



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 16(1): 272-285, February 2022

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

**International Journal  
of Biological and  
Chemical Sciences**

**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## **Impact de l'âge d'abandon sur les caractéristiques floristiques dans les carrières de phosphates au sud-est du Togo**

Minkilabe DJANGBEDJA

*Université de Lomé, Département de Géographie/ FSHS/UL-Togo  
Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Études Environnementales (LaRBE), Togo.  
E-mail : paulinminkilabe@yahoo.fr ; Tel. : +228 90219654*

Received: 06-07-2021

Accepted: 14-12-2021

Published: 28-02-2022

### **RÉSUMÉ**

Les carrières minières représentent souvent un type particulier de milieu ayant subi une pression d'excavation importante et soutenue dans le temps. Au sud-est du Togo se développent des carrières de phosphates. Les opérations d'extraction de ces minerais laissent à l'abandon d'importants terrils en arrière du front d'exploitation, livrés à une régénération naturelle lente et incertaine. L'objectif de cette étude est de vérifier si la distribution des espèces dans ces carrières est mieux expliquée lorsqu'on introduit le facteur « âge d'abandon ». A cet effet, six sites ont été échantillonnés en fonction de l'âge des travaux : 2010-2020; 2000-2010; 1990-2000; 1980-1990; 1970-1980 et 1960-1970. Suivant la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet, 120 relevés phytosociologiques ont été effectués dans les formations post carrière à raison de 20 relevés par site. Au total, la flore recensée dans les six sites des carrières abandonnées est respectivement de 61, 64, 80, 30, 66 et 93 espèces, quant aux familles botaniques elles sont de 12, 10, 14, 10 et 15. La valeur minimale de l'indice de Shannon de 1,26 a été obtenue dans les carrières âgées de 20 à 30 ans et la valeur maximale de 4,01 a été enregistrée dans les carrières d'âge d'abandon de 40 à 50 ans. Les résultats des coefficients de corrélation de Person montrent que l'indice de diversité de Pielou varie en fonction de l'âge d'abandon de la carrière. Par contre la richesse spécifique et l'indice de Shannon n'ont pas de liaison significative avec l'âge d'abandon. Les traits de vie, les types phytogéographiques et les types de familles varient également en fonction de l'âge d'abandon mais surtout présente une dynamique forestière en absence d'intervention humaine. L'âge d'abandon n'est donc pas suffisant pour expliquer la variabilité et répartition des taxons sur les carrières. Les facteurs anthropiques et écologiques influencent cette dynamique végétale au sein de ces carrières.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Sud-Est Togo, carrières de phosphate, succession écologique, diversité floristique.

## **Impact of the abandonment age on the floristic characteristics in the phosphate quarries in south-eastern Togo**

### **ABSTRACT**

Mining quarries are often a special type of environment that has undergone significant excavation pressure and sustained over time. Phosphate quarries are being developed in the South-East of Togo. The extraction operations occasioned large slag heaps behind the mining front which is abandoned to a slow and uncertain natural regeneration. The objective of this study is to verify whether the distribution of plant species in

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i1.23>

8905-IJBSC

these quarries is better explained when the factor “years of abandonment” is introduced. For this purpose, six sites were sampled according to the period of the works: 2010-2020; 2000-2010; 1990-2000; 1980-1990; 1970-1980 and 1960-1970. Through the lenses of the Braun-Blanquet sigmatist method, 120 phytosociological surveys were carried out in post-career training at a rate of 20 surveys per site. In total, the flora identified in the 6 six abandoned quarry sites are respectively 61, 64, 80, 30, 66, 93 species. As for botanical families, they are 12, 10, 14, 10, 12, 15. The minimum value of the Shannon index of 1.26 was obtained in quarries of 20 to 30 years and the maximum value 4.01 was recorded in quarries where the abandonment period spans 40 to 50 years. The results of the Person correlation coefficients show that the Pielou diversity index varies depending on the number of years of the quarry abandonment. On the other hand, specific richness and the Shannon index do not have a significant positive relationship with the number of years of abandonment. Life traits, phytogeographic types and family types also vary according to the number of years of abandonment but above all it shows a forest dynamic in the absence of human intervention. The period of abandonment is therefore not sufficient to explain the variability and distribution of taxa on quarries. Anthropogenic and ecological factors influence this vegetal dynamic within these quarries.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** South-East Togo, phosphate quarries, floristic characteristics, years of abandonment.

---

## INTRODUCTION

Les écosystèmes subissent de nos jours des transformations tant quantitatives que qualitatives qui affectent les ressources naturelles. Parmi les nombreux écosystèmes dégradés par les activités humaines, les sites miniers et les carrières, présentent de nombreux impacts négatifs sur l’environnement (Bétard, 2013). Les activités extractives persistent généralement jusqu’à ce que les ressources minérales soient épuisées (Meeûs, 1918) dégradant de ce fait de manière irréversible l’environnement initial et sa biodiversité.

Cependant, bien que l’extraction minière soit à l’origine de la destruction des habitats et des espèces (Melki, 2002), il est reconnu que ces sites, une fois abandonnés, présentent un grand intérêt biologique et un potentiel écologique important suite à la re-végétalisation naturelle du site (Bétard, 2013) et ce grâce aux nombreuses niches distinctes générées par l’hétérogénéité du substrat, les gradients topographiques, hydrologiques et géologiques. En effet, ces sites abandonnés sont généralement constitués d’une variété d’habitats qui favorisent le développement d’une biodiversité renouvelée (Deconchat, et Balent, 2001 ; Bétard, 2013).

Au Togo, l’exploitation des minerais de phosphate se fait à ciel ouvert au sud-est du

Togo entraînant une agression visuelle paysagère. Les opérations d’extraction de ces minerais laissent à l’abandon d’importants terrils en arrière du front d’exploitation, livrés à une régénération naturelle. Ainsi, ces écosystèmes des carrières laissés à eux-mêmes, après l’arrêt des activités de dégradation ou de la pression de perturbation, sont-ils capables de retrouver seuls un état d’équilibre fonctionnel? Autrement dit, les dynamiques naturelles qui s’y opèrent dans ces carrières sont-elles suffisantes pour leur permettre de retrouver leur résilience ou du moins une certaine résilience ? De plus, étant donné qu’après l’arrêt d’une perturbation, un écosystème dégradé va être naturellement colonisé selon les processus de la succession végétale Karther (2004), on suppose également que le facteur « âge d’abandon d’un site » peut intervenir de façon significative dans l’organisation et la composition des communautés végétales. La variabilité inter-site observée au niveau floristique relève-t-elle des effets liés à une dynamique végétale de recolonisation du site en relation avec la période d’abandon ? L’objectif est de vérifier si la distribution des espèces est mieux expliquée par le facteur « âge d’abandon ».

## MATERIEL ET METHODES

### Localisation et caractérisation de la zone d'étude

L'étude a été effectuée dans sud-est du Togo. La région est située s'étend entre 6°15' et 6° 27' latitude nord et 1°17' et 1°30' longitude est (Figure 1). Il couvre une superficie d'environ 77,74 km<sup>2</sup>.

Elle correspond au continental terminal qui s'identifie à la zone des plateaux de barre. Cette dernière est divisée en deux par une dépression transversale appelée généralement dépression de la Lama. C'est un vaste glacis entaillé de vallées encaissées, creusées par des cours d'eau côtiers à savoir le Zio et le Haho. Le réseau hydrographique de la région est dominé par le lac Togo au nord duquel se trouvent le gisement, et le fleuve Haho long de 140 km, qui s'y jette (Addra et al., 1994). Le substrat est constitué de matériaux grossiers pauvres en éléments fins, qui ont été déversés sans être tassés. Les pentes fortes (souvent de l'ordre de 30° à 45°) rendent le substrat instable et cette instabilité engendre une situation d'éboulis permanent qui limite l'implantation de nombreuses espèces végétales. Il est très perméable et présente une grande sécheresse superficielle, la rétention en eau étant fort faible (Addra et al., 1994).

Les terrils présentent des conditions écologiques originales liées aux caractéristiques qui les individualisent par rapport au milieu environnant: un relief en saillie, des pentes fortes, un substrat grossier font d'eux des milieux secs aérés et humides, présentant de grands écarts de température entre le jour et la nuit et moins bien tamponnés que le milieu environnant. On observe sur ces terrils plusieurs microclimats très contrastés selon les versants. On y trouve aussi des mares alimentées par les eaux de percolation qui se forment fréquemment au pied des terrils lorsque ceux-ci reposent sur une assise plus ou moins imperméable.

Les sols reflètent la complexité des processus géomorphologiques et la nature du substratum géologique : ce sont des sols sablo-argileux rouges datant du post lutétien. Ils correspondraient à une série de dépôts consécutifs aux puissantes abrasions

auxquelles le socle granito-gneissique a été soumis. Du point de vue géologique, cette région correspond au bassin sédimentaire côtier. Le gisement de phosphates est localisé dans le complexe d'argiles marnes et calcaires correspondant à l'Eocène moyen (45 millions d'années) du sud du Togo (Slanski, 1962).

Cet espace naturel bénéficie d'un climat subéquatorial marqué par l'alternance de deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches, avec précipitations moyennes de l'ordre de 1000 mm/an et se répartit sur 70 à 80 jours. Cette région connaît des aléas climatiques qui s'expriment en termes de retard pluviométrique, d'irrégularité et de mauvaise répartition laissant entrevoir des insuffisances ou des abondances d'une année à l'autre. L'humidité relative est de l'ordre de 75% en moyenne. La température annuelle est voisine de 27°5.

Sur le plan végétation, le secteur d'étude qui bénéficiait initialement d'une couverture forestière est marqué de nos jours, du fait des fortes dégradations anthropiques, par la savane. Il s'agit d'une formation végétale constituée de fourrés (Kokou, 1998). Les villages riverains des carrières sont historiquement habités par les Ouatchi (sous-groupe Ewé) issus de la migration Adja-Ewé venue du Nigeria entre le XVII<sup>e</sup> et le XVIII<sup>e</sup> siècle (Gayibor, 1987). La densité de population est estimée à 240 hab/km<sup>2</sup> La population était estimée à 28.992 habitants (DGSCN, 2010).

### Méthodes de collecte et analyse des données

#### Données cartographiques

La carte de la dynamique spatio-temporelle des carrières a été établie sur la base des informations recueillies à la Direction de la société nationale de phosphates du Togo (SNPT). Ces informations ont été complétées par d'autres recueillies auprès des populations riveraines des carrières portant sur les rythmes d'exploitation et les dates d'arrêt.

L'étude de l'évolution de la végétale a été réalisée sur six sites échantillonnés en fonction de l'âge des travaux : 2010- 2020, 2000-2010, 1990-2000, 1980-1990, 1970-1980 et 1960-1970 (Figure 2). Dans chaque série

d'âge, des relevés botaniques ont été réalisés suivant l'approche sigmatiste de Braun-Blanquet (1932) cité par. Honvou et al. (2021). Sur chaque site des transects de 500 m ont été levés de façon perpendiculaire de la base au sommet des remblais dans le seul but de couvrir la diversité écologique des carrières. Le nombre de transects et le nombre de placeaux par site varient selon la complexité de la topographie et surtout de la physionomie de la végétation. Etant donné l'hétérogénéité rencontrée sur les sites, il n'a pas été aisé de définir une surface homogène pour l'ensemble des relevés. Toutefois un placeau de 500 m<sup>2</sup> (10 m x 50 m) a été installé à chaque niveau le long du transect. Au minimum 5 placeaux ont été installés dans chaque transect. Trois niveaux topographiques, le bas versant, le versant, le sommet sont distingués. Au total 120 relevés ont été réalisés à raison de 20 relevés par carrières. Toutes les espèces végétales y ont été relevées systématiquement en présence/absence. Les espèces non identifiées sur le terrain ont été récoltées et déterminées dans l'Herbier de l'Université de Lomé. La nomenclature suivie est celle de la Flore Analytique du Bénin (Akoègninou et al., 2006).

### Méthodes de traitement des données floristiques

Les différents paramètres calculés sont:

#### **Richesse spécifique (R)**

C'est le nombre d'espèces présentes sur une aire déterminée des carrières.

#### **Indice de diversité de Shannon (H)**

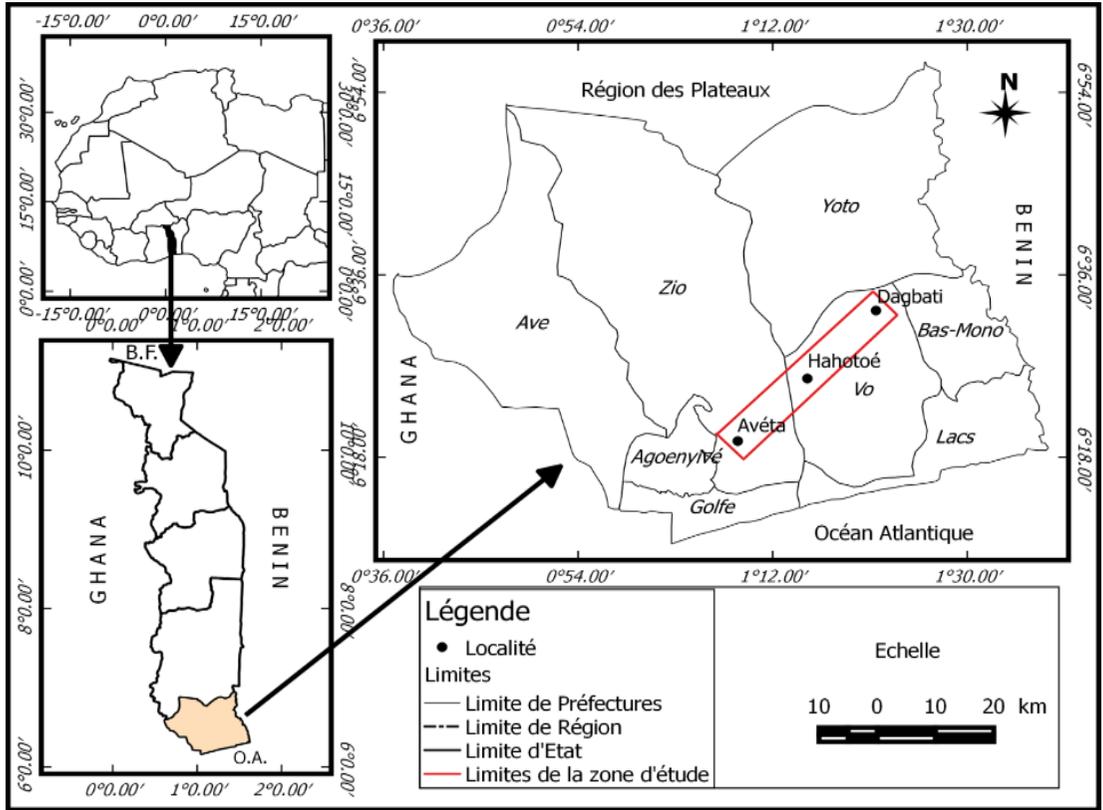
L'indice de diversité de Shannon varie à la fois en fonction du nombre d'espèces présentes et en fonction de la proportion relative des individus de diverses espèces. Il s'exprime en bits et varie généralement de 0 à 5. L'analyse des résultats est faite suivant les modalités utilisées par Logbo et al. (2020) ; Si  $H \in ]0 ; 3$  [H est faible ; Si  $H \in [3 ; 4$  [H est moyen et si  $H \in [4 ; +$  [H est élevé. Il est

d'autant plus élevé qu'un grand nombre d'espèces participe au recouvrement. C'est-à-dire plus sa valeur est élevée plus la diversité est grande. Il se calcule suivant la formule :  $H = - \sum p_i \log_2 p_i$  ;  $P_i$  (compris entre 0 et 1) : proportion relative de l'effectif des individus d'une espèce  $i$  dans l'ensemble des individus de toutes les espèces concernées ;  $P_i = n_i / \sum n_i$  ; avec  $n_i$  : effectif des individus de l'espèce  $i$  et  $\sum n_i$  : ensemble des individus de toutes les espèces.

#### **Équitabilité de Pielou (E)**

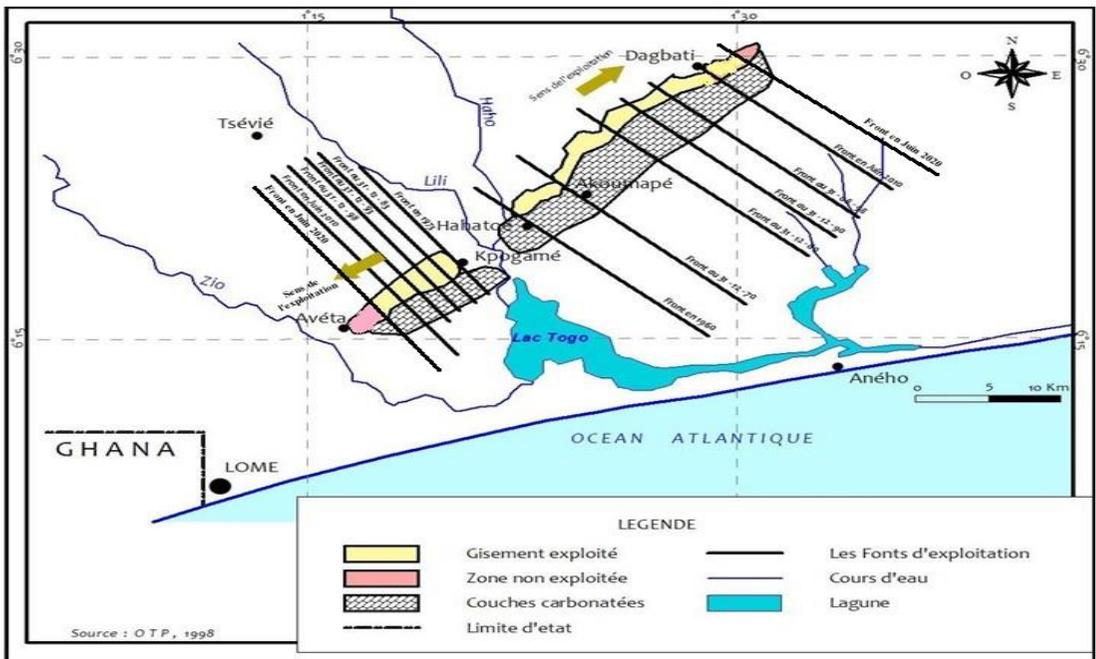
L'équitabilité traduit le degré de diversité atteint par un peuplement, et correspond au rapport entre la diversité effective (H) et la diversité maximale théorique (Hmax).  $E = H / H_{max}$  avec  $H_{max} = \log_2 S$  ;  $H$  : indice de diversité de Shannon ;  $H_{max} = \log_2 S$  : valeur théorique de la diversité maximale pouvant être atteinte dans chaque groupement ;  $S$  : nombre total d'espèces. L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement, et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individu. Les spectres biologiques ont été établis sur la base des types biologiques définis par Raunkiaer (1934) cité par (Logbo et al. 2020) et des types phytogéographiques selon les subdivisions chorologiques de White (1986).

Pour analyser la liaison entre les indices de diversité et l'âge des carrières abandonnées, la méthode de la matrice des coefficients de corrélation de Pearson a été utilisée. La matrice de corrélation permet de détecter rapidement certaines liaisons, de tester si la liaison est statistiquement significative et de quantifier l'intensité de la liaison linéaire entre deux paramètres. Le coefficient de corrélation sert également à caractériser une relation linéaire positive ou négative. Plus il est proche de 1 (en valeur absolue), plus la relation est forte (Guiguindibaye et al. 2013).



**Figure 1 :** Situation du secteur d'étude.

Source : Source : Atlas du développement régional (Addra et al., 1994).



**Figure 2 :** Sites de carrières selon une chronologie d'abandon.

Source : document interne SNPT, 1998.

## RÉSULTATS

La flore recensée dans les 6 sites des carrières abandonnées sont respectivement de 91, 94, 32, 48, 96 et 93 espèces, le nombre de genre est de 82, 59, 32, 56, 67 et 70, quant aux familles botaniques elles sont de 12, 10, 14, 10, 12 et 15.

### Indices de diversité

Le Tableau 1 présente les indices de diversité des sites de carrières. Ce tableau montre que la richesse spécifique varie globalement avec l'âge des carrières abandonnées. Elle varie dans l'ensemble entre 93 à 32 espèces. Le nombre d'espèces est plus faible dans les carrières exploitées entre 1990-2000. Les valeurs plus élevées se trouvent dans les carrières plus anciennes dont l'âge d'abandon est entre 1960-1970 et 1970-1980 et les plus jeunes carrières dont l'âge d'abandon est entre 2000-2010 et 2010-2020 constitués en majorité d'herbacées.

Pour l'indice de Shannon Weiver ( $H'$ ), la valeur minimale ( $H' = 1,26$ ) a été obtenue dans les carrières âgées de 20 à 30 ans et la valeur maximale ( $H' = 4,01$ ) a été enregistrée dans les carrières d'âge d'abandon de 40 à 50 ans (Tableau 1). La valeur de  $H'$  a tendance à augmenter avec l'âge de la carrière : 2,42 ; 2,69 et 3,26 dans carrières de moins 30 ans (site 1; site 2 et site 3). La plus faible valeur de  $H'$  se trouve dans les carrières dont l'âge est compris entre de 30 à 40 ans ( $H' = 1,26$ ) est due à la fois à la faible valeur de richesse spécifique et à la dominance d'un petit nombre d'espèce dont *Brachari reflexa* et *Rottboelia exaltata*. On peut dire que les carrières d'âge supérieur à plus de 50 ans sont relativement diversifiées car les valeurs calculées dans les carrières sont supérieures à 3,4 bits.

L'indice d'équitabilité de Pielou varie également en fonction de l'âge d'abandon, elle augmente avec l'âge de la carrière et atteint une valeur maximale dans les anciennes carrières. On peut dire que cet indice est faible dans les carrières d'âge d'abandon inférieur à 40 ans et

moyen dans les carrières plus anciennes (plus 40 ans).

### Corrélation entre les indices de diversité et l'âge d'abandon

Le Tableau 1 montre la corrélation entre les indices de diversité et l'âge d'abandon. L'analyse de ce tableau montre qu'il n'y a pas une corrélation entre l'âge d'abandon des carrières avec la richesse spécifique, l'indice de Shannon. Par contre, il y a corrélation avec l'équitabilité de Pielou.

### Evolution des types biologiques en fonction de l'âge d'abandon

L'analyse des spectres biologiques (Figure 3) indique la prédominance des thérophytes dans les carrières d'âge d'abandon de moins de 20 ans en relation avec les caractéristiques écologiques des terrils (sols peu fixés, filtrants). Au-delà de 20 ans, on remarque que la proportion des thérophytes diminue au profit des phanérophytes. A partir de 40 ans, on observe de nouveau une augmentation de la proportion des thérophytes et une baisse du taux de phanérophytes. Dans les carrières d'âge d'abandon de plus de 50 ans le taux de thérophytes et de phanérophytes augmente considérablement.

### Evolution des types phytogéographiques en fonction de l'âge d'abandon

Les histogrammes de la Figure 4 montrent l'évolution des types phytogéographiques en fonction de l'âge d'abandon. L'analyse de l'affinité chorologique des espèces montre une prépondérance des espèces du domaine pantropical suivi des espèces du domaine soudano zambézien dans les carrières très jeunes (âge d'abandon de moins de 20 ans). A partir de 30 année d'âge d'abandon, on remarque une prépondérance des espèces du domaine guinéo-congolais). Celle-ci diminue dans les carrières anciennes (âge d'abandon entre 40 et 50 ans). A partir de 50 ans d'âge d'abandon on note un regain des espèces du domaine guinéo-congolais et des espèces soudano-zambézienne.

**Évolution des familles botaniques en fonction de l'âge d'abandon**

Les histogrammes de la Figure 5 présentent les familles botaniques en fonction de l'âge d'abandon. L'analyse de la distribution des types de famille en fonction de l'âge d'abandon de la carrière (Figure 5) montre que dans les carrières très jeunes (moins de 10 ans) les Poaceae et les Fabaceae sont les plus

représentées. A partir de la dixième année d'âge, on note une prépondérance des Euphorbiaceae et des Rubiaceae jusqu'à la trentième année. Elles sont remplacées par la famille des Sapindaceae et des Fabaceae dans la quarantième année. Les Fabaceae et les Poaceae reprennent la prépondérance dans les carrières très anciennes (plus de 50 ans d'âge d'abandon).

**Tableau 1** : Indices de diversité.

Sites	Site 1 : 2010- 2020	Site 2 : 2000-2010	Site 3 : 1990-2000	Site 4 : 1980-1990	Site 5 : 1970-1980	Site 6 : 1960-1970
<b>Richesse spécifique</b>	61	64	80	30	66	93
<b>Genre</b>	52	59	72	28	57	70
<b>Familles botaniques</b>	12	10	14	10	12	15
<b>Indice de Shannon</b>	2,42	2,69	3,26	1,26	4,01	3,45
<b>Equitabilité de Pielou</b>	0,2	0, 2 3	0,5	0,6	0,68	0,70

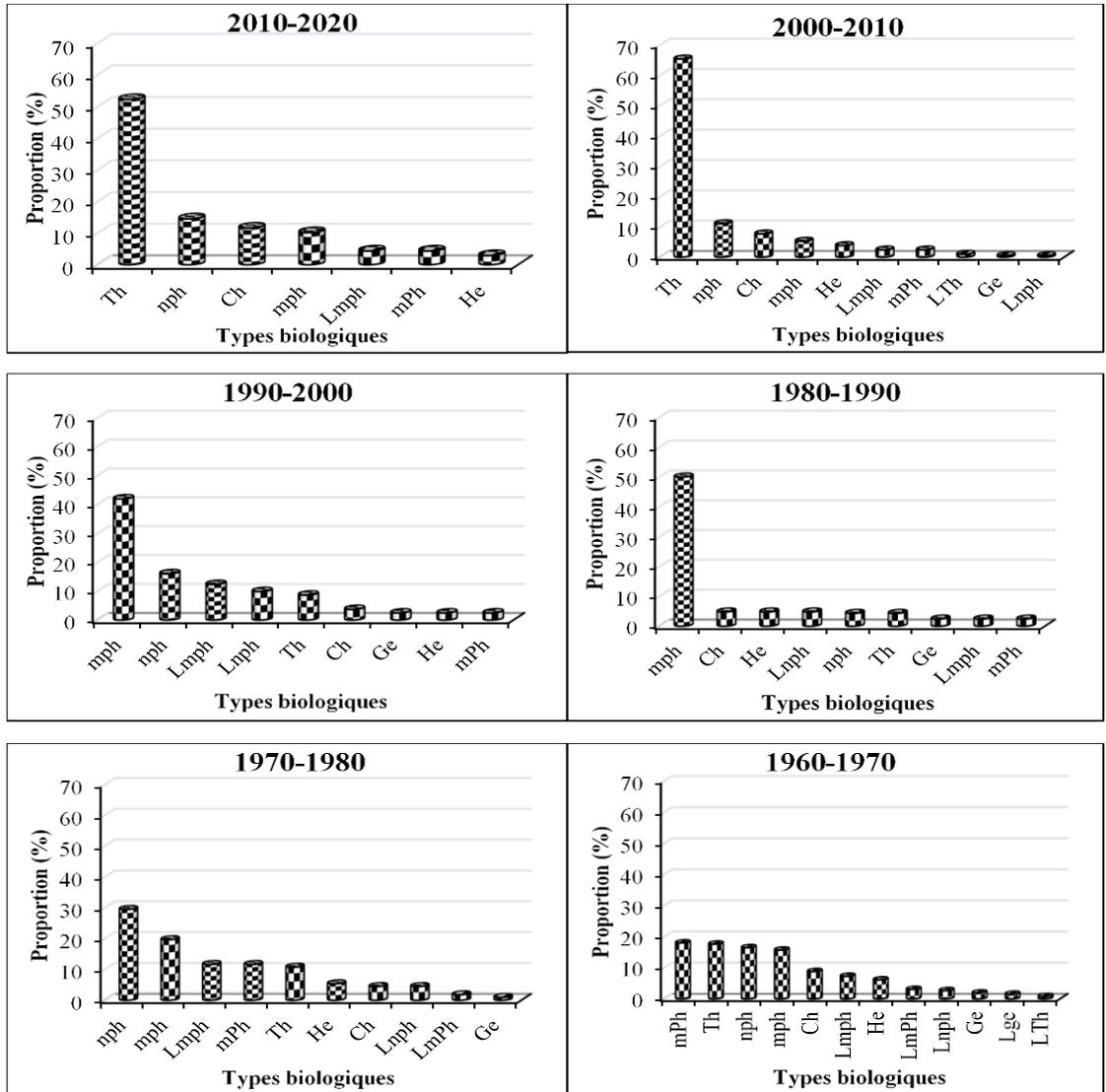
Source : Résultats des travaux, 2020.

**Tableau 2** : Corrélation entre les indices de diversité et l'âge d'abandon.

	Age du site	Richesse spécifique	Indice de Schannon	Equitabilité de Pielou	
<b>Age du site</b>	Corrélation de Pearson	1	0,480	0,396	0,956**
	Sig. (bilatérale)		0,336	0,437	0,003
	N	6	6	6	6
<b>Richesse spécifique</b>	Corrélation de Pearson	0,480	1	0,883*	0,528
	Sig. (bilatérale)	0,336		0,020	0,282
	N	6	6	6	6
<b>Indice de Schannon</b>	Corrélation de Pearson	0,396	0,883*	1	0,322
	Sig. (bilatérale)	0,437	0,020		0,533
	N	6	6	6	6
<b>Equitabilité de Pielou</b>	Corrélation de Pearson	0,956**	0,528	0,322	1
	Sig. (bilatérale)	0,003	0,282	0,533	
	N	6	6	6	6

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0,01 (bilatéral).

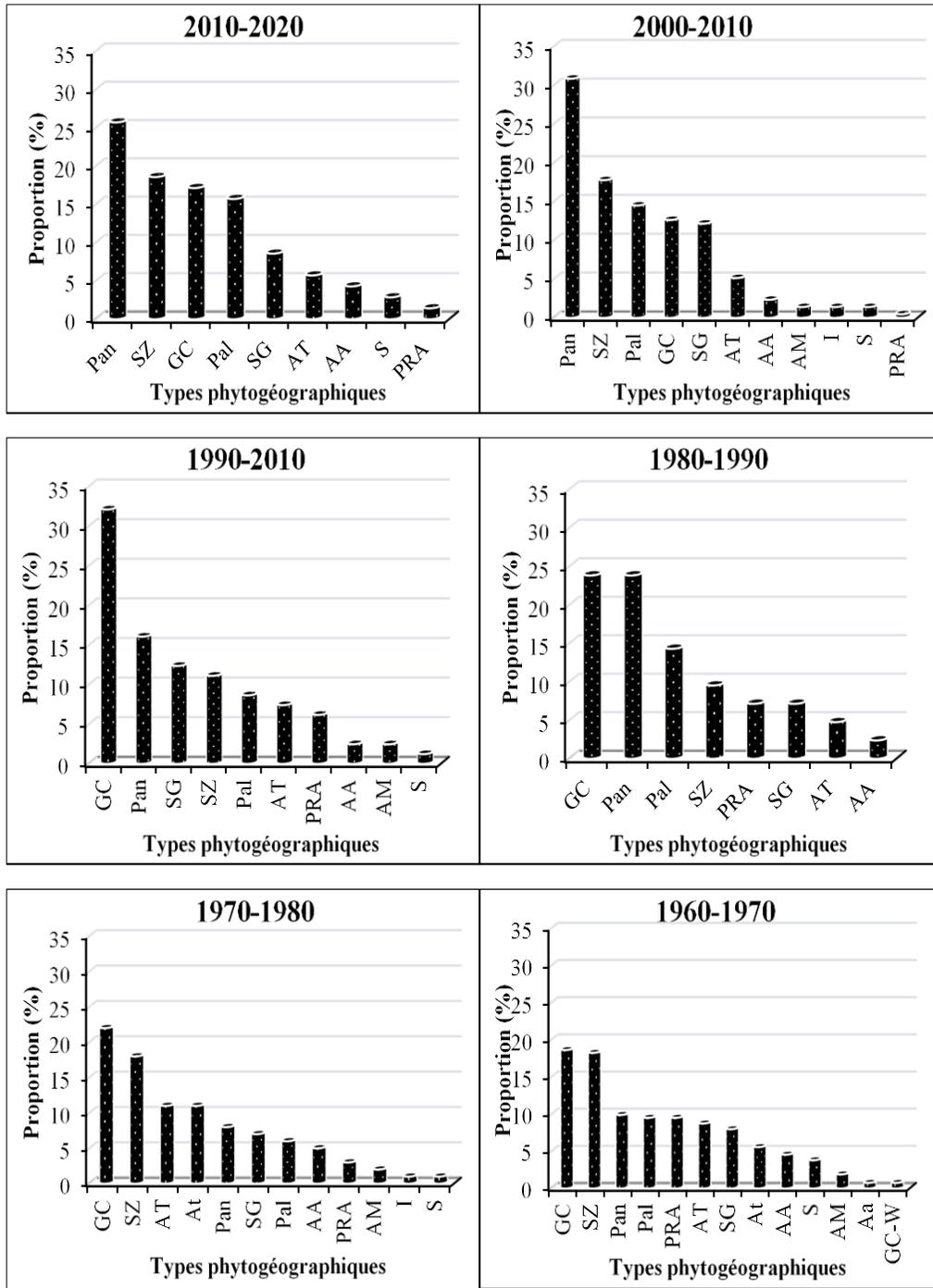
\* . La corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatéral).



**Figure 3 :** Évolution des types biologiques dans les carrières abandonnées de phosphates de 1960 à 2020.

**Légende :** MPh : Mégaphanérophytes, mPh : Mésophanérophytes, mph : Microphanérophytes, nph : Nanophanérophytes, Hé : Hémicryptophytes, Ge: les géophytes, Th Thérophytes, Ch : Chaméphytes.

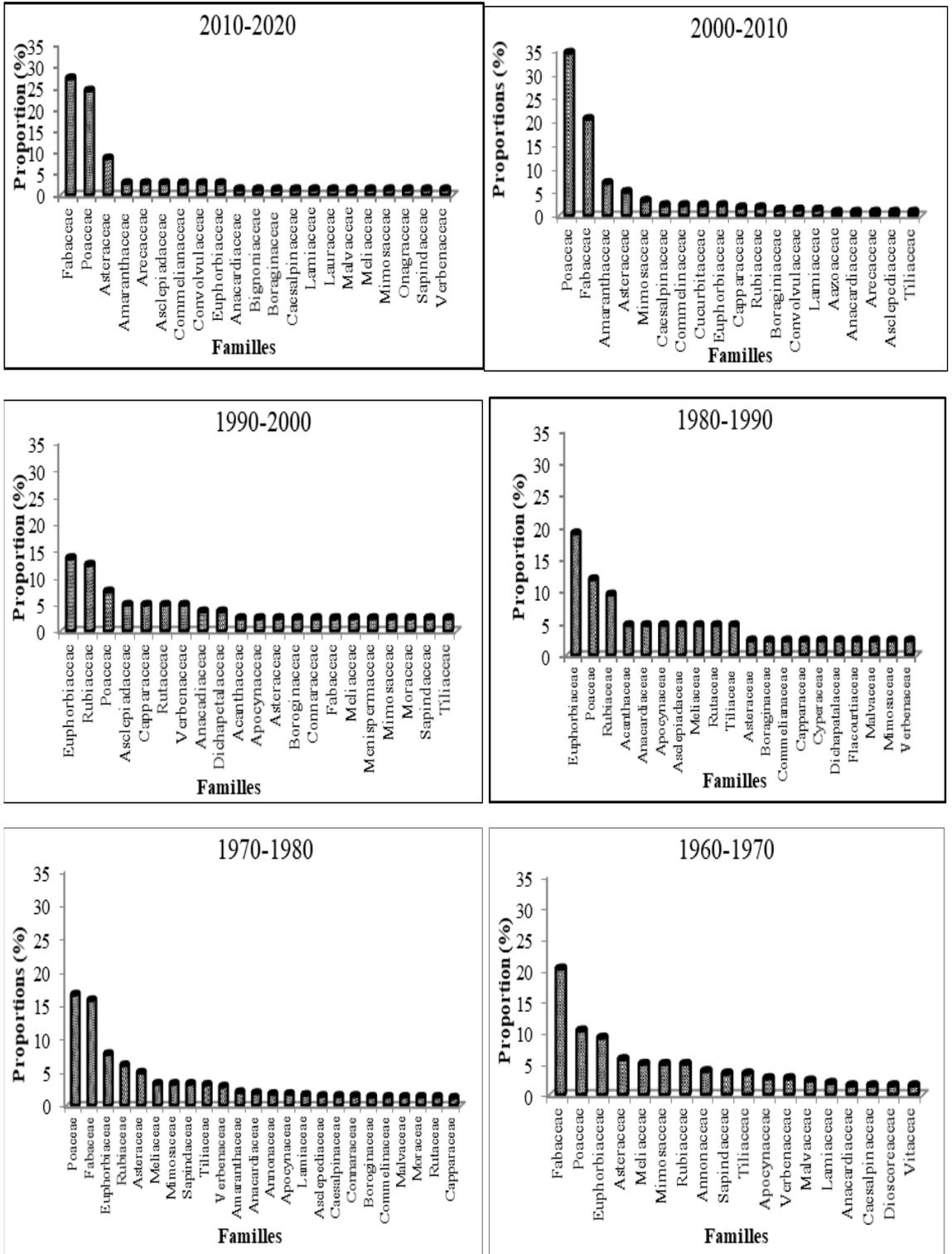
Source: Travaux de terrain, 2020.



**Figure 4:** Evolution des types phytogéographiques dans les carrières abandonnées de phosphates de 1960 à 2020.

**Légende :** GC : Espèces Guinéo-Congolaises ; SZ : Espèces Soudano-Zambéziennes ; AT : Espèces Afrotropicales ; GCW : Espèces guinéo-congolaises caractéristiques du massif forestier ouest-africain ; AM : Espèces Afro-Malgaches ; PRA : Espèces Plurirégionales Africaines ; Cos : Espèces cosmopolites ; SG : Espèces Soudano-guinéenne ; Pan : Espèces pantropicales ; GCW : Espèces guinéo-congolaises caractéristiques du massif forestier ; Pal : Espèces paléotropicales ; S : Espèce du centre d'endémisme soudanien.

Source: Travaux de terrain, 2020.



**Figure 5 :** Evolution des familles botaniques des espèces végétales dans les carrières abandonnées de 1960 à 2020.

Source : Résultats des travaux, 2020.

## DISCUSSION

### Diversité floristique

Les résultats montrent que la richesse spécifique (S) augmente avec l'âge des carrières abandonnées et atteint un maximum dans carrières âgées de 20 à 30 ans et varie entre 61 et 80 puis les valeurs diminuent et atteint 28 dans les vieilles carrières de plus de 30 ans. Elle augmente dans les carrières âgées de plus de 50 ans avec une richesse spécifique de 70 espèces. La richesse spécifique peut être considérée comme un indicateur de la pression humaine (Mongo et al., 2012; Linglart et Blandin, 2006). Elle varie en fonction de groupes taxonomiques étudiés. Ainsi Mongo et al. (2012), dans l'étude de l'impact anthropique sur la richesse a montré que la richesse spécifique et la diversité sont élevées en lisière et faible en forêt primaire. Cette richesse spécifique est favorisée par la théorie de la dégradation intermédiaire (Connell, 1978) cité par Akoudjin et al. (2016). En effet, cette théorie soutient qu'un écosystème atteint une diversité maximale en espèces lorsqu'il est soumis à un régime de perturbations de fréquence et d'intensité moyennes. La distribution du nombre d'espèces en fonction de l'âge des sites sur l'ensemble des situations étudiées montre bien qu'il s'opère une dynamique au cours du temps avec une rémanence de certaines espèces, la disparition et l'installation de nouvelles espèces. Ces résultats obtenus corroborent ceux de Khater (2004; Boulet, 1996).

L'indice de diversité de Shannon présente une évolution en dents de scie en fonction de l'âge d'abandon. Elle est plus élevée dans les carrières plus anciennes dont l'âge d'abandon dépasse 40 ans et très faible dans les carrières âgées de 30 à 40 ans (1,26). Elle est faible dans les carrières relativement plus jeunes âgées de moins de 20 ans où elle varie entre 2,42 et 2,69.

L'indice d'équitabilité de Pielou quant à lui, varie avec l'âge d'abandon, sa valeur augmente en fonction de l'âge d'abandon. Elle est inférieure à 0,5 dans les carrières d'âge inférieur à 20 ans et supérieure à 0,5 dans les carrières d'âge supérieur à 40 ans. La corrélation de Pearson a permis d'établir la

relation entre les indices de diversité et l'âge d'abandon des carrières. Elle montre une corrélation significative positive entre l'indice d'équitabilité de Pielou et l'âge d'abandon des carrières.

### Évolution des types biologiques, phytogéographiques et familles botaniques en fonction de l'âge d'abandon

L'analyse de la dynamique de régénération en fonction des traits de vie des espèces révèle une colonisation différentielle dans le temps en fonction de l'âge d'abandon des sites. Les carrières jeunes marquées par la présence d'un substrat riche en matières fines semblent profiter aux thérophytes. Les résultats obtenus corroborent ceux de (Le Duc, 1985; Frain, 1991; Boulet, 1996; Fochot, 2000) sur les substrats meubles dans les carrières. Ces auteurs ont montré que les premières années après l'abandon sont les plus favorables à l'installation des thérophytes, qui sont progressivement remplacées par des hémicryptophytes et des chaméphytes puis par des phanérophytes. L'analyse des proportions des types biologiques entre les différents sites montrent une diminution des thérophytes et une augmentation conséquente des phanérophytes au fur et à mesure que l'âge de la carrière augmente si le milieu n'est pas perturbé. Par contre dans les carrières très anciennes on note de nouveau une augmentation de la proportion des thérophytes et phanérophytes. La proportion élevée des thérophytes dans les carrières plus anciennes serait liée aux perturbations que subissent celles-ci. En effet, la forte empreinte humaine sur la végétation qui recolonise ces carrières a comme conséquence le déboisement, la réduction de la diversité biologique, la modification de la composition floristique et de la structure des formations végétales. Outre l'agriculture, la recherche de bois, on note une pression pastorale sur ces anciennes carrières abandonnées. La récolte du fourrage sur les espèces ligneuses et systématique toute l'année et l'élagage des branches réduit le potentiel séminal et par conséquent le potentiel de régénération compromettant ainsi leur pérennité. Ceci perturbe le fonctionnement de

ces néo écosystèmes avec modification de la composition floristique et de la structure de la végétation (Wala, 2004; Douma, 2011). La diminution des espèces ligneuses dans les carrières plus anciennes au profit de thérophytes témoignent de l'intensité des perturbations liées aux pratiques culturales (Wala, 2004; Sinsin et Toko, 2008).

Les types phytogéographiques sont des indicateurs de l'état des écosystèmes car ils traduisent la fidélité des espèces à leur région de confinement (Imorou, 2008). L'analyse des histogrammes résumant la distribution chorologique des différentes espèces en fonction de l'âge des carrières, montre une prépondérance des espèces du domaine pantropical suivi des espèces du domaine soudano zambézien dans les carrières très jeunes. La prépondérance des espèces à large distribution dans ces carrières jeunes serait due aux actions anthropiques (Donkpegan, 2008). En effet, pour cet auteur, l'importance des espèces à large distribution peut s'expliquer par la pression de pâturage et le piétinement des animaux à la recherche des points d'eau. Par contre, des espèces du domaine guinéo-congolais sont très représentées dans les carrières plus anciennes en absence de toute pression humaine. Ceci nous permet d'affirmer que malgré les pressions naturelles et anthropiques sur les ressources végétales, cela n'a pas conduit à une perte d'identité florale de la zone. Ces résultats démontrent, une fois encore, que les espèces qui recolonisent les carrières après exploitation présentent une dynamique forestière en absence de toute pression humaine. Cette relative régression de la proportion des espèces guinéo-congolaises dans les sites plus vieux est liée au fait qu'elles sont coupées par les populations pour satisfaire leurs besoins. Des observations similaires ont d'ailleurs été rapportées par d'autres auteurs (Kokou, 1998; Koubouana et al., 2016).

L'étude de la distribution des familles en fonction de l'âge d'abandon des carrières a montré une prédominance des graminées avec une meilleure représentativité des Poaceae et des Fabaceae dans les carrières très jeunes (moins de 10 ans d'âge d'abandon). Ceux-ci sont remplacés par les Euphorbiaceae et les

Rubiaceae, à partir de la dixième année d'âge on note une prépondérance des Euphorbiaceae et des Rubiaceae jusqu'à la trentième année. Elles sont remplacées par la famille des Sapindaceae et des Fabaceae dans la quarantième année. Les Fabaceae et les Poaceae reprennent la prépondérance dans les carrières très anciennes dont l'âge d'abandon dépasse 50 ans. La présence de Poaceae dans les carrières plus anciennes serait alors un indicateur des perturbations post exploitation. En effet, les graminées (Poaceae) sont des espèces qui résistent aux différentes perturbations car elles développent une stratégie leur permettant de se maintenir et de se développer dans un environnement perturbé (Bremner et De Ridder, 1991). Ces résultats corroborent ceux de Boulweydou (2008) dans l'habitat de la tortue sillonnée au niveau de massif de Termit et Akpo et Grouzis (2000) dans les parcours sahéliens du Nord-Sénégal.

## Conclusion

Au terme de cette recherche on retient que, l'inventaire floristique a permis de recenser dans les six sites de carrières post exploitation respectivement de 61, 64, 80, 30, 66 et 93 espèces, le nombre de genre est de 52, 59, 72, 28, 57 et 70, quant aux familles botaniques elles sont de 12, 10, 14, 10, 12 et 15. La valeur minimale de l'indice de Shannon 1,26 a été obtenue dans les carrières âgées de 20 à 30 ans et la valeur maximale 4,01 a été enregistrée dans les carrières d'âge d'abandon de 40 à 50 ans. Les coefficients de corrélation de Person montrent que l'indice de diversité de Pielou varie en fonction de l'âge d'abandon de la carrière. Par contre, la richesse spécifique et l'indice de Shannon n'ont pas de liaison significative avec l'âge d'abandon. L'étude des types biologiques, des types phytogéographiques et des types de familles botaniques des espèces de cette flore a montré qu'ils varient dans l'ensemble en fonction de l'âge d'abandon des carrières. Au total, l'analyse de la dynamique dans un contexte de succession végétale montre bien qu'il s'opère une dynamique au cours du temps avec une rémanence de certaines espèces, la disparition et l'installation de nouvelles espèces. Les

résultats dans ensemble indiquent que l'âge d'abandon n'est pas le seul facteur qui influence la distribution du nombre d'espèces dans les carrières post exploitation. Les facteurs écologiques et anthropiques pourraient jouer également un rôle important dans cette dynamique. Les caractéristiques floristiques de cette carrière sont très édifiantes et méritent une attention particulière de la part des populations riveraines et des autorités en charge de la protection de la nature en vue de sa restauration et de son aménagement.

## RÉFÉRENCES

- Akoègninou A, Van der Burg WJ, Van der Maesen LJG. 2006. *Flore Analytique du Bénin*. Brackhuys Publishers: Wageningen; p.1034.
- Akoudjin M, Kiéma S, Sangare M, César J, Bouyer J, Kabore-Zoungrana C. 2016. Influence des activités agricoles sur la végétation le long d'un gradient pluviométrique nord-sud du Burkina Faso. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, **16** (1). DOI: 10.4000/vertigo.17015
- Akpo LE, Grouzis M. 2000. Valeur pastorale des herbages en région soudanienne, le cas des parcours sahéliens du Nord-Sénégal. *Tropicultura*, **18**(1): 1-8.
- Bétard F. 2013. Patch-Scale Relationships Between Geodiversity and Biodiversity in Hard Rock belda Quarries: Case Study from a Disused Quartzite Quarry in NW France. *Geoheritage*, **5**(2) : 59-71. DOI : 10.1007/s12371-013-0078-4
- Boulet L. 1996. Approche phytoécologique de la dynamique des végétaux primaires dans les carrières de roche massive. Thèse, Université de Rennes 1. p.567.
- Boulweydou A. 2008. Caractérisation de l'habitat de la tortue sillonnée (*Geochelone sulcata*, Miller, 1979) dans le massif de Termit (Zinder-Niger). Mémoire de DEA en Biologie appliquée, Faculté des Sciences, Université Abdou Moumouni de Niamey. p.118.
- Breman H, De Ridder N. 1991. Manuel sur les Pâturages des Pays Sahéliens. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA; p.485.
- Deconchat M, 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.
- DGSCN. 2010. Quatrième recensement de la population et de l'habitat du Togo. Du 06 au 21 novembre 2010. Togo, résultats prioritaire, p.72
- Djègo J, Oumorou M. 2009. Phytosociologie de sous-bois et impact des plantations forestières sur la diversité floristique dans la forêt classée de la Lama. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, **12**(1): 35-54.
- Dourma M. 2011. Les forêts claires à *Isoberlinia doka* Craib&Stapf et *I. tomentosa* (Harms) Craib &Stapf (Fabaceae) en zone soudanienne du Togo : écologie, régénération naturelles et activité humaines. *Acta Botanica Gallica*, **158** (1) :141-144.
- Frain M. 1991. Approche phytosociologique de la dynamique des végétations primaires sur roches artificiellement dénudées en Auvergne, Velay et Limousin, Clermont Ferrand.
- Frochot B. 2000. Intérêt écologique et implications économiques des réaménagements de carrières. Méthodes d'évaluation et d'étude des trajectoires et vitesses d'évolution. Rapport du programme « Recréer la Nature », Université de Bourgogne, Dijon.
- Gayibor NL. 1997. *Histoire des Togolais, des Origines à 1884* (Vol.1). Presses de l'Université : Lomé; p. 437.
- Guiguindibaye M, Belem OMO, Boussim IJ. 2013. Caractéristiques des feux dans un incendie en savane soudanienne au Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(3): 1147-1156. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.21>
- Honvou SHS, Aboh AB, Sewade C, Teka O, Gandonou BC, Oumorou M, Sinsin B. 2021. Diversité floristique, structure et distribution des groupements végétaux des parcours d'accueil des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé au Bénin. *Int. J. Biol. Chem.*

- Sci.*, **15**(1): 81-96. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i1.8>
- Inoussa TM, Imorou IT, Gbègbo MC, Sinsin B. 2013. Structure et composition floristiques des forêts denses sèches de la région des Monts Kouffé au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, **64**: 4787-4796.
- 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 de Montpellier II, France, p.183.
- Kokou K. 1998. Les mosaïques forestières au sud du Togo : biodiversité, dynamique et activité humaines. Thèse de Doctorat en Biologie des populations et écologie, Université de Montpellier II, Montpellier, p.149.
- Koubouana F, Ifo AS, Loupet MLB, Ndinga E. 2016. Diversité floristique et dynamique de reconstitution de la forêt du Parc Zoologique sous plantations à eucalyptus à Brazzaville, Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(2): 609-619. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.13>
- Linglart M, Blandin P. 2006. La biodiversité des petits bois, « anthroposystèmes insulaires » dans les plaines de grandes cultures: l'exemple du Gâtinais occidental. *Ann Géo*, **651** : 569-596.
- Logbo J, Yedomonhan P, Tente B, Akoegninou A. 2020. Distribution et habitats de *Newbouldia laevis* (P.Beauv.) Seemann ex Bureau et de *Dracaena arborea* (Willd.) Link dans les zones bioclimatiques du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(8): 2903-2927. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i8.20>
- Meeûs S. 1918. Analyse de l'évolution spatiale et temporelle de la succession spontanée sur les sols marginaux des carrières de Kaolin (Belgique) en vue de la restauration de la carrière de Transinne, mémoire de master en en gestion des forêts et des espaces naturels p. 48.
- 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 MidiPyrénées, p.76.
- Mongo LIWM, Visser, De Cannière C, Verheyen E, Akaibe BD, Ali-patho JU, Bogaert J. 2012. Anthropisation et effets de lisière: impacts sur la diversité des rongeurs dans la Réserve Forestière de Masako (Kisangani, R.D. Congo), *Tropical Conservation Science*, **5** : 270-283.
- Raunkaier, C. 1934. *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press : London; p. 632.
- Slansky M. 1962. Contribution à l'étude géologique du Bassin Sédimentaire Côtier du Dahomey et du Togo. Thèse de doctorat ès-Science de l'Université de Nancy, p.270
- Toko II, Sinsin Brice, 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. *Sècheresse*, **16** (3) : 193-200.
- Wala K. 2004. La végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin : diversité floristique, phytosociologie et impact humain, Thèse de doctorat Univ. Lomé, p. 138.
- White F. 1986. La végétation de l'Afrique : Mémoire accompagnant la carte de la végétation de l'Afrique. UNESCO/AETFAT/UNSO, p.391.