

Analyse des facteurs de développement durables en exploitation des carrières : Cas de la province de Settat, Maroc

[Analysis of sustainable development factors in quarries : Case of the province of Settat, Morocco]

Said HATTABI¹, Issam AMELLAL², and Abdelhamid BOUZIDI¹

¹Laboratoire Sciences de l'Environnement et du Développement, Faculté des Sciences et Technique, Université Hassan I, Settat, Morocco

²Laboratoire Modélisation, optimisation des systèmes industriels et logistiques, École Nationale des Sciences Appliquées, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan, Morocco

Copyright © 2020 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: Quarrying industry is a significant business sector; it presents a job opportunity also, a significant source of income through taxes that contributes to local economic development; but it generates negative effects on the environment. The awareness of the protection of the environment requires the reconciliation between the imperatives of preserving the environment and those of sustainable socio-economic development. In this context, this paper presents a study of this activity taking into consideration several heterogeneous variables measured on the study area (province of Settat, Morocco). Which is located in the center of Morocco on the phosphate plateau which is characterized by a geological diversity conducive to the quarrying activity with these 111 quarries which are exploited there it presents a very adequate frame to the study. This is followed by a post-observational analysis of multivariate statistical analysis, the purpose of which is to reduce a large set of variables to a small set that still contains most of the information in the large set.

KEYWORDS: Quarries, sustainable development, principal component analysis, environmental impact.

RÉSUMÉ: L'exploitation des carrières est une activité considérée comme industrielle extractive elle injecte dans l'activité socio-économique un investissement non négligeable. Cette activité crée de l'emploi et constitue aussi une source de revenus importante aux employés au sein des carrières et à travers les taxes et les impôts perceptibles par les communes et contribuent au développement économique local. Cependant, cette activité génère des effets négatifs sur l'environnement de l'écosystème récepteur. La préoccupation de la préservation de l'environnement oblige la conciliation entre les impératifs de la protection de l'environnement et ceux du développement socioéconomique durable. Dans ce contexte ; ce travail présente une étude de cette activité en prenant en considération plusieurs variables hétérogènes mesurées sur l'aire d'étude qui couvre la province de Settat. Cette zone qui s'étale sur le centre du Maroc, sur le plateau des phosphates (caractérisé par une très forte diversité géologique propice à l'activité extractive). Ainsi, plus de 111 carrières sont exploitées et offrent un cadre très adéquat à l'étude. Ce travail est abordé par un suivi post-observatoire d'analyse statistique multi variée des données dont le but est de regrouper d'une manière synthétique le maximum d'informations possibles tout en veillant et évitant les pertes des informations utiles au traitement de ce sujet. L'objectif est de faciliter l'interprétation d'un grand nombre de données recueillies lors des prospections effectuées durant 3 années successives et par les analyses des données disponibles chez les départements exploitants, gérant ou impliquées dans la gestion de ces carrières.

MOTS-CLEFS: Carrières, développement durable, Analyse en Composantes Principales (ACP), Impact sur l'environnement.

1 INTRODUCTION

L'intérêt accordé par les pouvoirs publics dans les pays émergents, à l'urbanisation et aux chantiers d'infrastructure se justifie d'une part, par la richesse et l'emploi et d'une autre part par les pressions sur les ressources naturelles et sur l'environnement.

Le Maroc s'est démarqué ces dernières années par un développement, une urbanisation et un essor économique considérable. Ce développement économique s'accompagne parallèlement par une augmentation rapide de la pression sur les ressources naturelles telles que les matériaux extraits des carrières et utilisées dans les chantiers ouverts. Cette situation est susceptible d'avoir des répercussions négatives sur l'état et sur la qualité de l'environnement.

L'accompagnement de ce développement nécessite la disponibilité des matériaux au niveau des sites géographiques où s'opèrent l'ouverture et l'exploitation des carrières dont le rôle est considérable dans le développement économique et social des régions qui hébergent ces sites. Ceci se concrétise par l'approvisionnement en matières premières indispensables dans les opérations de l'édification des infrastructures de base, et essentiellement dans le secteur du bâtiment, secteur fondamental de l'économie nationale.

L'exploitation des carrières enregistre des difficultés se rapportant à la diversité des méthodes d'exploitation dont l'effet négatif est présent sur le milieu récepteur de ces carrières tels que les revenus financiers de la population, l'environnement naturel et les infrastructures.

La préservation de l'environnement occupe une place très importante dans les politiques publiques, par l'adoption et l'instauration d'un arsenal juridique et réglementaire assurant la protection de l'environnement. Cette préoccupation prend dans ses démarches la dimension du développement durable avec ses trois piliers à savoir : le développement économique, le développement social et la protection de l'environnement. Ces trois composantes interagissent pour concilier les impératifs du développement socioéconomiques durable et la protection de l'environnement.

La nécessité d'inscrire le secteur des carrières dans les nouvelles politiques publiques a pour objectifs la préservation des équilibres environnementaux, et la remédiation aux dysfonctionnements, tout en adoptant une politique nationale basée sur une approche globale et intégrée.

La zone d'étude couvre la Province de Settât située au centre du Maroc, sur les plateaux des phosphates avec sa très forte diversité géologique propice à l'activité d'extraction. Ainsi, les 111 carrières recensées sont actuellement exploitées. La multiplicité des matériaux et la dispersion géographique sur un territoire étendu offre un cadre très adéquat à la réalisation de cette étude. L'approche adoptée pour mener notre travail prend en considération plusieurs dimensions et variables hétérogènes mesurées sur l'aire d'étude. En effet, notre travail est abordé par une analyse statistique multivariée post-observatoire des données dans le but de synthétiser et de réaliser une synthèse du maximum possible d'informations sans en perdre et ce pour faciliter l'interprétation d'un grand nombre de données initiales et de donner plus de sens aux données réduites afin d'aboutir à des conclusions percutantes.

2 PROBLÉMATIQUE ET AIRE D'ÉTUDE

2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

L'aire d'étude qui fait partie de la région de Casablanca - Settât, le territoire de de cette province s'étend sur une superficie de l'ordre de 7220 km², située au centre du Maroc sur le plateau des phosphates [1] dans une région à très fortes diversité géologique propice à l'activité d'extraction; au cœur de la plaine de la Chaouia elle renferme un potentiel gisement et de carrières très important et au même temps, ce territoire se caractérise par sa proximité de Casablanca qui constitue le bassin de consommation le plus important au Maroc, surtout en matériaux de construction.

Le territoire de l'aire d'étude demeure très attractif par ses potentialités en matériaux ce qui confère à l'exploitation des carrières une importance significative dans le PIB de la Région de Casablanca –Settât. Ainsi, un nombre important de carrières y sont ouvertes et exploitées permettant de répondre aux besoins de cette région et des régions limitrophes en matériaux de construction dont la demande est en croissance continue. Les 111 carrières ouvertes dans l'aire d'étude présentent un cadre très adéquat à l'étude, puisque le focus pourra y être fait sur le développement quadridimensionnel (humain, économique, social, et environnemental).

2.2 LA RÉPARTITION DES CARRIÈRES DANS L'AIRE D'ÉTUDE

Dans cette étude, nous avons utilisé le système d'information géographique (SIG) qui consiste à intégrer des données concernant les carrières en exploitation dans l'aire d'étude, un tel système est structuré sur deux modèles de données cartographiques et attributaires. Le modèle cartographique incorpore une base de données formant des cartes concernant la répartition des carrières dans la province suivant les matériaux extraits. Le modèle attributaire constitue la structure d'accueil des données descriptives. Ce modèle facilite le stockage de données sous une forme structurée et uniforme. Il permet la création et l'organisation des bases de données des carrières en question, aussi il permet la création des cartes thématiques de ces données et permet d'avoir des informations sur l'état de ces carrières ce qui nous a aussi permis de disposer d'une base de données sur les carrières relevant de l'aire d'étude ces informations portent sur l'exploitant, le nom de la Commune, la Situation géographique (X et Y) et également le type de matériaux extraits, Les premiers résultats montrent ce qui suit : les communes de Mgarto, Ain Dorbane Lahlaf et Bouguergouh sont les plus sollicitées avec un nombre global de 74 carrières, soit 66.6 %. Cette forte demande est justifiée par la qualité et la diversité de la roche exploitée très utilisée en industrie comme le cas des carbonates de calcium et en BTP tels que les argiles et le gravier. (Voir figure I et II)

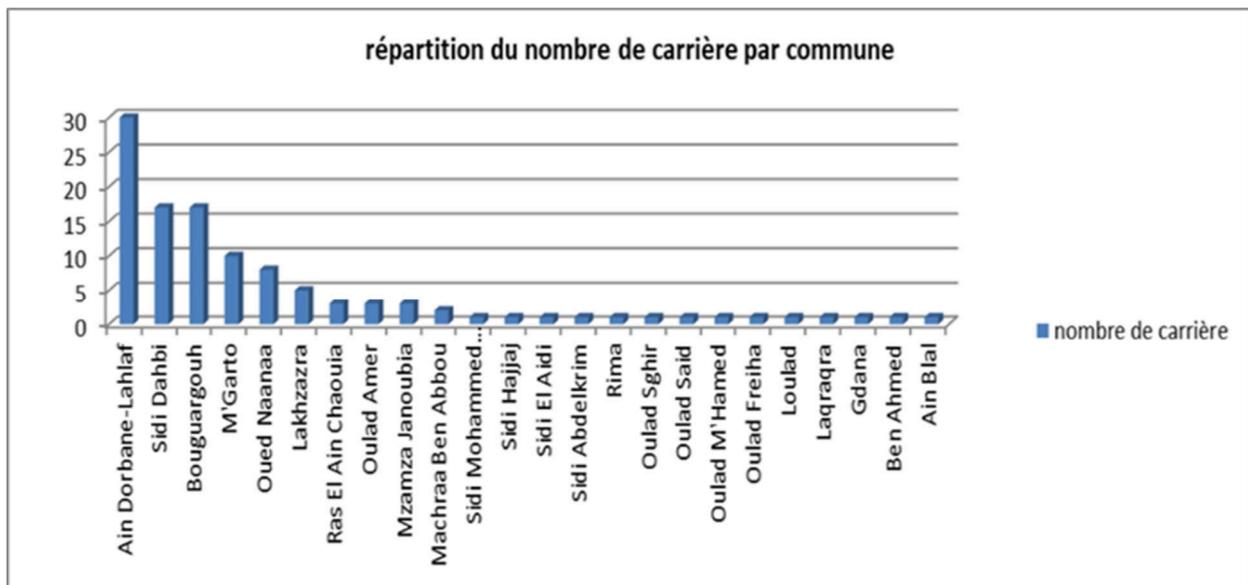


Fig. 1. Répartition du nombre de carrière par commune

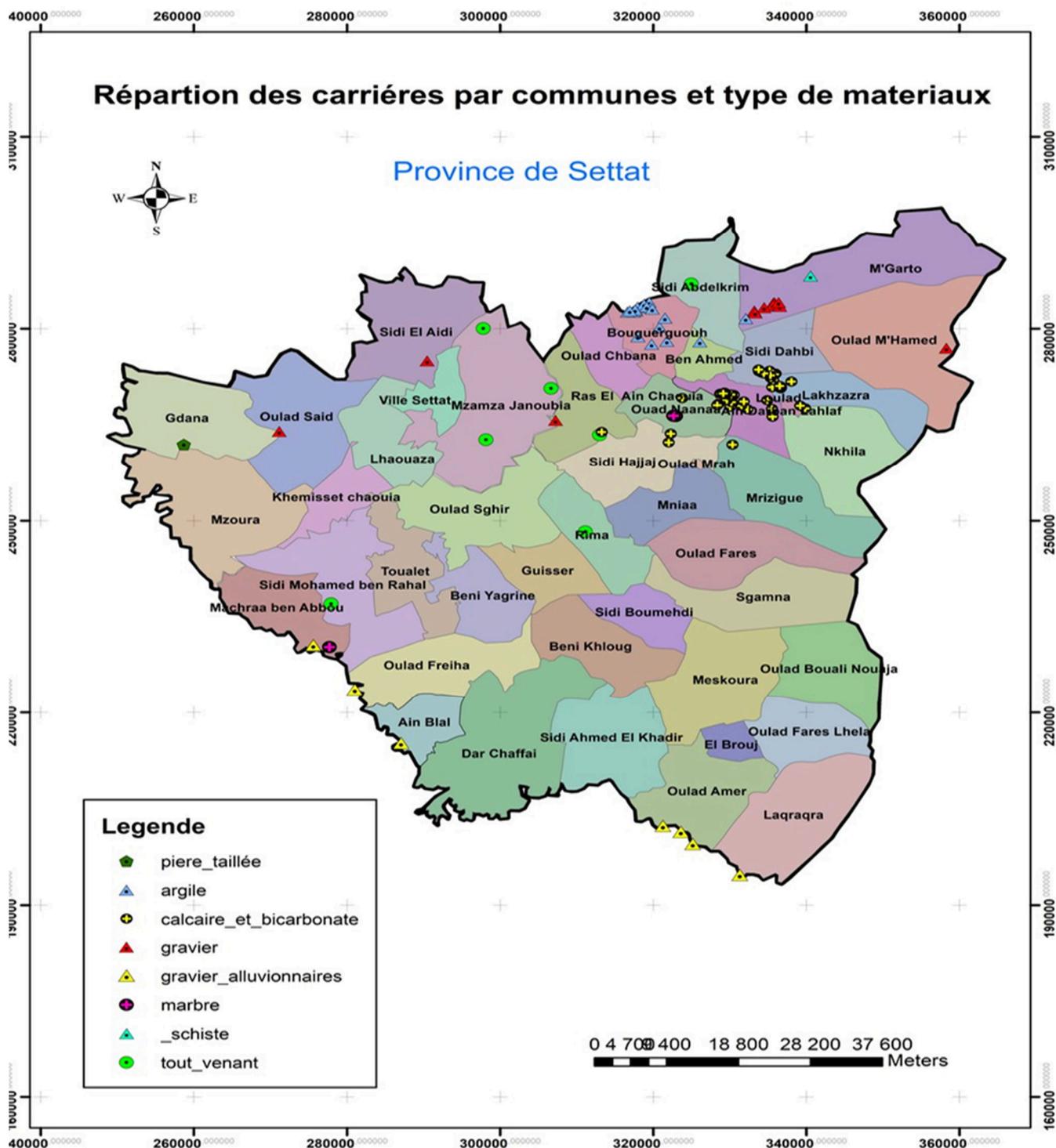


Fig. 2. Carte de la répartition des carrières par commune et type de matériaux

2.3 PRINCIPALES FORMATIONS GÉOLOGIQUES

Géologiquement, l'aire d'étude est située dans le domaine mesétien sa morphologie est marquée par la présence de plaines très étendues descendant progressivement en direction de l'Ouest, vers l'océan atlantique alors que vers l'Est, elle est relayée par des plateaux relativement plus hauts formant l'avant pays. Le plateau de Settat Ben Ahmed fait partie du plateau des phosphates, ensemble sub-tabulaire à double pendage vers le SE et le NW [1]. La similitude des faciès et la rareté des conglomérats dans le Trias font penser à un aplanissement post-hercynien généralisé [2]. L'actuel Plateau des Phosphates et

2.4 MÉTHODOLOGIE DE COLLECTE DES DONNÉES

Les enquêtes menées sur les carrières ont été réalisées au sein du territoire de la zone d'étude ont porté sur l'état des lieux et la collecte des informations ci-après sur les carrières :

- Le nom de la carrière : portant la raison sociale de la société exploitante (personne physique ou morale) ;
- Le(s) noms des propriétaires,
- Le(s) noms des exploitants,
- La situation géographique de la carrière (avec son emplacement précis par les coordonnées Lambert X, Y et Z),
- La commune d'implantation,
- La superficie globale de la carrière et la superficie exploitée,
- La nature du foncier (collectif ou privé),
- Les dates de mise en service qui sont précisées par l'autorisation,
- Les infrastructures avoisinantes,
- La distance séparant la carrière des habitations riveraines,
- Le nombre de douars avoisinants,
- Les observations diverses concernant les ressources en eaux (eaux souterraines et eaux superficielles : cours d'eau et lacs de barrages).
- Les moyens et matériels utilisés dans les carrières,
- Les voies d'accès (voies empruntées par les camions de transport)
- La nature des matériaux extraits,
- Le potentiel du gisement,
- La durée des exploitations,
- La production en volume mètre cube,
- La quantité de production annuelle,
- La capacité de Charges des camions par mètre cube,
- Le prix de vente du produit à la tonne,
- L'évaluation des impacts de la carrière sur l'environnement naturel (bruit, qualité des eaux, faunes et flores, paysage, pollutions...) et sur l'environnement socio-économique de la région.
- Les mesures prises pour renforcer les impacts positifs et atténuer les impacts négatifs de la carrière.
- Les programmes de surveillance et de suivi environnemental adopté par l'exploitant de la carrière.

A travers cette méthode, nous avons pu dresser la situation actuelle de la gestion et les modes des exploitations actuelles des carrières au niveau de la zone d'étude, la situation actuelle recèle un potentiel de gisement considérable en mesure de répondre largement aux besoins qui se dessinent dans les prochaines décennies. Mais, cette activité génère des effets négatifs sur l'environnement de l'écosystème récepteur.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODE

3.1 RECUEIL DES INFORMATIONS

Dans cette étude nous avons opté pour le recensement sur l'aire d'étude. Ce recensement concerne 111 carrières, dans le but d'avoir des données homogènes évitant ainsi la variabilité d'échantillonnage à attribuer aux traitements des données parce qu'elles sont calculées à partir de données sur la population toute entière.

Le recueil des informations a été basé sur les visites effectives des sites des 111 carrières retenues dans ce travail ainsi que sur l'analyse des documents administratifs des dites carrières -essentiellement des études d'impact- (durée superficie et données techniques) étalées sur une durée de trois ans.

3.2 VARIABLES D'ANALYSE ET DONNÉES DE DÉPART

3.2.1 CHOIX DES VARIABLES

Considérant la problématique centrale traitée dans cette étude nous avons retenu les variables suivantes :

- Revenu de la commune : cette variable représente les taxes dues aux collectivités territoriales relativement à l'exploitation des carrières, cette taxe est tributaire de la nature des matériaux extraits et est fixé par mesure légale.
- Raison sociale : il s'agit tout simplement du nom des carrières qui est une variable nominale
- Commune : il concerne les communes relevant de la province de Settat l'aire de l'étude dont les potentialités en matériaux à extraire font de la province de Settat la plus attractive pour l'exploitation des carrières, et d'importantes carrières y sont exploitées. Dans notre aire d'étude ces communes sont au nombre de 24 dont 4 s'accaparent 70% des carrières (Ain dorbane Lahlaf, Sidi Eddahbi, Bouguerguouh et Mgarto).
- Nature des matériaux : en ce qui concerne les types de matériaux ; la province de Settat a des potentialités de gisement très importantes ce qui la rend plus attractifs pour l'implantation d'une industrie extractive on trouve différents types de matériaux tel que le granulat ; carbonates de calcium; argiles schistes ; sable calcaire...
- Durée de l'exploitation : c'est la durée mentionnée dans l'autorisation selon la loi 27.13 la durée maximale d'exploitation d'une carrière est fixée à vingt (20) ans pour les carrières à ciel ouvert et les carrières souterraines. Cette durée peut être portée à trente (30) ans lorsque l'exploitation est associée à une industrie de transformation, dont l'investissement dépasse quarante millions (40.000.000) de dirhams.
 - ✓ La durée d'exploitation des carrières de travaux publics visées à l'article premier ci-dessus, peut être prolongée d'une durée équivalente à celle résultant de l'arrêt des travaux ordonné par l'administration et à celle résultant du retard d'exécution des travaux sanctionné par des pénalités.
 - ✓ En ce qui concerne les carrières dont l'exploitant n'est pas le propriétaire du sol, la durée d'exploitation ne peut dépasser la durée de l'acte signé par le propriétaire ou la durée de l'autorisation délivrée par l'administration ou l'établissement public compétent conformément aux dispositions des alinéas 2 et 3 de l'article 3 de la présente loi. Dans tous les cas, la durée ne peut dépasser celle fixée au premier alinéa.
 - ✓ La durée de validité de la déclaration d'exploitation des carrières d'échantillonnage ne peut dépasser douze (12) mois.
- Quantité en m³/an : ce sont les quantités de matériaux extraits des carrières et que selon la loi 27.13, relative aux carrières l'administration peut faire appel à des bureaux agréés pour contrôler et auditer les quantités des matériaux extraits des carrières et elles représentent les revenus des communes, dans notre cas ces quantités ont été mesurées sur la base des relevées topographique des différentes carrières.
- Superficie en m² : c'est la superficie autorisée pour extraire des matériaux, cette variable a été mesurée à partir des plans autorisés en confrontation aux images satellites sur google maps de chacune des carrières.
- Distance par rapport aux habitations en m : elle concerne la distance des habitations les plus proches de la carrière, qu'elle soit des habitations isolées ou qu'il s'agisse de groupement d'habitation susceptible d'être impactée par les nuisances des exploitations.
- Distances aux infrastructures d'intérêt publique : cette variable mesure l'impact des exploitations sur les infrastructures vitales dont elle pourrait être proche (ex : route, école, hôpital, conduite d'eau, voie ferrée...etc.)
- Distance des zones protégées : il s'agit des zones à risque qui peuvent présenter des problèmes d'impacts majeurs due à l'exploitation des carrières on distingue les zones interdites d'exploiter par la loi (captage d'alimentation en eau potable, Réserve biologique, zone humide...) ; les zones à sensibilité reconnu ou on peut exploiter mais avec suivi de l'exploitation.
- Distance des ressources hydriques : c'est la distance la plus proche des eaux superficielles des carrières exploitées, quand elles sont proches des eaux de surface, sinon et dans les deux cas on mesure la proximité des nappes recensés dans l'aire d'étude aux profondeurs d'excavation dans chacune des carrières
- Nombre de requêtes : c'est le nombre des requêtes formulées par les habitants riverains et associations contre l'exploitation des carrières qu'elle soit adressée à l'administration ou bien aux associations en charge.
- Emploi : c'est le nombre d'emplois créés par une exploitation des carrières, dans notre cas le nombre d'emplois concerne uniquement les emplois directs mesurés sur la base des déclarations aux caisses de sécurité sociale dans chacune des carrières.

3.2.2 DONNÉES DE DÉPART

Les données de départ sont sous forme d'une matrice contenant 4 variables de types nominales et 9 variables quantitatives (c'est une matrice de 111 lignes et 13 colonnes) Pour 111 individus (l'ensemble des carrières de l'aire d'étude et 13 variables), on a le tableau Figure VI où x_i^j représente la mesure de performance de la j-ème carrière par rapport à la i-ème variable.

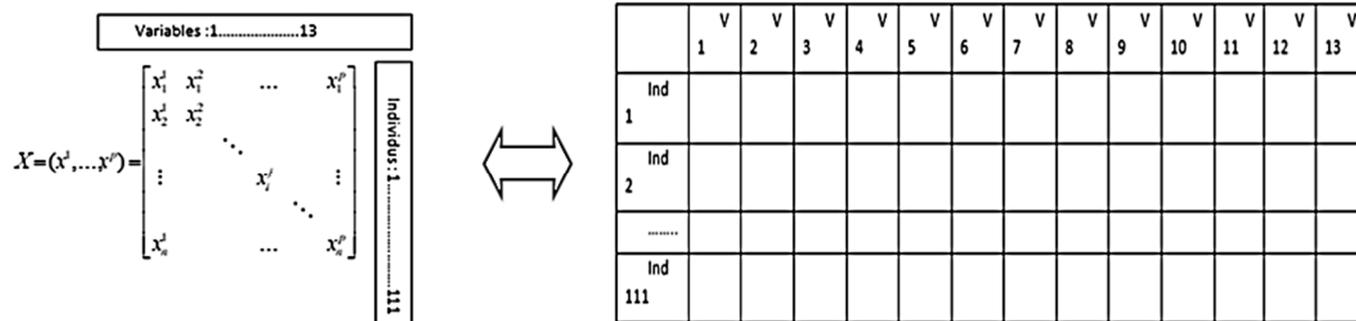


Fig. 4. Représentation des données de départ sous forme matricielle et tableau

3.2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Dans cette étude, nous avons opté pour L'Analyse en Composante Principale (ACP) qui fait partie des analyses statistiques descriptives multivariées. L'objectifs est de synthétiser le maximum d'informations (parmi les 111×13=1443 modalités observées dans notre étude terrain) possibles en en perdant le minimum possible pour :

- Faciliter l'interprétation d'un grand nombre de données initiales
- Donner plus de sens aux données réduites

L'ACP permet donc de synthétiser des tableaux de grandes tailles en un petit nombre de Variables (facteurs) tout en conservant un maximum d'information (de variance) variables de départ sont dites 'métriques'. L'outil utilisé ici est le logiciel SPSS.

Analyser les résultats d'un ACP, passe par la réponse aux interrogations suivante :

3.2.3.1 DONNÉES SONT-ELLES FACTORISABLES OU NON ?

Pour répondre à cette question, dans un premier temps, il convient d'observer la matrice des corrélations. Si plusieurs variables sont corrélées (> 0.5), la factorisation est possible. Si non, la factorisation n'a pas de sens et n'est donc pas conseillée.

Dans notre cas dans le but de garantir le maximum d'inertie nous avons choisi de supprimer 3 variables quantitatives (durée puisque tributaire de la superficie) et distance aux infrastructures ainsi que le prix de vente puisque directement proportionnel aux quantités extraites.

Dans notre étude, plusieurs variables sont corrélées entre elles : ceci ressort de la matrice des corrélations de notre ACP

Dans un deuxième temps, Nous avons observé l'indice de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) qui devra tendre vers 1. Au cas où ce n'est le cas, la factorisation n'est pas conseillée. Dans notre cas l'indice KMO est jugé moyennement justifié.

3.2.3.2 LE NOMBRE DE FACTEURS (NOUVELLES VARIABLES À INTERPRÉTER) RETENIR ?

Nous avons choisi de retenir 3 axes, selon le tableau de la variance totale expliquées :

Nous retenons 3 axes qui totalisent 68% de l'information (variance totale) expliquée et appuyant notre choix par le « Scree-test » ou test du coude. On observe que le graphique des valeurs propres et on ne retient que les valeurs qui se trouvent à gauche du point d'inflexion. Graphiquement, on part des composantes qui apportent le moins d'informations (qui se trouvent à droite), on relie par une droite les points presque alignés et on ne retient que les axes qui sont au-dessus de cette ligne (Voir Tableau I figure V).

Tableau 1. Variance totale expliquée (réalisé par nos soins)

Variance totale expliquée									
Composantes	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des facteurs carrés retenus			Extraction Sommes des facteurs carrés retenus pour la rotation		
	Total	% de Variance	Cumul %	Total	% Variance	Cumul %	Total	% de Variance	Cumul %
1	2,748	34,349	34,349	2,748	34,349	34,349	2,505	31,315	31,315
2	1,684	21,053	55,402	1,684	21,053	55,402	1,717	21,466	52,781
3	,968	12,100	67,502	,968	12,100	67,502	1,178	14,720	67,502
4	,914	11,424	78,925						
5	,799	9,982	88,908						
6	,488	6,101	95,009						
7	,399	4,991	100,000						
8	,000	,000	100,000						

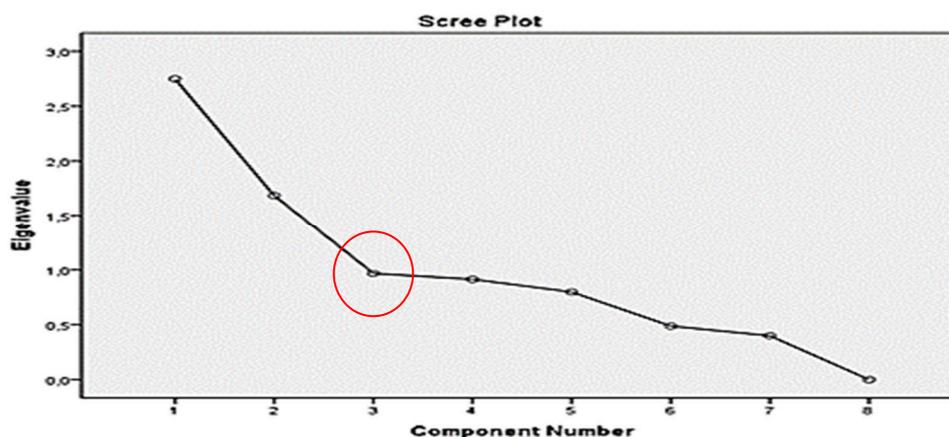


Fig. 5. Graphique de l'éboulis des valeurs propres

Tableau 2. Matrice des composantes

	1	2	3
Revenu commune	0,960		0,127
Quantité en m3/an	0,960		0,127
Superficie en m2	0,760	0,161	
Distance des habitations en m		0,864	
Distance des zones protégées		0,754	-0,229
Distance des ressources hydrique		-0,591	-0,343
Nombre de requête		-0,145	0,742
Emplois	0,272		0,642

3.2.3.3 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Nos résultats seront interprétés essentiellement par rapport à deux outputs :

- La carte factorielle.
- La matrice des composantes.

C'est la phase finale de l'analyse. On donne un sens à un axe grâce à une recherche lexicale (ou recherche de mots) à partir des coordonnées des variables et des individus. Ce sont les éléments extrêmes qui concourent à l'élaboration des axes.

Dans notre exemple, ce sont les variables « revenu commune », « quantité » et « superficie » qui concourent le plus à la construction de l'axe 1. On nommera alors l'axe 1 : le facteur économique.

Les variables « distances aux habitations » et « distances aux zones protégées » qui concourent le plus à la construction de l'axe 2. On nommera alors l'axe 2 : le facteur environnemental.

Enfin Les variables « nombre de requête » et « emploi » qui concourent le plus à la construction de l'axe 3. On nommera alors l'axe 3 : le facteur social

L'interprétation faite ci-dessus est appuyée par la disposition des variables par rapport les unes aux autres par l'effet de groupe et de taille, ainsi que par la proximité des axes et du cercle de corrélation :

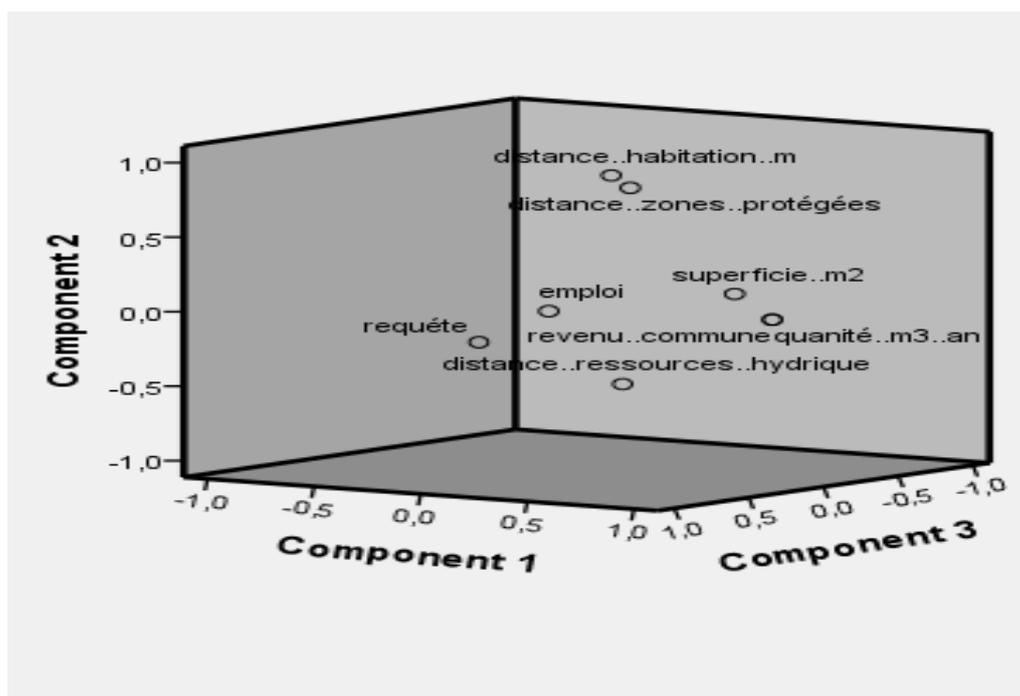


Fig. 6. Carte factorielle variables/composantes principales

4 CONCLUSION

L'utilisation de l'ACP a permis d'établir une carte factorielle constituée de trois axes, le premier axe est le facteur économique représenté par les variables «revenu de la commune», «quantité» et «superficie», dont le revenu de commune est une taxe tribulaire de la nature des matériaux , de la quantité extraite qui elle aussi dépend de la superficie. Ces résultats montrent que l'exploitation des carrières peut valoriser les ressources naturelles des communes ainsi que la création des emplois et aussi l'apport des taxes et des impôts qui peuvent contribuer à l'amélioration des recettes communales. Ces apports financiers peuvent aider les communes à financer les projets de développement socioéconomiques locaux.

L'analyse a fait dégager que le deuxième axe matérialise le facteur environnemental représenté par les variables « distances séparant les habitations de la carrière » et « distances aux zones protégée qui subissent l'effet négatif de cette industrie extractive, ce sont les habitations et les zones protégées les plus proches qui sont impactées par les nuisances et les perturbations des exploitations. Enfin, le facteur social représenté par les variables « nombre de requête » et « emploi ».

De ce qui précède on peut dire que l'exploitation des carrières a des effets positifs et négatifs. Dans le but d'assurer la préservation de l'environnement il faut prendre lors de l'exploitation toutes les mesures nécessaires pour renforcer les impacts positifs à la fois sociaux et économiques et minimiser les impacts négatifs, la gestion de ce secteur doit concilier les impératifs du développement socioéconomiques durable et la protection de l'environnement.

A partir de l'analyse précédente il ressort que les trois piliers du développement durable ressortent dans la modélisation statistique de la réalité de l'exploitation de carrières. En effet les groupes axes factoriaux renferme chacun un ensemble de variables qui expriment chacun de ces trois facteurs ;

Ainsi la prise de décision dans la gestion des exploitations doit prendre en considération le poids du critère environnemental comme critère de premier ordre avec une importance relative de «34 » Suivi du critère social avec une importance relative de 21 et enfin le critère économique avec une importance relative de 12

L'usage de ces résultats sera très utile quant à l'évaluation de la faisabilité d'une exploitation d'une carrière.

RÉFÉRENCES

- [1] Salvan H. 1950, Introduction stratigraphique, in : A. Carpentier : Flore sénonienne de Sidi-Hajjaj. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, 3, 76, 149-150.
- [2] Beaudet G. 1969 Le Plateau Central marocain et ses bordures, étude géomorphologique, Inframarc, 478 p.
- [3] Michard A., Sadiqi O., Chalouane A., et al. 2008. Continental Evolution : The Geology of Morocco. Structure, Stratigraphy, and Tectonics of the Africa-Atlantic-Mediterranean Triple Junction. Advances in geographic information science. Springer, 438 p.
- [4] El Hassani A. 1994. Tectonique de la Meseta nord occidentale. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 18, 107–124.
- [5] Archambault C, Combe M. & Ruchard J.P. 1975. Le plateau des phosphates : ressources en eau. Notes et Mémoires du Service. Géologique du Maroc, 231, 239–258.
- [6] Careddu, N, Daniel, P, 2011. The project of underground extraction of block stone on island Sardinia. Gornyi Zhurnal (Mining Journal) 5-2011, 82–84 "Ore & Metals" Publishing House, Moscow, Russia (in Russian). ISSN: 0017-2278.
- [7] El Mansouri B. 1993. Structure et modélisation quantitative de l'aquifère de Berrechid. Validation par l'approche géostatistique. Doctorat de l'Université en géosciences, option : Hydrogéologie quantitative, Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, 232p.
- [8] Ettazarini S. 2002. -Altération des sédiments et leur relation avec les eaux souterraines et les circulations des eaux de surface de la série méso-cénozoïque dans le bassin de phosphates d'Ouled Abdoun (Maroc). Thèse de Doctorat, Université Mohamed V Agdal, Rabat, pp. 286.
- [9] Laville E. & Piqué A. 1991. La distension crustale atlantique et atlasique au Maroc au début du Mésozoïque : le rejeu des structures hercyniennes, Bulletin. Socio-Géologique de France, 162, 6, 1161–1171.
- [10] Lyazidi A. 2003. Evolution géodynamique du bassin triasique de Berrechid-El Gara-Ben Slimane : Dynamique sédimentaire et géométrie des dépôts (Méséta nord-occidentale, Maroc). Pongéa, 39/40, 23–35.
- [11] Frizon de Lamotte D., Zizi M., Missenard Y. et al. 2008. The Atlas systems. In: A. Michard et al. (Eds.) - Continental Evolution: The Geology of Morocco. Notes 133 in Earth Sciences, 116, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 133–202.
- [12] Milgrom, T. 2008. Environmental aspects of rehabilitating abandoned quarries: Israel as a case study. Landscape and Urban Planning 87, 172–179.