90 ± 42	0
Zones non exploitées	Plantation	5,40 ± 2,95	268 ± 113	1,11 ± 0,88
	Savane arbustive	17,16 ± 19,79	160 ± 85	2,02 ± 0,13
	Savanes arborées	5,48 ± 2,75	195 ± 84	1,31 ± 0,62
	Recrû forestier	10,71 ± 3,97	282 ± 70	2,42 ± 0,46

L'indice de diversité de Shannon varie de 0 à 0,33 bit dans les carrières puis de 1,11 à 2,42 bits dans les zones non exploitées.

3.4 SIMILITUDE ET DISSEMBLANCE FLORISTIQUE ENTRE LA VEGETATION DES CARRIERES ABANDONNEES ET CELLE DES ZONES NON EXPLOITEES

L'indice de similarité de Jaccard (Ij) entre la végétation des carrières abandonnées et celle des zones non exploitées est de 40,78%. Le taux de dissemblance entre les carrières abandonnées et les zones non exploitées est alors de 59,22% et indique que la végétation des carrières abandonnées de la cimenterie et celle des zones non exploitées sont floristiquement distinctes.

Par ailleurs, en considérant les espèces végétales exclusives aux carrières abandonnées et aux zones non exploitées, les phanérophytes prédominent les spectres biologiques bruts des zones non exploitées avec 62,90% contre 39,28% dans les carrières abandonnées. Par contre, ce sont les thérophytes qui prédominent les spectres biologiques bruts des carrières abandonnées avec 28,57% contre 15,32% dans les zones non exploitées (figure 6).

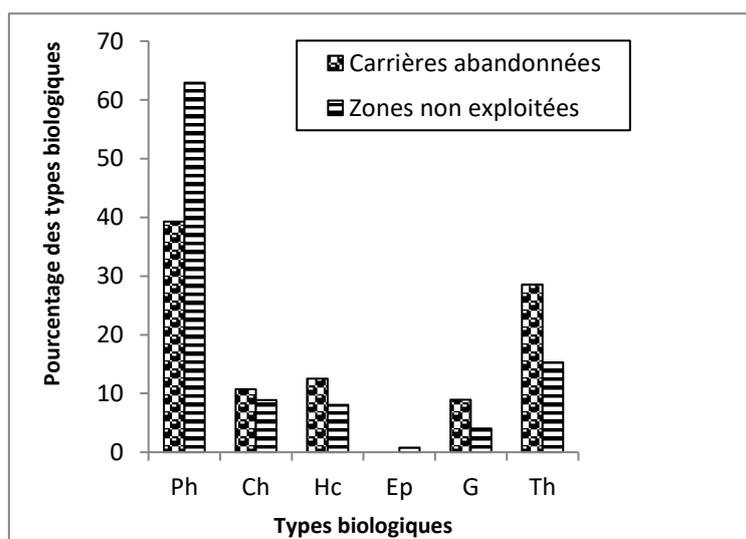


Fig. 6. Spectres biologiques bruts des espèces exclusives aux carrières abandonnées et aux zones non exploitées

Pour les abréviations Ph, Ch, Hc, Ep, G, Th voir la figure 4

En tenant compte des types phytogéographiques des espèces exclusives aux carrières abandonnées et aux zones non exploitées, ce sont les espèces à large distribution qui prédominent les spectres phytogéographiques bruts des carrières abandonnées et des zones non exploitées avec respectivement 64,28% et 37,09% (figure 7).

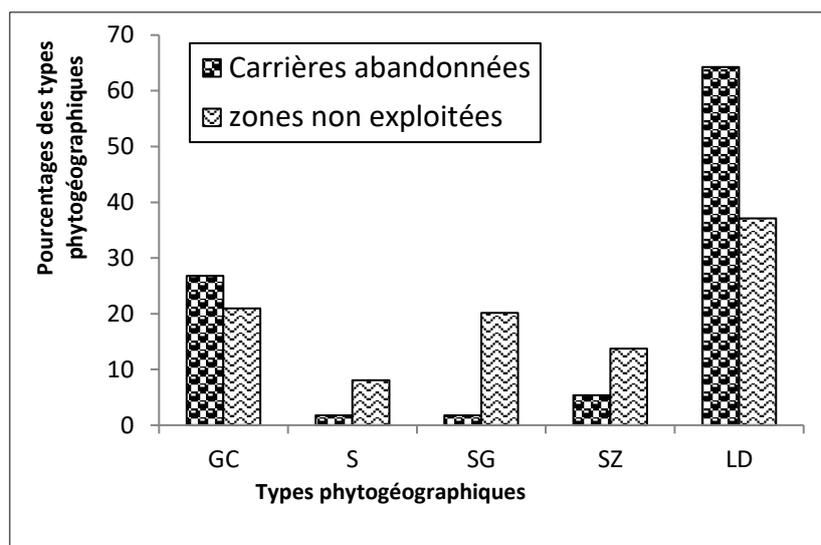


Fig. 7. Spectres phytogéographiques bruts des espèces exclusives aux carrières abandonnées et aux zones non exploitées

Pour les abréviations GC, S, SG, SZ et LD voir la figure 5

4 DISCUSSION

La richesse spécifique globale de la végétation environnante de la cimenterie d'Onigbolo est de 304 espèces et représente 10,83% de la flore du Bénin qui compte 2807 espèces [25]. Elle est inférieure à celle de 457 espèces obtenue par [24] pour la végétation des carrières non sableuses du Bénin et de leurs zones adjacentes et est supérieure à celle de 122 espèces enregistrée par [38] sur les plateaux calcaires de Mahafaly au Madagascar. Il faut signaler que l'aire d'échantillonnage considéré dans la présente étude est nettement inférieure à celles considérées par ces auteurs. La richesse spécifique moyenne par relevé est plus élevée dans les formations végétales des zones non exploitées (30 à 39 espèces) que dans celles des carrières abandonnées (17 à 20 espèces). Les carrières abandonnées sont donc moins riches en espèces que les zones non exploitées. L'extraction du calcaire contribuerait alors à la diminution des conditions édaphiques favorables à l'occurrence des espèces. Les formations végétales des carrières abandonnées sont floristiquement moins diversifiées que celles des zones hors carrières bien que toutes les formations végétales discriminées soient toutes anthropophiles. Ces résultats corroborent ceux de [24] qui avait trouvé que la diversité est plus élevée dans tous les groupements témoins que dans ceux des carrières non sableuses du Bénin. Il en est de même pour [39] qui avaient trouvé dans l'Etat d'Ebony au Nigéria que les carrières exploitées par les sociétés Crushed Rock et Setraco sont toutes floristiquement moins diversifiées que les sites non exploités. Néanmoins, la jachère est plus diversifiée que la savane herbeuse et la savane arbustive. Ceci pourrait s'expliquer par le nombre de relevés qui est plus élevé dans la jachère (19 relevés) que dans la savane herbeuse (11 relevés) et la savane arbustive (03 relevés). La moyenne de l'équitabilité de Pielou de 0,68 (faible) dans les carrières abandonnées et de 0,84 (forte) dans les zones non exploitées, traduit que les individus des espèces végétales sont équitablement répartis dans les zones non exploitées et inégalement répartis dans les carrières abandonnées. La faible richesse spécifique et l'inégale répartition des individus des espèces dans les carrières abandonnées explique l'écart de diversité entre les carrières abandonnées et les zones non exploitées. La faible valeur de la richesse spécifique observée dans les carrières abandonnées pourrait s'expliquer par la dominance d'espèces envahissantes. La diminution de la richesse spécifique dans les carrières par rapport aux zones non exploitées pourrait donc être attribuée à l'extraction de la roche mère (calcaire) étant donné que les activités minières sont classées deuxième après les feux de végétation, parmi les activités anthropiques favorables à l'installation des espèces envahissantes [40].

Parmi les familles les plus importantes au niveau des carrières abandonnées et des zones non exploitées, la famille des Leguminosae est la plus dominante. Elle constitue aussi la famille la plus prédominante au niveau de toutes les formations végétales du site d'étude. La prédominance de cette famille n'est pas une particularité de la végétation environnante au complexe cimentier d'Onigbolo mais une caractéristique générale de la flore béninoise [25]; [41]; [42].

En considérant les peuplements ligneux, les valeurs obtenues pour la surface terrière dans les 4 formations végétales des zones non exploitées sont toutes supérieures à celles enregistrées dans les formations végétales des carrières abandonnées.

La faible surface terrière enregistrée dans les carrières abandonnées comparativement aux zones non exploitées serait due à la faible croissance en diamètre des espèces ligneuses et indiquerait que les conditions édaphiques favorables à cette croissance en diamètre sont perturbées par l'extraction de la roche mère (calcaire).

La densité des arbres et arbustes varie de 90 à 132 tiges/ha dans les formations végétales des carrières abandonnées contre 160 à 268 tiges/ha dans les formations végétales des zones non exploitées. Elle est donc plus élevée dans les zones non exploitées que dans les carrières abandonnées et montre que ces premières contiennent plus d'espèces d'arbres que ces dernières. Ces valeurs de densité sont largement inférieures à celles de 1189,33 à 3239,33 tiges/ha obtenues par [38] sur les plateaux calcaires de Mahafaly au Madagascar. L'écart observé par rapport à l'auteur est lié à une richesse spécifique ligneuse plus élevée sur ces plateaux calcaires.

Les spectres biologiques sont dominés par les phanérophytes dans toutes les formations végétales du site d'étude. Il en est de même pour les thérophytes sauf que leur taux est plus élevé dans les formations végétales des carrières abandonnées que dans celles des zones non exploitées à l'exception de la savane arborée où, les hémicryptophytes ont pris le dessus. Le plus fort pourcentage des phanérophytes dans les zones non exploitées signifie que ces zones abritent plus d'espèces forestières que les carrières abandonnées. Le plus fort taux de thérophytes observé dans les carrières abandonnées comparativement aux zones non exploitées indique que la végétation des carrières abandonnées est plus perturbée que celle des zones non exploitées. Ces perturbations pourraient être imputées aux activités d'extraction du calcaire. Ceci est confirmé par le fait que les spectres biologiques bruts des espèces exclusives aux carrières abandonnées sont prédominés par les thérophytes tandis que ceux des espèces exclusives aux zones non exploitées sont prédominés par les phanérophytes.

Le spectre phytogéographique varie d'une formation végétale à l'autre entre les carrières abandonnées et les zones non exploitées et est prédominé par les espèces à large distribution dans toutes les formations végétales de ces deux zones. Cette variation du spectre biogéographique d'une formation végétale à l'autre a été déjà observée par plusieurs auteurs pour qui les spectres biogéographiques dépendent des types de formation végétale [43, [26]; [44]; [41]. La prédominance des espèces à large distribution traduit en conséquence la perturbation des propriétés des sols car ce sont des espèces qui signalent l'anthropisation [45]. Leur plus fort pourcentage observé dans les carrières abandonnées montre que celles-ci sont plus perturbées que les zones non exploitées. La prédominance au niveau des spectres biogéographiques bruts, des espèces exclusives aux carrières abandonnées par les espèces à large distribution confirme bien ce constat. Les spectres écologiques permettent ainsi de dire que l'exploitation du calcaire laisse des substrats beaucoup plus favorables aux espèces "passe-partout" qu'aux espèces autochtones.

5 CONCLUSION

Les résultats de la présente étude ont montré la réduction de la diversité floristique et l'influence de façon régressive des paramètres structuraux de la végétation tels que la physionomie, la densité et la surface terrière du peuplement ligneux avec ses énormes inconvénients aux plans social, économique et culturel. L'étude des impacts des activités de la SCB-Lafarge sur la flore et la végétation environnantes dans le village d'Onigbolo (commune de Pobè) vient à juste titre attirer l'attention des autorités gouvernementales sur la question de la responsabilité sociale de l'entreprise.

Face à cette situation, nous suggérons une prise en compte des connectivités écologiques dans les outils de gestion d'impact environnemental pour le maintien du cycle de vie, un décapage et une extraction sélectifs pour faciliter un remblayage permettant au sol de retrouver plus ou moins ses caractéristiques d'origine, une sélection par expérimentation des espèces végétales pionnières, autochtones performantes et adaptées aux carrières à réhabiliter pour créer une pépinière en vue d'assurer progressivement la réhabilitation des carrières abandonnées.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le projet "Responsabilité Sociale des Entreprises multinationales en Afrique subsaharienne: la part des acteurs locaux" pour avoir financé en partie la collecte des données. Ils expriment leur reconnaissance au Professeure Jeanne ZOUNDJIHEKPON.

DÉCLARATION DE CONFLITS D'INTÉRÊT

Aucun conflit d'intérêt potentiel n'a été signalé par les auteurs.

REFERENCES

- [1] M. G. Syed, S. J. A. Bhat, H. G. Syed, S. H. Sham, A. M. Naseer, Q. Gazala & W. Shahid, Mining and its impacts on environment with special reference to India. *International Journal of Current Research*, 12 (5), 3586-3590, 2013.
- [2] M. Taušová, K. Čulková, L. Domaracká, C. Drebenstedt, M. S. Muchová, J. Koščo, A. Behúnová, M. Drevková & B. Benčňová, The importance of mining for socio-economic growth of the country. *Acta Montanistica Slovaca*, 4 (22), 359-367, 2017.
- [3] B. Campbell, *Mining in Africa: Regulation and development*. Londres/New-York: Pluto Press, 15 p, 2009.
- [4] F. Thomas, Exploitation minière au Sud: enjeux et conflit. *Industries minières: extraire à tout prix ? Points de vue du Sud*. Louvain-la-Neuve/Paris: CETRI/Syllepse (coll. « Alternatives Sud »), (20) 7-28, 2013.
- [5] E. Viard, Le secteur minier, un levier de croissance pour l'Afrique ? *Secteur Privé & Développement*. La revue de Proparco. En ligne sur http://www.proparco.fr/jahia/webdav/site/proparco/shared/PORTAILS/Secteur_privé_developpement/PDF/SPD8/RevueSPD8_SecteurMinier_FR.pdf, 2011.
- [6] A. Azapagic, Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry," *Journal of Cleaner Production*, (12), 639- 662, 2004.
- [7] Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, département des Mines et de l'Énergie, Chiffres clés secteur minier au Maroc, 45 p, 2009.
- [8] D. Deltenre, Gestion des ressources minérales et conflits au Mali et au Niger, Note d'Analyse du GRIP. Bruxelles 15 p. URL: <http://grip.org/fr/node/762>, 2012.
- [9] Département de l'industrie, des sciences de l'innovation, de la recherche et de l'enseignement supérieur (DISIRES), Key facts Australian industry 2011 12, 2014.
- [10] K. Amèganvi, Impacts économiques du développement du secteur minier dans l'Union Economique Monétaire Ouest-Africaine, document d'étude et de recherche de la BCEAO, 38 p, 2015.
- [11] R. Auty, *Sustaining development in mineral economies: the resource-curse thesis*. Londres: Routledge, 284 p, 1993.
- [12] J. Sachs & A. Warner, Natural resource abundance and economic growth. NBER Working Paper n° 5398. Disponible en ligne sur <http://www.nber.org/papers/w5398.pdf>, 1995.
- [13] K. Babi, Perceptions du développement minier durable par les acteurs locaux, gouvernementaux et industriels au Maroc. Mémoire de Maîtrise en gestion des organisations. Université du Québec, 82 p, 2011.
- [14] A. G. N. Kitula, The environmental and socio-economic impacts of mining on local livelihoods in Tanzania: A case study of Geita District. *Journal of Cleaner Production*, (14), 405-414, 2005.
- [15] I. Aigbedion & S. E. Iyayi, Environmental effect of mineral exploitation in Nigeria. *International Journal of Physical Sciences*, 2 (2), 033-038, 2007.
- [16] K. Gnandi, K. Tozo, K. Amouzouvi, G. Baba, G. Tchangbedji & K. Killi, Impact de l'exploitation minière sur la santé humaine: cas de la fluorose dentaire chez les enfants autour de l'usine de traitement des phosphates de Kpémé (Sud-Togo). *Laboratoire GTVD (Gestion traitement et valorisation des déchets)*, 2 (8), 195-205, 2006.
- [17] M. Aliouche, Exploitation des substances utiles à ciel ouvert et impact sur l'environnement; Etude de cas dans l'Est Algérien (Les gisements de Djebel Salah, Région de Constantine). Mémoire de magister en géologie, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et de l'Aménagement du Territoire, Université Mentouri de Constantine d'Algérie, 113 p, 2008.
- [18] REFSESS: Rapport Final sur l'Evaluation Stratégique Environnementale et Sociale Sectorielle du secteur minier en République Démocratique Congo, 422 p, 2014.
- [19] A. Bashizi, M. Ntububa, A. N. Bisoka. & S. Geenen, Exploitation minière en RDC: Oubli de l'environnement ? Vers une politique écologique. *Conjonctures congolaises*, 278-297, 2015.
- [20] RESCCUE: Résilience des Ecosystèmes et des Sociétés face au Changement Climatique, Evaluation de la perte de services écosystémiques liée à l'activité minière, 63 p, 2016.
- [21] G. D. K. Santa, Les pierres ornementales dans la commune de Natitingou: exploitation et impacts. Mémoire de maîtrise, DGAT, FLASH, UAC Bénin, 82 p, 2007.
- [22] C. Noukpo, Complexe cimentier d'Onigbolo: pollution de l'air et santé des employés et populations riveraines. Mémoire de Maîtrise, Géographie, DGAT, FLASH/UAC-Bénin, 98 p, 2009.
- [23] G. A. F. d'Almeida, C. Kaki, W. Tchoukou, V. Gbewezoun, Evaluation des impacts environnementaux liés à l'exploitation des calcaires et à la production de ciment à Onigbolo (sud-est du Benin). *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 17 (3), 49-61, 2015.
- [24] A. L. Aïtondji, Evaluation des impacts écologiques et paysagers et perceptions sociales des activités d'exploitation des carrières non sableuses en République du Bénin. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 294 p, 2016.
- [25] A. Akoègninou, W. J. Van der Burg, L. J. G. Van der Maesen, *Flore Analytique du Bénin*. Backhuys Publishers, Cotonou et Wageningen, 1064 p, 2006.

- [26] A. Akoègninou, Contribution à l'étude botanique des îlots de forêts denses humides semi-décidues en République Populaire du Bénin. Thèse 3 ème cycle Univ. Bordeaux 3, 250 p, 1984.
- [27] A. Akoègninou, Les forêts denses humides semi-décidues du Sud-Bénin. Journal de la Recherche scientifique de l'Université du Bénin, 1 (2), 125-131, 1988.
- [28] B. Volkoff & P. Willaine, Carte pédologique de reconnaissance de la république populaire du Bénin à 1/200000: feuille de Porto-Novo ORSTM, notice explicative, 66 (2), 39 p, 1976.
- [29] INSAE: Institut National de Statistique Appliquée et Economique, Recensement Général de la Population Humaine 4, Résultats Définitifs, 33 p, 2013.
- [30] J. Braun-Blanquet, Plant sociology: The study of plant communities. McGray Hill, NewYork and London, 439 p, 1932.
- [31] P. A. Hendsen & R. M. Seaby, Community Analysis Package 2.15 (CAP). Ltd, IRC House, Pennington, Lymington, SO41 8 GN, UK, 2002.
- [32] P. Daget, Le nombre de diversités de Hill, un concept unificateur dans la théorie de la de la diversité écologique. Acta Oecological/Oecol. Gener, 1 (1), 51-70, 1980.
- [33] S. Frontier & D Pichod-Viale, Ecosystèmes: structure, fonctionnement, évolution. Masson, Paris/France. Collection d'écologie 21, 392 p, 1991.
- [34] C. Raunkiaer, The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, oxford, London, 632 p. R Core Team 2013, A Language and Environnante for Statistical Computing. Available form: <http://www.R-project.org/>,1934.
- [35] F. White, The vegetation map of Africa. A descriptive memoire, UNESCO. Natural resources Reserch 20, 1-356, 1983.
- [36] L. Legendre & P. Legendre, Ecologie numérique, 2 La structure des données écologiques. Masson collection d'écologie, (13), 335 p, 1984.
- [37] M. Gounot, Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson & Cie 120, 314 p, 1969.
- [38] F. Rahaingoson, V. Rakotoarimanana, R. Edmond, Analyse structurale et floristique de la végétation selon les différents types de gestion sur le Plateau Calcaire Mahafaly. Rôle et place des transferts de gestion des ressources naturelles renouvelables dans les politiques forestières actuelles à. pp.8. cirad-00933717, 2013.
- [39] D. E. Okpara, F. I. Okpiliya, S. A. Unang, U. Uquetan & C. G. Njoku, A Comparative Analysis of Floral Species Diversity between the Mined and Unmined Quarry Areas in Ebonyi State. College of Education, Ikwo, Ebonyi State/Department of Geography and Environmental Science, University of Calabar, Nigeria, 1 (1), 72-85, 2017.
- [40] P. Morat, T. Jaffré & J. M. Veillon, Menaces sur les taxons rares et endémiques de la Nouvelle-Calédonie. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest (SBCO), N° spécial (19), 129-144, 1999.
- [41] H. Yédomonhan, J. C. Houndagba, A. Akoegninou & L. J. Gerardus van der Maesen, Structure et diversité floristique de la végétation des inselbergs du secteur méridional du Centre-Benin. Systematics and Geography of Plants, 1 (78), 111-125, 2008.
- [42] S. T. B. Ahouandjinou, H. Yédomonhan, M. G. Tossou, A. C. Adomou, & A. Akoègninou, Diversité floristique et caractérisation structurale de la réserve forestière de Ouoghi en zone soudano-guinéenne (Centre-Bénin). European Scientific journal, 13 (12), 400-423, 2017.
- [43] S. Guinko, Végétation de la Haute Volta. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles, Bordeau III (2), 394 p, 1984.
- [44] K. Kokou, Les mosaïques forestières au sud du Togo: Biodiversité, dynamique et activités humaines. Thèse, Université de Montpellier II, Sc. et Tech du Languedoc, 139 p, 1998.
- [45] J. Djego & B. Sinsin, Impact des espèces exotiques plantées sur la diversité des phytocénoses de leur sous-bois. Système Géographique (76), 191-209, 2006.