

TABLES DES MATIERES

<u>REMERCIEMENTS</u>
<u>TABLES DES MATIERES</u>
<u>LISTE DES ABREVIATIONS</u>
<u>LISTE DES FIGURES</u>
<u>LISTE DES TABLEAUX</u>
<u>RESUME</u>
<u>ABSTRACT</u>
<u>INTRODUCTION GENERALE</u>
<u>I – CONTEXTE GENERAL</u>
<u>I – 1 Généralités sur la base de données</u>
<u>I – 1 – 1 Notions sur les données</u>
<u>I – 1 – 2 Base de données</u>
<u>I – 1 – 2 – 1 Définitions</u>
<u>a) Base de données</u>
<u>b) Système de Base de données</u>
<u>c) Système de gestion de base de données relationnelle</u>
<u>I – 1 – 2 – 2 Les objectifs et les avantages d'une base de données</u>
<u>I – 1 – 2 – 3 Environnement de la base de données</u>
<u>a)L'architecture générale</u>
<u>b) L'utilisateur</u>
<u>c) L'administrateur</u>
<u>d)Le système de Gestion de base de données</u>
<u>I – 1 – 2 – 4 Conception et fonctionnement d'une base de données</u>
<u>I – 2 Interdisciplinarité sur les latérites</u>
<u>I – 2 - 1 Les différentes appellations des latérites</u>
<u>I – 2 – 2 Les différentes définitions</u>

I – 2 – 2 – 1 Selon F. BUCHANAN (géographe), LAKE, FOX et STEPHENS
I – 2 – 2 – 2 Selon les Pédologues
I – 2 – 2 – 3 Selon les Ingénieurs.....
a) Pour les ingénieurs en génie civil.....
b) Pour les chimistes.....
c) Pour les géologues
d) Autres.....
I – 2 – 3 La formation des latérites ou la latéritisation
I – 2 – 3 – 1 Les conditions de formation des latérites.....
I – 2 – 3 – 2 Les processus de formation des latérites.....
I – 2 – 4 La répartition de la latérite dans le monde.....
I – 2 – 5 Les constituants de la latérite.....
I – 2 – 6 Classification des latérites
I – 2 – 7 Caractéristiques des latérites
I – 2 – 7 – 1 Caractéristiques physiques.....
I – 2 – 7 – 2 Caractéristiques chimiques.....
I – 2 – 7 – 3 Caractéristiques minéralogiques.....
I – 2 – 7 – 4 Autres caractéristiques.....
I – 2 – 8 Structures des latérites.....
I – 2 – 8 – 1 Structures pisolithiques.....
I – 2 – 8 – 2 Structures vermiformes.....
I – 3 Problèmes sur les latérites.....
I – 3 – 1 Les problèmes d'érosion.....

II – METHODOLOGIE DE RECHERCHE.....
II – 1 Enquête et collecte des informations disponibles sur les latérites.....
II – 1 – 1 Enquête.....
II – 1 – 2 Collecte des informations disponibles sur les latérites.....
II – 2 Méthodes d'ingénierie.....
II – 2 – 1 La Veille technologique.....
Définition et principes de la veille technologique.....
II – 2 – 2 La méthode MERISE.....
II – 2 – 2 – 1 Les démarches de la MERISE.....

<u>II – 2 – 2 – 2 La conception de la MERISE.....</u>
<u>II – 2 – 2 – 3 Elaboration du schéma conceptuel des données ou du Modèle Conceptuel des Données (MCD).....</u>
<u>II – 2 – 2 – 4 Elaboration du schéma logique des données ou du Modèle Logique des Données (MLD).....</u>
<u>II – 2 – 2 – 5 Elaboration du schéma physique des données.....</u>
<u>II – 2 – 3 Les modèles de données.....</u>
<u>II – 3 Matériels utilisés.....</u>
<u> II – 3 – 1 Le logiciel MICROSOFT ACCESS.....</u>
<u> a) Quelques caractéristiques de Microsoft Access.....</u>
<u> II – 3 – 1 Le logiciel WIN DESIGN.....</u>

III – RESULTATS ET DISCUSSION.....

<u>III – 1 Utilisation des latérites en tant que matériaux de construction.....</u>
<u> III – 1 – 1 Utilisation de la latérite dans le domaine de la construction.....</u>
<u> III – 1 – 2 Utilisation de la latérite dans le domaine routier.....</u>
<u> III – 2 Utilisation en Céramique et en métallurgie.....</u>
<u> III – 3 Latérites et prospection minière.....</u>
<u> III – 4 Valorisation chimique des latérites.....</u>
<u> III – 4 – 1 Extraction et récupération de l'oxyde de fer.....</u>
<u> III – 4 – 2 Récupération de la kaolinite.....</u>
<u> III – 5 Latérites et agricultures.....</u>
<u> III – 6 L'érosion.....</u>
<u> a) Reboiser le jatrophia en terrain latéritique.....</u>
<u> b) Culture intensive pour l'élevage.....</u>
<u> c) Autres cultures.....</u>
<u> III – 7 Les problèmes liés aux résultats de travaux de recherches sur les latérites.....</u>
<u> III – 7 – 1 Résultat obtenu avec la MERISE.....</u>
<u> III – 7 – 1 – 1 Organisation de la banque de données.....</u>
<u> a) Outils utilisés et formes des données.....</u>
<u> b) Organisation de la banque de données.....</u>
<u> III – 7 – 1 – 2 Les résultats directs obtenus en utilisant le logiciel Win Design.....</u>
<u> a) Le MCD ou Modèle Conceptuel de Données.....</u>

<u>b) Le MLD ou Modèle Logique de Données.....</u>
<u>III – 7 – 2 Présentation de la banque de données.....</u>
<u> III – 7 – 2 – 1 Importances de la banque de données.....</u>
<u> a) Choix du logiciel.....</u>
<u> III – 7 – 2 – 2 Accès à la banque de données.....</u>
<u> III – 5 – 2 – 3 Les contenus de la banque de données.....</u>
<u> a) La bibliographie.....</u>
<u>Doctorat.....</u>
<u>DEA.....</u>
<u>Ingénierat.....</u>
<u>Communication.....</u>
<u>Compte Rendu.....</u>
<u>Ouvrage.....</u>
<u>Rapports.....</u>
<u>Brevets.....</u>
<u> b) Valorisations des latérites.....</u>
<u>Valorisation chimique.....</u>
<u>Genie civil.....</u>
<u>Mine.....</u>
<u> c) Les Analyses faites sur les latérites.....</u>
<u>Essai.....</u>
<u>Etudes.....</u>
<u>Analyse chimique.....</u>
<u>ATD.....</u>
<u>Analyse Technique.....</u>
<u>Analyse spectrométrie.....</u>
<u>Analyse minéralogiques.....</u>
<u>Analyse granulométrique.....</u>
<u>Analyse diffractométrie.....</u>
<u>Géotechnique.....</u>
<u> III – 8 Discussion et quelques suggestions.....</u>
<u>CONCLUSION GENERALE</u>
<u>BIBLIOGRAPHIES</u>
<u>ANNEXES</u>

LISTE DES ABREVIATIONS

SGBD	:	Système de Gestion de Base de Données
LDD	:	Langage de Description des Données
LMD	:	Langage de Manipulation de Données
MCD	:	Modèle Conceptuel des Données
MLD	:	Modèle Logique des Données
SGBDR	:	Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles
SQL	:	Structural Query Language
USA	:	United States America
USDA	:	United States Department of Agriculture
CBR	:	Californian Bearing Ration
LAE	:	Lutte Antiérosive
ATD	:	Analyse Thermique Différentielle
BD	:	Banque de données
VT	:	Veille Technologique

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Démarche de conception par la MERISE.....
- Figure 2 : Cardinalité.....
- Figure 3 : Carte pédologique de Madagascar
- Figure 4 : Modèle Conceptuel de Données.....
- Figure 5: Modèle Logique de Données.....
- Figure 6 : Organisation de la Banque de données.....
- Figure7 : Fenêtre d'ouverture de MS ACCESS.....
- Figure 8: Fenêtre d'accueil de la base de données.....
- Figure 9 : Types d'informations bibliographiques contenues dans la banque de données..
- Figure 10 : Valorisations de la latérite.....
- Figure11 : Résultats d'analyses déjà faites sur les latérites.....

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau 1: Classification des latérites selon A. LACROIX.....</u>	
<u>Tableau 2: Formes minéralogiques des oxydes présents dans les latérites.....</u>	
Tableau 3: Etapes de la conception	28
<u>Tableau 4 : Résumé de la construction du schéma conceptuel des données.....</u>	
<u>Tableau 5 : Applications sur chantier des liants utilisés dans le domaine routier</u>	
<u>Tableau 6: Exploitations du nickel à partir des latérites à Madagascar.....</u>	
<u>Tableau 7 : Dictionnaire des données.....</u>	

RESUME

Les latérites ont attiré l'attention de nombreux chercheurs ou des équipes de chercheurs travaillant dans des disciplines différentes: génie civil, pédologie, géologie, mine, chimie... L'inexistence d'une vision commune entre ces chercheurs constituait un problème principal sur les résultats de travaux de recherche qui ont été effectués sur les latérites. En effet, durant la réalisation de ce présent travail, nous avons identifié qu'il n'y avait pas de continuité sur ces résultats de travaux de recherches. De ce fait, l'objectif général de notre travail consiste à mettre en place un système de gestion de base de données qui permet de regrouper les travaux de recherches qui ont été effectués sur les latérites afin d'aider les chercheurs ou investisseurs voulant travailler sur cette filière.

La méthode de la veille technologique et la méthode MERISE ont été largement utilisées pour la réalisation de ce travail. Pour la conception du système de gestion de base de données, les logiciels MS ACCESS 2000 et WIN DESIGN ont été utilisés.

La constitution de cette banque de données est composée de données bibliographiques, de données sur l'utilisation des latérites et de données sur les analyses faites avec les latérites. Par ailleurs, nous avons trouvé durant cette recherche quelques approches pour résoudre les problèmes d'utilisation des latérites dans le domaine de construction. Il en est de même pour le problème lié à l'érosion.

Mots clés: Latérites Madagascar; Banque de données latérites; Veille technologique et latérites; SGBD latérites; pluridisciplinarités sur les latérites.

ABSTRACT

The laterites attracted the attention many researchers or of the teams of researchers working in different disciplines: civil genius, pedology, geology, mine, chimie... The non-existence of a common vision between these researchers constituted a main problem on the results of research works that have been done on the laterites. Indeed, during the realization of this present work, we manage to identify that there was not continuity on these results of works of research. Of that made, the general objective of our work consists in putting a system of database managements that permits to regroup the works of research that have been done on the laterites in order to help the researchers or investors who want to work on this path in place.

The method of the technological eve and the method CHERRY have been used extensively for the realization of this work. For the conception of the system of database managements, the software MS ACCESS 2000 and WIN DESIGN have been used.

The constitute of this bank of data have been composed of bibliographic data, of data on the use of the laterites and data on the analyses made with the laterites. Otherwise, we found during this research a few approach to solve the problems of use of the laterites in the domain of construction. He/it was some in the same way for the problem bound to the erosion.

Key words: Laterites Madagascar; Bank of data laterites; Technological eve and laterites; SGBD laterites; multidisciplinarities on the laterites.

INTRODUCTION GENERALE

La latérite est un type de sol qui occupe un cinquième environ de la surface de la terre. Elle couvre les collines des environs de Tananarive, c'est – à – dire presque la totalité de la surface des Hautes – Terres. Ce type de sol donne la couleur rouge au paysage malgache. C'est pourquoi, les premiers voyageurs soldats et colons n'ont pas manqué d'être frappés par son étendue et son uniformité apparente.

Nos ancêtres avaient déjà utilisé les latérites comme matériaux de construction pour bâtir leurs maisons, ainsi que les « tamboho ». Actuellement, à part leur utilisation dans la construction (route et maisons), elles intéressent de nombreux domaines comme la chimie, la mine, la géotechnique, la géologie, la pédologie et d'autres secteurs. D'où vient leur pluridisciplinarité.

Les spécialistes de ces domaines cités ci – dessus ont chacun leur propre vision sur les latérites. Ils n'ont pas en général une vision commune à ce sujet. Ce qui entraîne une discontinuité, parfois une répétition de leurs travaux de recherche sur les latérites.

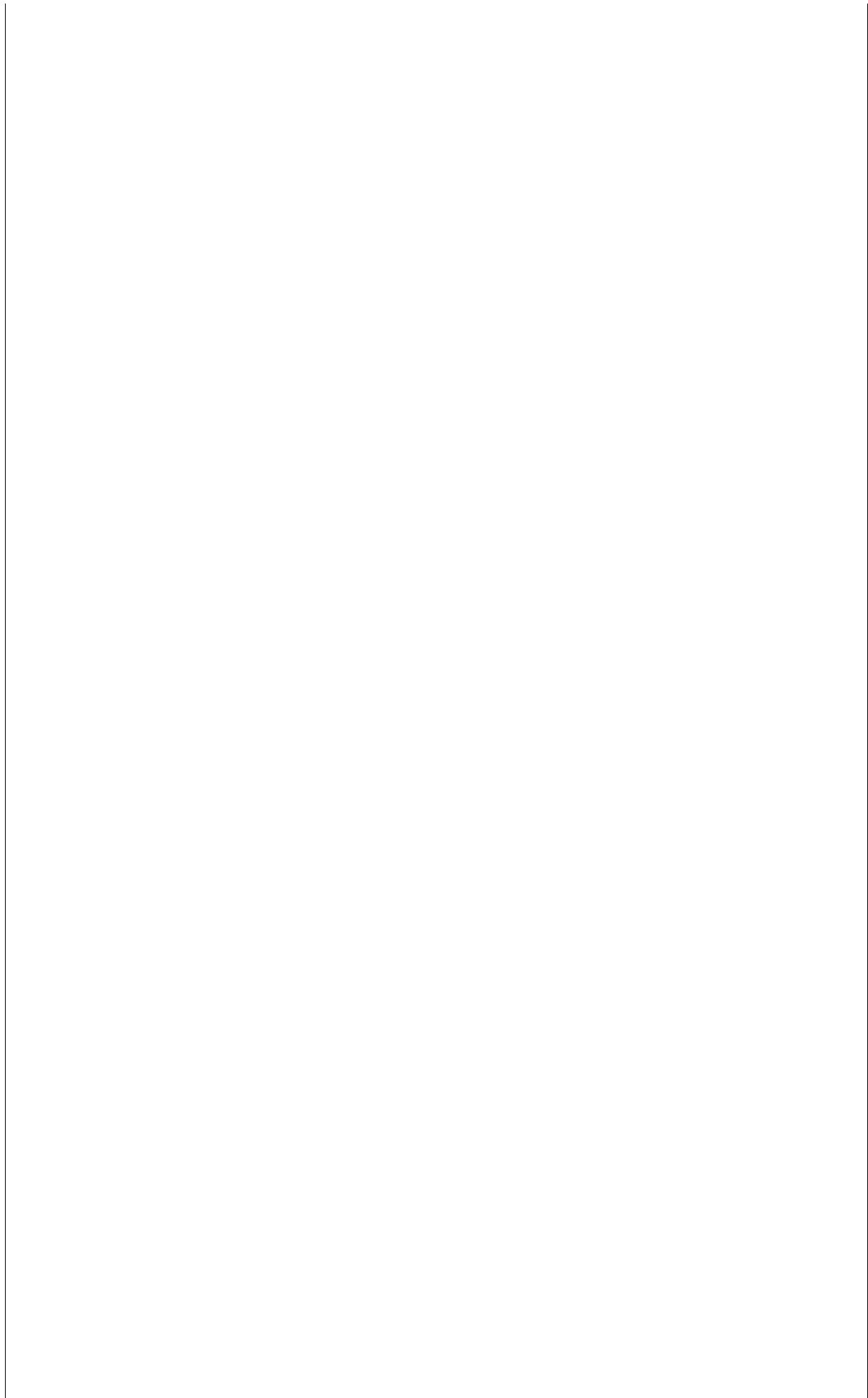
Quelle serait alors la meilleure solution qui pourrait résoudre ce genre de problème pour dynamiser les travaux de recherches sur les latérites et pour améliorer les résultats de ces travaux de recherches ?

Ainsi, dans notre recherche intitulée « **Elaboration d'une banque de données pluridisciplinaires sur les latérites** », nous allons mettre en place un outil permettant de regrouper les travaux de recherches déjà effectués sur les latérites afin d'aider les chercheurs ou investisseurs qui veulent travailler sur cette filière. L'objectif est d'aider les équipes de chercheurs ou de spécialistes travaillant ou voulant travailler sur les latérites à avoir une vision commune et à éviter les redondances de recherches sur les latérites.

En plus, cette banque de données a pour objectif de mettre en place une approche pluridisciplinaire sur les latérites afin de les valoriser et les utiliser ultérieurement. Elle représente également un outil de base pour ceux qui veulent continuer ou entamer leur recherche sur les latérites ou les exploiter.

Enfin, cette banque de données constitue une plateforme de départ pour dynamiser les travaux de recherches sur les latérites.

Le présent travail sera présenté en trois parties fondamentales : premièrement on parlera du contexte général sur les latérites et sur la base de données, ensuite les méthodologies de recherches et les matériels utilisés, on présentera enfin les résultats de notre recherche avec une brève discussion.



I – 1 GENERALITES SUR LA BASE DE DONNEES

I – 1 – 1 Notions sur les données [19], [21], [11]

Tout d'abord, une donnée se définit comme une représentation d'une information sous une forme conventionnelle pour faciliter son traitement par l'homme ou par des moyens informatiques.

Pour décrire les objets tels que lieu, étude, date, etc...., les données peuvent se présenter sous différentes formes : par une lettre, par des chiffres ou par des schémas. Ainsi, les types de données stockées varient en fonction de l'objectif que l'on veut atteindre.

La collecte des données constitue la première opération à faire dans la réalisation d'une base de données. Pour concevoir une base de données, on a besoin de données intéressantes et les documents contenant ces données se dispersent le plus souvent en divers lieux. Ceci rend difficile la réalisation d'une base de données.

La collecte de données se fait comme suit :

- connaître premièrement les futurs utilisateurs ;
- déterminer ensuite les données correspondant à ces besoins ;
- localiser et répertorier tous les lieux pouvant contenir ces données (centres et services de documentations, centres d'informations, bibliothèques, archives, journaux ...) ;
- visiter enfin les lieux appelés souvent **sources de données** et collecter les données intéressantes.

I – 1 – 2 Base de données

I – 1 – 2 – 1 Définitions [19], [7]

a) *Base de données*

Une base de données se définit comme une collection structurée et non redondante de données et des relations les associant, stockée sur des supports accessibles par ordinateur et destinée à servir dans de nombreuses applications. Une base de données est constituée pour enregistrer des faits ou des événements relatifs à des individus ou des objets, restituer ces données à la demande et générer de nouvelles connaissances à partir des faits accumulés.

Une base de données se définit aussi comme un ensemble structuré d'informations agrégées ou élémentaires, accessibles par une communauté d'utilisateurs. Elle se présente comme un ensemble de fichiers dans lesquels on enregistre et on stocke les données.

Une autre définition de la base de données la considère comme une collection de

données utilisées par des applications pour générer de l'information d'intérêt au sein d'un système d'information.

La différence entre une base de données et une banque de données est que la banque de données concerne les données faiblement structurées et où la finalité de son utilisation est moins précise que celle d'une base de données, compte tenu de la diversité des utilisateurs potentiels qui les accompagnent.

b) Système de Base de données

Un système de gestion de base de données est un outil qui permet de stocker, d'insérer, de modifier et de rechercher efficacement des données spécifiques dans un grand nombre d'informations. C'est aussi une interface entre les utilisateurs et la mémoire d'un ordinateur, dans le but de faciliter le travail des utilisateurs.

Un système de gestion de base de données est un logiciel permettant de décrire, manipuler et traiter les données d'une base de données.

c) Système de gestion de base de données relationnelle [14]

Le système de gestion de base de données relationnelle est le plus courant parmi les systèmes de gestion de base de données. Dans ce système, l'information est rangée dans des fichiers, sous forme de tables composées de lignes et de colonnes. Les lignes représentent les enregistrements tandis que les colonnes correspondent aux champs. Lorsqu'on effectue une recherche dans une base de données relationnelle, on peut associer l'information d'un champ d'une première table à celle d'un champ d'une deuxième table. Ceci afin d'en produire une troisième ressemblant à certaines données des deux tables d'origine à l'aide d'une relation, d'où le nom relationnel.

I – 1 – 2 – 2 Les objectifs et les avantages d'une base de données [7]

Les objectifs et les avantages d'une base de données sont nombreux.

- Une base de données aide à la prise de décision. En effet, la mise en place d'une base de données vise à l'accumulation de données et de connaissances qui peuvent être utilisées pour la prise de décisions qui peut se dérouler directement d'une lecture ou d'une mise à jour de la base ;
- Partage de données : une base de données permet de faire partager une même quantité d'informations par un ensemble d'utilisateurs ;
- Une diminution des redondances : en effet, le regroupement de données communes à

- plusieurs applications permet de diminuer les redondances qui est d'autant plus facile à réaliser que les données sont regroupées physiquement ;
- Diminution des incohérences : celle ci est le résultat du groupement de données et la diminution des redondances ;
 - La base de données permet de faire une standardisation qui est nécessaire au niveau d'une entreprise ou d'une collectivité d'entreprise pour permettre les communications et le partage de données ;
 - Elle permet également de faire une structuration. Cette structuration concerne le choix du modèle de représentation des données et des connaissances ;
 - Une indépendance physique et logique des données.

I – 1 – 2 – 3 Environnement de la base de données [12] , [19]

Les 4 éléments suivants constituent l'environnement d'une base de données : son architecture générale, l'utilisateur, l'administrateur et le système de gestion de base de données.

a) L'architecture générale

Les éléments spécifiques de l'environnement d'une base de données apparaissant sur la structure d'un programme d'application sont :

- **Le schéma** qui montre les aspects descriptifs et relationnels de la base de données. Le schéma décrit spécialement la structure des données de la base et il ne dépend ni du stockage physique ni du langage d'application ;
- **Les sous – schéma** dérive du schéma de la base de données. Notamment, ce sous – schéma définit les autorisations d'accès et les procédures de validation ;
- **La table interface** représente le nom de la base de données, le code de l'usager et le code d'anomalie intervenant lors d'une anomalie au cours d'un accès ;
- **Les séquences d'instructions** permettant l'accès à la base de données constituent les primitives du langage de manipulation. Ces langages de manipulation sont : lire, ouvrir, écrire, fermer, modifier et supprimer.

b) L'utilisateur

L'utilisateur représente la personne pouvant accéder à la base de données à l'aide d'un terminal ou d'un ensemble de programmes d'applications. L'accès aux données de la base se réalise soit à partir d'un programme d'application qui accepte les primitives permettant d'accéder à la base de données, soit à partir d'un terminal en utilisant un langage spécifique ou un langage de manipulation de données.

c) L'administrateur

Il crée et maintient la base de données. L'administrateur a pour rôle de :

- Concevoir le schéma de la base de données ;
- Choisir les techniques d'accès et les techniques variées d'implantation physique ;
- Etablir la relation SGBD – Utilisateur ;
- Mesurer les performances du système pour pouvoir modifier les structures.

d) Le système de Gestion de base de données

Le système de Gestion de base de données permet de réaliser les accès physiques à la base de données. Ce système doit offrir à l'administrateur un certain nombre d'outils pour qu'il puisse gérer au mieux la base, compte tenu de la multiplicité des utilisateurs de la base de données.

Deux types de langages sont proposés par ce système :

- Le Langage de Description des Données (LDD) sert à exprimer la traduction du modèle logique de données en modèle physique de données ;
- Le Langage de Manipulation de Données (LMD) permet une navigation dans la base afin de localiser des éléments de données en vue de satisfaire une requête, de modifier ou de supprimer des données.

Les principes d'indépendance, d'intégrité et de confidentialité sont préférables à respecter pour mieux gérer les données.

L'indépendance des données se charge de la portabilité des applications utilisant le système de gestion de base de données.

Concernant l'intégrité de données, elle assure la fiabilité et la cohérence d'information.

Enfin, la confidentialité de données est nécessaire pour éviter l'accès aux informations aux n'ayant pas droit. Pour assurer la confidentialité, on opère généralement par trois procédures :

- Identification par le nom ou le numéro de code ;

- Authentification par un mot de passe ou par un code secret ;
- Autorisation d'accès aux données selon l'utilisateur tels que droit de création, droit de consultation ou droit de modification.

I – 1 – 2 – 4 Conception et fonctionnement d'une base de données [14], [19]

Actuellement, la méthode MERISE est largement utilisée dans les administrations et les entreprises de toutes tailles dans la conception d'une base de données.

La MERISE est une méthode de conception et de développement de système d'information. Cette méthode vise à déterminer toutes les informations dont une entreprise a besoin pour assurer toute ou partie de ses activités fondamentales ; que ces informations soient utilisées manuellement ou automatiquement, quels que soient les lieux de production, de consommation, ou encore les acteurs impliqués.

On entrera en détails sur cette notion dans le prochain chapitre.

I – 2 INTERDISCIPLINARITES SUR LES LATERITES

I – 2 - 1 Les différentes appellations des latérites [1], [2], [10], [20], [29], [32], [33]

Le mot « **latérite** » est un des plus anciens des vocabulaires pédologique. Mais ce vocabulaire continue d'être utilisé malgré une désaffection officielle par un certain nombre d'écoles pédologique. D'après ERHART en 1935, le mot « latérites » désigne tous les sols ferrallitiques. Chez les géographes, géomorphologues, géologues, il semble que le terme « latérites » continue d'avoir une certaine faveur.

Le terme « latérite » peut désigner une cuirasse. Exemples : en 1956, PALLISTER utilisera le terme « solid laterit » ; DENISOV et NOIRFAUZE, 1954, utilisent largement « latérite » avec le sens de cuirasse ou « **briestone** ». Par contre, NILSEN (1978) et KERR (1978), trouvant au cours de sondage sous – marins dans l'Atlantique Nord un matériau rouge, utilisent de manière équivalente « **latérite** » ou « **latosol** ». Ils appliquent ces termes à des composées immobiles dues à une intense altération. Ils estiment également qu' « **oxisol** » aurait convenu à ces termes.

En Australie et ailleurs, l'usage de l'expression « **laterite profile** » est très répandu. D'après HUNT et al. 1977, un tel profil contient un horizon ferrugineux cuirassé, une zone tachetée et une zone blanchie. Pour MULCAHY, 1964, « **laterite profile** » est une « **kaolinized lateritic pallid zone** ». Pour d'autres auteurs australiens, l'horizon induré est un « **durircust** ».

Un tel « laterite profile » est considéré comme une entité génétique dans laquelle la zone blanchie « pallid » est un horizon privé de fer et l'horizon induré comme un horizon d'accumulation ferrugineuse.

Il semble donc que le terme « latérite » soit porteur d'ambiguïté car on lui a fait désigner des choses différentes.

Concernant l'expression **sol latéritique**, c'est une expression qui a été largement utilisée dans la première moitié du XX^e siècle. Elle a reculé et à peu près disparu devant l'arrivée de nouveau vocabulaire comme **sols ferrallitiques, latosol ou exosols**. Ce terme a été utilisé pour caractériser les sols. Les premiers auteurs Russes associent les sols latéritiques aux zones chaudes et humides du globe. D'après le schéma de classification établi par VILENSKY, AFANASIEV ou IVANOVA, les sols latéritiques sont liés aux forêts humides tropicales. Ces sols sont définis par le milieu dans lequel ils se forment et par le mode de formation (intense décomposition de la masse minérale, enlèvement de la silice, accumulation d'hydroxydes de fer et aluminium).

La classification des sols proposés par MARBUT en 1928 et 1935, aux Etats Unis fait état de sols latéritiques. Ensuite, BALDWIN, KELLOGG et THORP ont repris cette appellation. C'était en 1941, en Afrique du sud que VAN DER MERWE place les sols latéritiques dans la région humide, à pluie d'été. En 1957, les analyses faites par VAN DER MERWE et HEYSTEK ont permis d'affirmer que ces sols contiennent de la kaolinite, de la gibbsite et de la goethite.

Quant aux sols ferrallitiques, ils sont caractérisés par un processus de ferrallitisation. Ce processus de ferrallitisation consiste en une altération extrêmement poussée de la roche mère aboutissant à des oxydes et/ou des hydroxydes de fer, aluminium, titane, manganèse, associés à plus ou moins de kaolinite. Le rapport K_i est inférieur ou égal à 2,0.

L'adjectif latéritique a plusieurs significations :

- La première résulte d'une parenté étroite avec la latérite (équivalent de cuirasse).

En effet, on se réfère à « profil latéritique » à « éléments latéritiques », lorsqu'il existe une cuirasse ou de fragments de celle – ci. A Madagascar, ERHART, 1935, considère que les vraies latérites sont cuirassées, tandis que les sols latéritiques ne les sont pas. D'après PENDLETON et SHARASUVANA, 1946, un sol latéritique est celui qui présente un début de cuirassement ou un horizon de latérite incomplètement développé et où l'on pense qu'une véritable latérite se développera si les conditions qui règnent actuellement durent assez

longtemps. Ces deux auteurs qualifiaient tout ce qui n'est pas latérite ou latéritique en «**red loam** ». En 1961, ROZANOV et ROZANOVA qualifient de latéritique la partie du profil qui est située au - dessus d'une latérite.

- La seconde se réfère aux constituants. Les latérites et les sols latéritiques ont les mêmes constituants qui sont : oxydes, hydroxydes et kaolinite. Pour LACROIX (1913), on passe graduellement des «**latérites** » (contenant 90% d'hydroxyde et d'oxydes) aux «**latérites argileuses** » (contenant 90 à 50% d'hydroxydes et d'oxydes), puis aux argiles latéritiques (50 à 10% d'hydroxydes et d'oxydes). La teneur en kaolinite augmente corrélativement des premières aux troisièmes.
- La troisième se réfère à la couleur. Certains chercheurs comme AHN (1970) avait écrit que le sol latéritique a été appliqué indistinctement à n'importe quel sol rouge.

A partir de 1960, le terme latéritique va disparaître peu à peu, de la plupart des systèmes pédagogiques. Le terme «**Latosol** » était souvent employé aux USA, il en était de même en Asie où différents chercheurs, Belges ou Hollandais, l'utilisent. Ce terme était destiné à remplacer « latérite » et « sol latéritique ». Les vocables «**latéritiques** » et «**latosol** » n'étaient plus utilisés par l'USDA (United States Department of Agriculture) à partir de 1960. Ils étaient remplacés par «**oxisol** » (et/ ou par «**ultisol** » et «**oxic** »).

Le terme **latéritique** a été remplacé par **ferrallitiques** en France, en 1956 avec la publication du projet de classification d'AUBERT et DUCHAUFOUR.

En URSS, KOVDA et al. 1967, utilisent à la fois latéritique et ferrallitiques, tandis qu'IVANOVA et al. 1967, n'utilisent que ferrallitiques.

En résumé, tous ces termes énoncés ci – dessus sont des termes utilisés pour le terme « latérite ». Durant cette étude, on va employer souvent les termes « latérites » ou « sols ferrallitiques ». Ces sols ferrallitiques, appelés précédemment latéritiques, ont été étudiés depuis longtemps.

I – 2 – 2 Les différentes définitions [32]

Des pédologues comme PENDLETON et SHARASUVANA constataient en 1946 qu'il y a plusieurs définitions de latérite.

Les études sur les latérites ont été menées principalement par les géographes, géologues, pétrographes, parfois par les botanistes et agronomes, et plus récemment par les géochimistes et surtout par les pédologues. De nombreux pédologues ont étudiés ces sols

depuis 25 ans. Des études détaillées sur leur formation, leur évolution et leurs possibilités d'utilisation ont été déjà effectuées par les chercheurs cités ci – dessus. Un effort d'approfondissement de la recherche a été réalisé pour tenter non seulement d'améliorer nos connaissances typologiques, mais aussi de mettre en clair les processus qui ont joué ou se développent actuellement sur ces sols, les relations qui les unissent les uns aux autres ainsi qu'à leurs divers facteurs d'évolution.

Les recherches effectuées par des pédologues français comme D. MARTIN, R. MAIGNIEN, F. BOURGEAT, Y. CHATELIN etc....sur ces sols ont surtout porté sur leur caractérisation, leur typologie et leurs relations avec leur environnement.

Durant cette partie, l'objectif est de voir toutes les définitions de ces sols, données par les chercheurs cités ci – dessus. Notons ici qu'une meilleure définition de ces sols selon leurs caractéristiques, leurs processus de formation et d'évolution et de leurs relations avec leur environnement doit conduire à mieux connaître les conditions de leur utilisation.

I – 2 – 2 – 1 Selon F. BUCHANAN (géographe), LAKE, FOX et STEPHENS [2], [32], [20]

BUCHANAN a débuté son étude sur les latérites au 19^è et au début du 20^è siècle. Il considère les latérites plus comme des roches que comme des sols.

La définition du terme « latérite » qui vient du mot latin « later », signifiant « brique », selon DREYFUS en 1952, a été employé pour la première fois par le géographe BUCHANAN en 1807. Il désigne « latérite » les matériaux ferrugineux utilisés en Inde pour confectionner des briques de terre destinées à la construction. Il a trouvé que les latérites sont un des meilleurs matériaux de construction, rempli de cavités et de pores, possédant de grande quantité de fer, de coloration rouge et ocres jaunes. A l'abri de l'air, l'intérieur de ce matériau est si tendre que tout instrument métallique peut la couper. Taillée à la forme voulue, la masse devient aussi dure qu'une brique et résiste à l'eau et à l'air.

Notons ici que BUCHANAN lui – même ne semble pas attacher une importance essentielle, ni un sens trop strict, à ce néologisme. Il lui arrive également d'employer le terme « brickstone ». PRESCOTT ET PENDLETON ont précisés en 1952 que BUCHANAN a observé le matériau type de la latérite aux Indes, dans la région de Malabar, à Angadipuram (10° 58' N, 76° 13' E).

Sur ce même site, certains chercheurs comme LAKE (1890) décrit à nouveau les latérites et il a identifié trois types de latérites : les latérites de plateau, de terrasse et de vallée.

FOX (1936) a confirmé les descriptions de LAKE et la distribution de la latérite sur plusieurs unités physiographiques. Il a précisé que la latérite décrite par BUCHANAN appartient à la variété détritique occupant les vallées.

En 1961, STEPHENS a observé à nouveau le site d'Angadipuram. Il a donné une description de la coupe de cette carrière que nous traduirons et résumerons comme suit :

- 0 – 60 cm : Limon friable, légèrement plastique, de structure vésiculaire ; rouge sombre, plus clair à la base ; graviers latéritiques en quantités modérées, diminuant en profondeur ;
- 60 – 170 cm : Couche massive de latérite à structure vermiculaire grossière ; rouge et jaune avec des taches grises claires s'accentuant en profondeur ; pouvant être découpée à la pioche mais non au couteau ;
- A 170 cm : Argile tachetée apparaissant comme une transformation irrégulière et diffuse de la latérite supérieure ; taches contrastées rouges, jaune brun et gris clair.

I – 2 – 2 – 2 Selon les Pédologues [2]

Les pédologues étudient la minéralogie et les propriétés physico – chimiques des latérites afin de mieux connaître sa nature. Pour eux, le mot latérite a été employé dans des sens différents par les divers pédologues.

Selon J. RIQUIER, la « latérite » c'est la partie durcie, véritable roche, principalement composée de fer et d'alumine, ou la partie tendre et susceptible de durcir par dessiccation lorsqu'elle est exposée à l'air. La latérite se présente sous différentes formes : pisolithiques, caverneuse, scoriacée, etc....

La définition de la latérite donnée par ERHART, en 1935 n'était pas trop loin à celle donnée par LACROIX. D'après lui, les vraies latérites sont celles qui comportent un horizon cuirassé. De son côté, MOHR (1944) considère qu'une latérite constitue un sol riche en sesquioxides indurés, et qu'elle est le terme ultime d'une longue évolution.

En 1962, ALEXANDER et CADY ont proposés la définition suivante : « la latérite s'agit d'un matériau fortement altéré, riche en sesquioxides secondaires de fer et de l'aluminium ou des deux, dépourvu de bases ou de silicates primaires. Elle peut contenir de fortes quantités de kaolinite et de quartz, elle peut durcie sur place ou indurée après humectations et dessiccations successives ».

En résumé, la latérite désigne à la fois, un matériau susceptible de durcir et un matériau déjà induré.

I – 2 – 2 – 3 Selon les Ingénieurs [2]

Les ingénieurs définissent la latérite suivant leurs spécialités : le génie civil, les chimistes, les géologues,...

a) Pour les ingénieurs en génie civil [2], [25]

Pour les ingénieurs en génie civil, la latérite est un matériau de structure vacuolaire, de couleur variant du jaune au rouge plus ou moins foncé et même noir. Elle est constituée par une croûte plus ou moins continue, d'épaisseur et de dureté variable, ayant beaucoup de vides et l'aspect d'une scorie, ou moins aussi de concrétions isolées oolitiques et pisolithiques, une plus ou moins grande résistance en mélange avec une fraction argileuse. Ces ingénieurs font les distinctions suivantes :

- Sols fins latéritiques ;
- Gravéoleux latéritiques utilisables en technique routière, couche de forme, de fondation, de base... ;
- Carapace ou horizon latéritique très dur mais pouvant être détruit par un engin de terrassement ou par une pioche ;
- Cuirasse latéritique : couche très dure de matériau aggloméré ressemblant à des scories, parfois naturellement fragmenté et difficilement destructible par un engin à lame.

Pour les géotechniciens et les ingénieurs de travaux publics, ils étudient les propriétés liées aux caractéristiques physiques des latérites afin de pouvoir construire des ponts et chaussées stables.

b) Pour les chimistes [2], [1]

En tant que chimiste, leur définition se base sur la composition minéralogique et sur la constitution chimique des éléments minéraux constitutifs des latérites. Les ingénieurs en génie civil et les chimistes adoptent en général la même définition.

c) Pour les géologues [2], [6]

Les géologues et les géochimistes ont les mêmes objectifs en étudiant les latérites. Ils étudient les latérites pour comprendre les phénomènes géologiques liés à leur formation ou à leur évolution.

En géologie, tous les éléments provenant de l'altération de la roche – mère sont définis de façon précise et connue en fonction de la nature de la roche – mère. De plus, ils ont été

déjà nommés chacun selon leur provenance.

Pour les géologues, la latérite est un produit d'une altération très poussée des minéraux de la roche sous-jacente ; les constituants minéraux néoformés (kaolinite, oxydes et hydroxydes) furent identifiés et analysés sans difficulté.

d) Autres [2]

Certains voyageurs ont aussi leur propre définition concernant les latérites. Pour eux, la latérite est un matériau rouge avec lequel on construit les routes. Ainsi, c'est un matériau glissant pendant les saisons de pluies, faisant tôle ondulée et poussiéreuse en saison sèche.

I – 2 – 3 La formation des latérites ou la latéritisation [32], [33], [29]

Les théories traitant de l'origine et de la formation des latérites sont variées. Il faut distinguer trois périodes sur le plan historique. La première période datant de la première moitié du XIX^e siècle se rattachent aux études effectuées en Inde. Ces études s'appuient sur la description des matériaux et leurs modes de gisement. Quant à la seconde période, elle concerne le développement des analyses chimiques et partiellement minéralogiques. Enfin, actuellement, l'introduction des méthodes de pédologie expérimentale permet d'aborder le problème sous son aspect dynamique et génétique.

Selon RIQUIER J., la latéritisation est un processus de décomposition de roche tel que la silice et les bases sont éliminées. Au contraire, le fer et l'alumine constituent un résidu concentré par accumulation relative.

Selon P. SEGALEN, les latérites prennent naissance à partir des roches silicatées alumineuses.

En 1890, Lake donne une très bonne synthèse des premières idées émises sur la formation des latérites en Inde :

- La latérite est un produit résiduel d'altération des roches ;
- La latérite est un produit détritique et sédimentaire ;
- La latérite est d'origine volcanique.

I – 2 – 3 – 1 Les conditions de formation des latérites [29], [32]

Le climat, la couverture végétale, la topographie, la roche mère et l'âge constituent les facteurs qui conditionnent la formation des latérites.

- **Le climat** : Le climat agit par la température et la pluviométrie. Généralement, un climat

tropical humide est nécessaire pour la formation des latérites. La température minimum indispensable varie suivant les auteurs. On peut considérer quand même qu'une température moyenne annuelle de 18°C sera suffisante.

Concernant la pluvirosité, elle varie suivant les pays. En Afrique par exemple, elle doit être au moins 1^m50 d'eau par an ; à Madagascar, 1m de pluie par an suffit.

Ainsi, l'alternance d'une saison sèche et d'une saison humide est nécessaire dans la formation des latérites.

- **La couverture végétale :** Le type de végétation est un facteur prédominant dans la formation des latérites.

Selon ERHART, la présence d'une forêt ombrophile est nécessaire à l'altération latéritique et c'est la disparition de cette couverture végétale qui hâterait la formation de cuirasse en surface. Pour d'autres auteurs, les latérites pourraient se former sans couverture forestière (VAGELER).

- **La topographie :** sur les surfaces plates où l'érosion a moins de prises, la cuirasse se formera plus facilement. Il semble que ce soit la continuité d'un niveau phréatique à faible profondeur qui permette la formation de cette cuirasse.
- **Roche mère :** pour qu'il se forme une latérite, il est nécessaire que la roche mère soit silicatée alumineuse, toutes les roches éruptives, volcaniques, les schistes cristallins seront susceptibles de donner naissance à des latérites.
- **Age :** La plupart des latérites qui existent sont les restes de l'antiquité géologique.

En 1940, WHITEHOUSE rapporte que celles de Queensland en Australie ont été produites par deux périodes humides du Pliocène.

En 1948, FERNANDO pense que celles de Ceylan sont des produits du Pléistocène.

En 1954, RUHE pense que celles de Nioka (Congo) sont de la fin du Tertiaire.

Selon LACROIX, il existe des latérites d'âges différents (par étages géologiques) dans une même région de Madagascar.

I – 2 – 3 – 2 Les processus de formation des latérites [29], [36]

Selon P. SEGALEN, l'action des eaux de pluie jointe à une température élevée font que les minéraux des roches sont attaqués avec départ de silice, ainsi qu'une grande partie des bases telles que le chaux et la potasse qui sont entraînées en profondeur. Il ne reste que les oxydes de fer et d'alumine. Cette attaque est plus ou moins efficace suivant les conditions

locales, et l'on peut avoir tous les intermédiaires entre argiles et latérites. Le stade final sera la cuirasse durcie constituée presque entièrement d'oxydes de fer et d'alumine.

Pour étudier ce phénomène de latéritisation, J. RIQUIER prenait le cas de Madagascar. Dans sa recherche, il a tracé les limites de latéritisation par de nombreuses détermination du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.

Cette limite coïncide approximativement à la valeur 200 de l'indice de MEYER (rapport des précipitations au déficit de saturation) à 1500 mm de pluie, à l'indice 20 de THORNTHWAITE et à l'indice 40 de DE MARTONNE.

On a ainsi établi, qu'en général, entre les valeurs 0 et 100 du coefficient de MEYER, la latéritisation ne se produit pas. Elle est faible entre 100 et 200 et marquée au-dessus de 200.

Toujours d'après RIQUIER, le phénomène de latéritisation semble avoir été prépondérant sous forêt et Madagascar a été couverte de forêts autrefois. Cette végétation favorisa l'infiltration aux dépens du ruissellement superficiel. Il passait alors au niveau de la zone d'altération et sur la roche mère des quantités d'eau importantes à une température assez élevée. Il est alors probable que la vitesse d'altération latéritique était maximum, et il en était de même pour l'épaisseur du sol latéritique.

Après la disparition de la forêt, le cycle de l'eau évolua : le ruissellement et l'érosion, donc la destruction physique du sol, devient prépondérant sur l'altération chimique de profondeur, bien que cette dernière ne soit pas complètement arrêtée mais seulement ralenti. Il est donc probable qu'à Madagascar les sols que l'on voit actuellement sont des paléosols datant de la période forestière (d'où leur épaisseur de 10 à 30 mètres), mais que la latéritisation continue actuellement à vitesse réduite en profondeur. A Madagascar les pertes de silice ont été mesuré en kg par ha pour un bassin versant déterminé. Sous forêt les pertes sont de 115 à 236 kg/ha/an, sous prairie de 40 à 80 kg/ha/an seulement.

La vitesse de formation des sols latéritiques est donc maximale, sous forêt, sous pluviométrie élevée et forte température. Elle est moins grande sous prairie et sous une pluviométrie plus faible.

La présence de fer et d'alumine dans la latérite étant préparée par le phénomène de latéritisation, le fer migre ensuite très légèrement sous l'action de phénomènes d'hydromorphie, se concréctionne et emprisonne l'alumine dans les mailles de la cuirasse.

I – 2 – 4 La répartition de la latérite dans le monde [32]

Les latérites sont largement répandues à travers le monde, mais plus particulièrement dans les régions intertropicales d'Afrique, d'Australie, de l'Inde, du Sud-Est asiatique et d'Amérique du Sud. Elles sont largement distribuées en régions intertropicales semi-humides et humides du globe.

Selon P. SEGALEN, la latérite se développe partout sous les tropiques, là où la température et les pluies sont suffisantes, c'est- à dire des sols où l'altération des minéraux des roches tendra à l'individualisation, des oxydes de fer et d'aluminium avec départ de la silice.

En Afrique, on trouve des latérites dans toute la partie centrale chaude et largement arrosée. Cet immense territoire renferme la cuvette congolaise ainsi qu'une grande partie de l'A.O.F. et de l'A.E.F. C'est dans des pays comme la Guinée, la Sierra Leone, le Libéria, la Côte d'Ivoire que les premiers exemples de latérites ont été décrits et étudiés par des savants français et étrangers.

Pour Madagascar, les parties centrales et orientales qui sont bien arrosées par l'alizé sont un pays de latérites.

En Asie et aux Indes, les latérites sont développées dans la partie péninsulaire et en particulier sur la côte ouest dans les provinces de Bihâr, Orissa, Chota – Nagpur. De vastes étendues sont latéritisées au Thailand, en Malaisie, en Indochine, les terres du Bien Hoa sont bien connues.

En Chine du sud, on a noté quelques latérites. Australie est latéritique sur ses côtes Nord et Nord – Est les plus arrosées.

L'Amérique centrale, le Brésil, jusqu'au 30° de latitude Sud présentent de vastes étendues latéritiques.

I – 2 – 5 Les constituants de la latérite [32], [1]

Les composants des latérites sont :

- Sesquioxides d'aluminium, principalement gibbsite, plus rarement boehmite ;
- Sesquioxides de fer, goethite (FeOOH ou $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) et hématite (Fe_2O_3) surtout ;
- Argiles, essentiellement kaolinite, en mélange fréquent avec un peu d'illites, et une série de produits alumineux et alumino-ferrugineux amorphes ;

- Des matériaux résiduels ou détritiques en proportions variées.
 - L’Aluminium qui se présente sous forme d’oxyde. La gibbsite ou hydragillite ($\text{Al}(\text{OH})_3$) est le minéral le plus fréquent ; le boehmite (AlOOHK) est moins reconnu et souvent en quantité moindre.
- L’aluminium existe également sous une forme combinée à la silice dans la kaolinite ($\text{Si}_2\text{O}_5\text{Al}_2(\text{OH})_4$) pour le demi maille. Le silicium est de ce fait un constituant habituellement sous forme combinée. Il se présente aussi sous forme de quartz ;
- Le Titane qui est sous forme d’ilménite FeTiO_3 .
 - Le Manganèse qui apparaît aussi sous forme d’oxyde en faible quantité.

I – 2 – 6 Classification des latérites [32]

La classification des latérites a attiré très tôt l’attention des chercheurs. Cette classification est définie suivant les auteurs soit par un fort pourcentage d’alumine libre, soit par la présence de latérite concrétionnée.

LACROIX (1913) distingue les latérites comme suit :

- Les latérites vraies contiennent plus de 90% d’hydroxydes ;
- Les latérites silicatées contenant de 90 à 50% d’hydroxydes ;
- Les argiles latéritiques contenant de 10 à 50% d’hydroxydes.

BAEYENS retient comme critères principaux de classification la nature des roches mères et l’autochtonie ou l’allochtonie des sols.

Pour EDELMAN, les critères retenus dans ces classifications sont la couleur, la nature de la roche mère, la présence de cuirasse, la composition chimique, la jeunesse ou la maturité du sol, et parfois, la nature du couvert végétal.

En 1941, AUBERT conserve comme principal critère de distinction le taux des « éléments latéritiques », c’est-à-dire des hydrates de fer, alumine et titane. Cette classification établit trois grandes catégories :

- Les « latérites proprement dites » contiennent plus de 50% d’éléments latéritiques. Il convient d’y rattacher les latérites à cuirasse, connues sous les noms vernaculaires de « bowé » en Guinée et de « tampoketsa » à Madagascar.
- Les « terres latéritiques », ou « sols d’argiles latéritiques », qui contiennent moins de 50% d’éléments latéritiques, mais qui comportent souvent des concrétions. Ces terres latéritiques se subdivisent en :

1. « Terres grises », forestières, à l'horizon éluvial accentué.
 2. « Terres rouges » dont l'horizon éluvial est très restreint.
 3. « Terres noires » à nappe phréatique peu profonde.
 4. « Terres jaunes » contenant moins de 10% d'éléments latéritiques.
- Les « sols alluviaux latéritiques »

Le tableau suivant récapitule une classification plus simple des sols latéritiques donnée par A. LACROIX:

Tableau 1: Classification des latérites selon A. LACROIX

Classe	Teneur en oxydes de Fer et d'Aluminium
Latérite	100 à 90 %
Latérite argileuse	90 à 50 %
Argile latéritique	50 à 10 %
Argile	10 à 0%

Source : Naturaliste Malgache Tome1, page 54

D'autres auteurs comme MARTIN et DOYEN (en 1930) ont établi les relations suivantes pour classifiés les latérites:

$Ki = \frac{SiO_2}{Al_2O_3}$: classification en fonction du ratio silice alumine

$Ki' = \frac{SiO_2}{(Al_2O_3 + Fe_2O_3)}$: classification en fonction du silice sesquioxyde

I – 2 – 7 Caractéristiques des latérites [32], [20]

Les latérites peuvent avoir les caractéristiques suivantes :

I – 2 – 7 – 1 Caractéristiques physiques

Les résultats des recherches effectués sur les latérites ont permis de tirer qu'elles apparaissent sous des formes morphologiques variées.

En 1946, PENDLETON et SHARASUVANA ont reconnu les deux formes physiques suivantes : vacuolaires et pisolithiques qui sont distinctes selon les latérites. D'après eux, Il y a encore plusieurs formes intermédiaires entre ces deux formes.

Certaines chercheurs comme DU PREEZ (1949) ont défini la latérite comme une masse vacuolaire, concrétionnée, cellulaire, vermiculaire et en scories ou pisolithiques.

Pour les latérites vacuolaires, elles peuvent être tendre ou de dureté variable (la dureté croît avec les teneurs en fer, les latérites les plus dures sont aussi les moins hydratées), et ont

souvent une matière terreuse dans leur cavités. Ce type de latérite apparaît assez souvent en surface.

La latérite cellulaire en scories possède de nombreuses cavités vides séparées par une matière ferrugineuse, d'apparence similaire à celle qui sépare la substance terreuse dans la latérite vacuolaire. D'habitude, cette latérite est de couleur sombre et peut avoir une surface brillante. Sa dureté est variable et friable.

Généralement, la latérite nodulaire est ferrugineuse et apparaît comme une vertu superficielle ou comme une composante du sol.

I – 2 – 7 – 2 Caractéristiques chimiques [32], [1]

Puisque les latérites sont des matériaux qui sont identifiées sur terrain, donc elles ont une grande variété de caractéristiques chimiques. En 1956, ALEXANDER et al., ont trouvés que relativement aux autres constituants (gibbsite, kaolinite, titane et manganèse), les latérites ont une haute teneur soit en fer, soit en aluminium, ou les deux à la fois.

Le fer se présente sous forme, soit de la goethite, soit de l'hématite. Pour l'aluminium, elle se présente sous forme d'hydroxydes.

I – 2 – 7 – 3 Caractéristiques minéralogiques [30]

Les oxydes de fer, les oxydes d'aluminium, et des minéraux argileux constituent les éléments majeurs entrant dans la composition minéralogique des latérites. Ces éléments se présentent sous différentes formes.

Tableau 2: Formes minéralogiques des oxydes présents dans les latérites [30]

Oxydes de fer	Oxydes d'aluminium	Minéraux argileux
Goethite	Gibbsite : commun	Kaolinite : commun
Limonite Communs	Boehmite : plus rare	Halloysite : plus rare
Hématite		
Magnémite	Corindon très rares	Illite rares
Magnétite plus rares	Diaspore	Montmorillonite
Ilménite		

I – 2 – 7 – 4 Autres caractéristiques

- Couleur : les latérites possèdent diverses couleurs : brun, jaune, rouge, ocre, rose et noir. Ces couleurs dépendent des compositions minéralogique et chimique des latérites. La couleur rouge est la plus fréquente, surtout à Madagascar.
- Dureté : il est très difficile de caractériser correctement la dureté des latérites. Lorsqu'elles sont équivalentes de cuirasse, alors, elles constituent des horizons indurés qui ne peuvent être morcelé à la main ou à la bêche, mais seulement à l'aide d'un marteau ou d'une barre à mine.
- Poids spécifique apparent : ce poids spécifique est donné par la formule suivante :

$$\text{Poids spécifique} = (\text{Poids de l'eau} + \text{Poids de la matière sèche}) / \text{Volume total}$$

Ce poids spécifique apparent varie de 16 à 22 KN/m³

- Poids spécifique sec :

$$\text{Poids spécifique sec} = \text{Poids de la matière sèche} / \text{Volume total}$$

Ce poids varie entre 10 et 20 KN/m³

1 – 2 – 8 Structures des latérites [32]

D'une manière générale, les latérites possèdent au moins deux formes de structures : la structure pisolithique et la structure vermicelle.

1 – 2 – 8 – 1 Structures pisolithiques

Dans ce type de structure, le fer forme des nodules discrets. On distingue les pisolithes rayées et non rayées.

Les pisolithes rayées peuvent se former par précipitation alternée de couches riches en aluminium et de couches riches en fer.

Les pisolithes non rayées sont des sphérolites petites et bien rondes (0,5 cm de diamètre). Elles deviennent souvent plus grandes lorsque ces nodules se forment dans la saprolite (2 cm de diamètre). Ces pisolithes peuvent devenir des pisolithes rayées par un processus de diffusion qui est courant lors d'une bauxitisation.

1 – 2 – 8 – 2 Structures vermicelles

Un type de structure qui peut se présenter dans la saprolite par précipitation directe du fer limonitique. Des cavités vermicelles irrégulières se présentent aussi dans les blocs de latérites pisolithiques.

I – 3 PROBLEMES SUR LES LATERITES

Les problèmes sur les latérites sont reliés d'une part aux résultats de travaux de recherches déjà effectués auparavant sur les latérites. En effet, l'inexistence d'une vision commune entre les chercheurs travaillant sur les latérites entraîne une discontinuité, ou parfois redondance de leur résultats de travaux de recherche. D'autre part, d'après les résultats de travaux de recherche effectués par des ingénieurs en génie civil, même si les latérites présentent un important matériau de construction, leur structure et leur texture leur empêchent d'être un bon matériau de construction.

Par ailleurs, le problème de l'utilisation des latérites a été traité aussi sous son aspect agronomique. En effet, les latérites ont un problème de fertilité qui n'est pas strictement lié aux seules caractéristiques intrinsèques du sol, mais tous les facteurs de l'environnement géographique jouent.

Mais d'une manière générale, on peut dire que les latérites requièrent des problèmes à triple face. En effet, à part le problème d'érosion qui est l'une des causes fondamentales de leur formation, il y a également l'insuffisance et la difficulté d'évacuation d'eau sur les terrains latéritiques.

I – 3 – 1 Les problèmes d'érosion [31]

L'érosion des terres est très sensible à la latéritisation ou formation des sols latéritiques. Le phénomène de latéritisation se produit quand un sol ferralitiques lessivé durant la période des pluies est ensuite chauffé par le soleil en saison sèche.

D'après les travaux de recherches effectués par des équipes de chercheurs, l'érosion est un processus complexe vieux comme le monde : il concerne l'arrachement, le transfert et la sédimentation de particules par l'eau, le vent ou la gravité. Depuis l'origine de la terre, l'érosion façonne les reliefs et construit les plaines, lesquelles nourrissent la majorité des populations du monde. Les résultats de ces travaux de recherches ont montré que l'érodibilité des sols dépend de leur mode de formation (pédogenèse), mais surtout de leur texture (lithologie), des matières organiques et de la stabilité de leur structure. Ces deux derniers évoluent avec le mode d'exploitation. Ainsi, la sensibilité des sols à l'érosion peut changer au fil des années (Quantin, Combeau, 1962 ; Roose, 1973, 1980, 1989).

Lutter contre l'érosion est une activité humaine forte ancienne, remise à l'ordre du jour par l'urbanisation incontrôlée et par la mise en culture de terres particulièrement sensibles à ce phénomène. Le couvert végétal et les systèmes de culture sont sans aucun doute les facteurs les plus puissants pour réduire les risques d'érosion (Roose, 1973-77-80-94 ; Fritsch, 1992).

Les origines d'érosions sont:

- L'érosion par l'eau et le vent : ces types d'érosion provoquent divers phénomènes naturels tels que : l'arrachement de matière, le ruissellement, le lessivage des éléments minéraux, la détérioration de la structure du sol, l'acidification, la salinisation, l'engorgement d'eau, l'évaporation intense, la formation de cuirasse latéritique et la désertification ;
- La pression humaine excessive qui se traduise par des pratiques culturelles et autres activités destructrices ou polluantes ne peut qu'aggraver cette dégradation des sols dont le couvert végétal s'amenuise d'année en année ;

A Madagascar, la cause directe de l'érosion est la destruction généralisée de la couverture végétale, en particulier celle de la forêt naturelle climatique, en équilibre avec le climat et les sols : culture itinérante sur brûlis et production illicite de charbon dans toutes les forêts, feux de pâturage et feux sauvages, donc incontrôlés, sur les parcours du bétail, les steppes et les savanes arborées ; exploitation illicite de bois dans les périmètres protégés, les bassins versants et les forêts galeries des cours d'eau principaux ; culture agricole sur pentes sensible sans protection du sol.

- L'érosion en nappe qui consiste en l'enlèvement de tranches horizontales de sols et de la couche humifère, est provoquée sur le sol dénudé ou mal protégé par la végétation. Ensuite par endroit, un fort ruissellement engendre l'érosion en griffe et le ravinement.

Les conséquences de l'érosion sur les terres agricoles se traduisent par la perte en terres et le lessivage des éléments minéraux et organiques fertilisants. Ces phénomènes se soldent par la baisse de productivité des sols déjà à faible fertilité naturelle, entre autres en raison de leur acidité plus ou moins marquée sur une grande partie de l'île (2/3 du total) formée par des sols latéritiques. L'effet se ressent sur les rendements agricoles dans un environnement paysan confronté à diverses contraintes naturelles, sociales, culturelles et économiques : rapport coût de production/intrants défavorable. Dans certaines régions de l'Ouest, la destruction des zones à Raphières ou des forêts galeries pour la riziculture entraîne tant la perturbation des régimes hydrologiques que l'ensablement des rizières, d'où réduction des rendements et abandon des terres.

L'érosion a aussi des impacts sur les infrastructures. L'érosion par lavaka et ravines dans les bassins versants constitue une importante source de sédiments et de sables transportés vers l'aval.

Ce problème d'érosion affecte les infrastructures primordiales pour l'économie du pays. En effet, les routes subissent périodiquement d'énormes dégâts, surtout après le passage successif des cyclones de la saison 1992-1993. L'évacuation des sédiments dans les réservoirs des centrales hydroélectriques doit s'opérer tous les dix ans : ce fut le cas du barrage de la Mandraka dans les années 1980, arrêté pendant six mois pour évacuer quelques 200.000 m³ de sédiments pour un coût de 1,3 milliards de Fmg; il en fut de même en septembre 1994 pour le barrage d'Andekaleka qui a dû suspendre l'approvisionnement en électricité de la zone d'Antananarivo pendant une dizaine de jours.

Finalement, l'effet de l'érosion à Madagascar accroît ainsi les coûts annuels d'entretien et d'investissement de plusieurs dizaines de Milliards de Fmg pour l'ensemble des infrastructures du pays, sans compter les pertes occasionnées par la réduction des capacités portuaires comme celles de Mahajanga (25 % en 15 ans).

II – 1 ENQUETES ET COLLECTE DES INFORMATIONS DISPONIBLES SUR LES LATERITES

II – 1 – 1 Enquête

Des enquêtes auprès des spécialistes, des enseignants, groupes de chercheur, ou des centres de recherches comme l'IRD ont été faite. Ceci afin de clarifier dès le début de notre recherche les actions que nous allons chercher à influencer. Cette étape permet également de mieux cerner l'étude. Elle permet surtout d'éviter la collecte d'informations superflues à la compréhension de notre travail. Ainsi, à partir de la réalisation de cette enquête, nous pouvons choisir les méthodes d'étude adéquates pour mener à bien notre travail de recherche.

II – 1 – 2 Collecte des informations disponibles sur les latérites

Après avoir terminé cette enquête, nous avons recherché tous les documents disponibles sur les latérites auprès des centres de documentation comme le centre de documentation auprès de l'IRD; auprès des bibliothèques privés ou publiques (bibliothèque universitaire, bibliothèque auprès du ministère de mine à Ampandianomby,...) ; recherche sur internet. Ces documents sont de plusieurs types : Thèses, Mémoire, Communication, Publication, journaux scientifiques, Brevets,...

Nous avons passé ensuite sur l'analyse de ces documents afin d'identifier les informations importantes qu'on devrait prendre pour enrichir notre travail de recherche. Cette analyse permet également d'identifier les différents problèmes sur les latérites et permet d'identifier les informations qui devraient constituer notre banque de données.

II – 2 METHODES D'INGENIERIE

II – 2 – 1 La Veille technologique

Dans notre présente recherche, nous allons traiter un système d'information. Donc, il est logique de recourir à la veille technologique. La veille technologique aide beaucoup dans la recherche, la collecte, le traitement, la diffusion, la validation et l'utilisation d'informations. Cette veille technologique peut être utilisée également pour obtenir de bons résultats : par exemple recherche d'une nouvelle approche (commerciale par exemple) de la lutte contre l'érosion, identification des améliorations faites sur le domaine de construction en utilisant les latérites comme matériaux...

- Définition et principes de la veille technologique [37], [9]

Selon M.J. MINOUX, la veille technologique se définit comme étant l'observation et l'analyse de l'évolution scientifique, technique, technologique et des impacts économiques actuels ou potentiels correspondants, pour dégager les menaces et les opportunités de développement.

En se basant sur les points de vue d'experts en veille technologique (Henri Dou, François Jakobiak, Henry Samier ...), on peut en faire sortir la définition suivante : la veille technologique est un ensemble de techniques ou une activité licite qui consiste à observer (surveiller, écouter, regarder) l'environnement scientifique, technique et technologique, afin de repérer, collecter, organiser, analyser, exploiter puis diffuser les informations utiles (stratégiques) qui vont permettre : d'anticiper les évolutions, la sauvegarde et la croissance, la résolution de problèmes industriels, d'aider aux développements techniques.

La veille technologique est également une activité qui met en œuvre des techniques d'acquisition, de stockage et d'analyse d'information concernant un produit ou un procédé, sur l'état de l'art et l'évolution de son environnement scientifique, technique, industriel ou commercial, afin de collecter, organiser, puis analyser et diffuser les informations pertinentes qui vont permettre d'anticiper les évolutions, et qui vont faciliter l'innovation.

La veille technologique peut s'alimenter de données provenant de tous types de sources, certaines méthodes de collecte ou certaines sources étant du domaine de compétence de spécialistes.

Pour réaliser les différentes actions présentées dans cette définition (surveiller, collecter, organiser, analyser, diffuser, anticiper, innover), la mise en place d'une veille technologique dépend des moyens techniques et humains mis à disposition. Notons également que les sources d'information exploitées sont importantes dans une démarche de veille technologique puisque les résultats qui seront obtenus dépendent fortement de leur qualité générale ou de leur pertinence spécifique vis-à-vis du sujet.

La pratique de la veille technologique pour la constitution de la banque de données pluridisciplinaires sur les latérites devrait se porter sous forme textuelle car la plupart des informations sur elles se présentent sous cette forme.

II – 2 – 2 La méthode MERISE [14], [19]

Tout d'abord, la MERISE est une méthode d'ingénierie utilisée pour la conception et la réalisation de système d'information. Constituée d'une méthode de résolution de problèmes informatiques, actuellement, elle est largement utilisée dans les administrations et les entreprises de toutes tailles dans la conception d'une base de données.

La MERISE est une méthode de conception et de développement de système d'information. Cette méthode vise à déterminer toutes les informations dont une entreprise a besoin pour assurer toute ou une partie de ses activités fondamentales ; que ces informations soient utilisées manuellement ou automatiquement, quels que soient les lieux de production, de consommation, ou encore les acteurs impliqués.

Une méthode d'analyse MERISE est avant tout une méthode ou plus exactement une démarche de construction de système d'information. Un aspect important de MERISE consiste à mener de front l'étude des données et celle des traitements. L'étude de données consiste à modéliser le réel sans préjugés des traitements qui seront faits sur les données perçues à travers cette modélisation. Pour l'étude de traitements, elle consiste à abstraire le réel existant pour arriver à une formalisation conceptuelle des processus dans laquelle on injecte des choix organisationnels pour définir les traitements futurs.

II – 2 – 2 – 1 Les démarches de la MERISE

La démarche de MERISE se fait selon trois axes : le cycle d'abstraction, le cycle de vie et le cycle de décision. Notons que ces trois cycles se déroulent simultanément.

- **Le cycle d'abstraction :**

Pour modéliser un système d'information, MERISE utilise trois formalismes correspondant aux niveaux conceptuel, organisationnel et opérationnel et s'appliquent aux traitements et aux données.

- **Le cycle de vie :**

Le cycle de vie comporte trois grandes étapes :

- ***La conception*** ou période d'étude de l'existant puis du système à mettre en place ;
- ***La réalisation*** qui recouvre la mise en œuvre et l'exploitation ;
- ***La maintenance*** qui permettra au système d'évoluer et de s'adapter aux modifications de l'environnement et aux nouveaux objectifs jusqu'au moment où il ne sera plus capable de s'adapter et devra laisser la place à un nouveau système.

- **Le cycle de décision :**

La hiérarchie de MERISE afin de prendre une décision est la suivante :

- Découpage du système d'information ;
- Planification du développement ;
- Choix entre procédures manuelles et automatisées ;
- Choix entre procédures temps réel et automatisées.

La caractérisation de la MERISE peut se faire aussi par une double démarche :

- **La démarche par étape :** cette démarche a pour objectif la hiérarchisation des décisions devant être prises au cours de la conception, du développement, de la mise en œuvre du nouveau système d'information, mais aussi lors de l'évolution du système qui sera mise en place ;
- **La démarche par niveau :** celle ci consiste à la formalisation du futur système sous ses différents aspects (conceptuel, organisationnel et technique).

II – 2 – 2 – 2 La conception de la MERISE

La conception comprend 5 étapes : analyse, formalisation, énoncés, vérification de correspondance et schéma. Le schéma comprend 3 niveaux : conceptuel, organisationnel ou logique et opérationnel ou physique.

On peut schématiser ces démarches de conception par la MERISE comme suit :

ANALYSER

Spécification des données

FORMALISER

ENONCER

Traitement

Données

SCHEMATISER : Conceptuel ; Logiciel; Physique

Figure 1 : démarche de conception par la MERISE

Le tableau ci – dessous résume ces différentes étapes de la conception par la MERISE:

Tableau 3: Les étapes de la conception [19]

Etapes	Opérations
Etape 1	Analyser et délimiter dans le monde réel observé les éléments présentant un intérêt pour la situation étudiée.
Etape 2	Grouper les éléments retenus en un ensemble structuré et formalisé. Cette opération évoque le choix d'un modèle de données.
Etape 3	Enoncer la structure retenue par un langage de description de la base de données à communiquer à autrui.
Etape 4	Vérifier la correspondance de la description élaborée aux besoins des applications.
Etape 5	Elaborer les schémas de la base de données.

II – 2 – 2 – 3 Elaboration du schéma conceptuel des données ou du Modèle Conceptuel des Données (MCD) [14], [19]

La formalisation des données, au niveau conceptuel, constitue le modèle conceptuel de données du système d'information.

Le schéma conceptuel de données correspond à la description du contenu de la base de données comme résultat de l'analyse et de la conception d'un système d'information automatisé. L'objectif de ce niveau est de satisfaire à la limitation de la redondance.

Les expressions des besoins, des traitements et la construction du schéma de la base constituent les étapes principales dans le schéma conceptuel de données. C'est un travail qui consiste à recenser premièrement les besoins des utilisateurs, à énumérer ensuite les résultats demandés par ces utilisateurs, et à énumérer enfin les rubriques composant chaque résultat. Concernant l'étape d'expression des traitements, il faut exprimer de façon exhaustive le mode de calcul de chaque rubrique de résultat.

La connaissance des rubriques à enregistrer dans la base de données permet d'élaborer le schéma conceptuel de la base de données. Au niveau conceptuel, l'objectif est de mettre en évidence les rapports ou les liens instantanés entre les données et schématiser ces liens avec les règles de gestion appliquée. Pour cela, on se réfère à un formalisme appelé formalisme individuel comportant trois concepts de base : entité, relation et propriété.

Entité ou individu :

C'est la représentation dans le système d'information d'un objet matériel ou

immatériel de l'univers extérieur.

Relation :

C'est la prise en charge par le système d'information du fait qu'il existe une association entre des objets de l'univers extérieur. L'expression « Jean est marié à Denise » est exprimée par la relation « est marié » et elle constitue une association entre les entités Jean et Denise.

Propriété :

C'est une rubrique attribut d'une entité ou d'une relation. Une propriété peut être élémentaire ou concaténée, mémorisée ou calculée.

Pour compléter ces trois concepts principaux, il y a la notion de **types et occurrences**. Tout d'abord, un **type** est un ensemble d'éléments ayant les mêmes caractéristiques et une **occurrence** d'un type est un élément particulier appartenant à cet ensemble.

Entité – type :

C'est une classe d'entités particulières ayant des propriétés analogues.

Occurrence d'entité – type :

C'est une entité particulière appartenant à ce type.

Exemple : CLIENT est une entité – type.

Client DURAND et Client DUPONT sont des occurrences de cette entité – type.

L'identifiant ou clé d'identification permet de distinguer une entité particulière de toute autre entité de même type. C'est une propriété qui caractérise chaque occurrence de l'entité – type.

Exemple : Le code client est l'identifiant de l'entité – type CLIENT. Les clients de codes A01 et A02 constituent des occurrences distinctes de CLIENT.

Relation – Type :

C'est une relation ou association entre plusieurs entités – types. Cette relation a une dimension qui est le nombre d'occurrences d'entité concernées par une occurrence de la relation – type. Cette dimension est supérieure ou égale au nombre d'entités de la collection.

Exemples : - Livre	Ecrit par	Auteur
Collection : livre, Auteur		(deux entités types)
Dimension = 2		
Personne	est marié à	(une relation réflexive)
Collection : Personne (une entité type)		
Dimension = 2		

Il faut deux occurrences de la relation personne pour une occurrence de la relation

« est marié à » (il faut être deux pour se marier).

Une relation de dimension 2 s'appelle **une relation binaire**.

Fonctionnalité :

On définit la fonctionnalité d'une relation par rapport au type de lien entre deux entités X et Y de la relation. On distingue les relations :

◦ **1 à 1 notée (1 – 1) :**

A toute occurrence de X ne correspond qu'une seule occurrence de Y et réciproquement.

Exemple : Homme est marié à Femme : un homme n'est marié qu'à une femme et une femme n'est mariée qu'à un homme.

◦ **1 à plusieurs notée (1 – n) :**

A toute occurrence de X correspond une ou plusieurs occurrences de Y et à toute occurrence de Y une seule de X.

Exemple : Livre Ecrit par Auteur : Un auteur a écrit un ou plusieurs livres mais un livre a été écrit par un seul auteur.

◦ **Plusieurs à plusieurs notée (m – n) :**

A toute occurrence de X correspond une ou plusieurs occurrences de Y et réciproquement.

Exemple : Client Commande Produit : un client peut commander plusieurs produits et chaque produit peut être commandé par plusieurs clients.

Cardinalité :

La cardinalité d'une entité d'une relation mesure le minimum et le maximum, notés respectivement m et M, de participation des occurrences. On note la cardinalité par le couple (m, M).

Le tableau suivant nous résume la décomposition des phases de la construction du schéma conceptuel des données.

Tableau 4 : Résumé de la construction du schéma conceptuel des données [19]

Phase	Opérations
1	Regroupement des rubriques décrivant les mêmes objets en entités.
2	Détermination de la référence ou l'identifiant de chaque classe d'entités.
3	Analyse des possibilités de liaison ou relation, c'est – à – dire, détermination des classes d'entités qui peuvent être reliées. Notons que les relations dépendent des calculs à réaliser.
4	Définition de l'identifiant de chaque relation comprenant au moins les références des classes d'entités composant la liaison.
5	Analyse de la cardinalité de chaque liaison.
6	Proposition d'une description du schéma conceptuel des données ou MCD de la base de données.

II – 2 – 2 – 4 Elaboration du schéma logique des données ou du Modèle Logique des Données (MLD) [14], [19]

L'élaboration du schéma logique des données sera faite après validation du schéma conceptuel des données. Ce schéma prend en compte les contraintes d'accès imposées par la nature des applications à considérer. En effet, le schéma logique des données est une traduction directe du schéma conceptuel des données avec une solution encore générale permettant une portabilité ultérieure vers plusieurs logiciels. On s'intéresse aux performances du traitement au niveau logique des données. Pour ce faire, on améliore d'abord le schéma conceptuel des données par réexamen de chaque relation et notamment la stabilité de leur cardinalité.

Concernant la cardinalité, on peut envisager les transitions suivantes :

(1, n)

(1,1)

(N, N)

(n, 1)

Figure 2 : Cardinalité

Le concepts RECORD/SET ou Enregistrement/Liens :

Pour traduire le schéma conceptuel au plan logique, on utilise le concept RECORD/SET dans la constitution du MLD.

- Le RECORD (REC) ou Enregistrement :

Ceci correspond à la notion d'entités et il possède des occurrences. La clé de ce RECORD qui est une propriété permet d'identifier de façon unique le RECORD.

- Le SET ou Lien :

Le SET est défini par la relation entre deux RECORD, l'un de ces deux RECORD étant PROPRIETAIRE et l'autre MEMBRE. Le SET correspond à la relation binaire non porteuse de propriétés.

CLASSE
N°Classe

REC PROPRIETAIRE

REC MEMBRE

Le SET étant élève a pour REC PROPRIETAIRE CLASSE et pour REC MEMBRE ELEVE.

Les règles pour la traduction d'un modèle conceptuel en modèle logique sont les suivantes :

- Règle sur les entités : chaque entité devient un RECORD et son identifiant sera la CLE.
- Règle sur les relations : trois cas sont à considérer :

- Pour une relation binaire de type PERE – FILS, les cardinalités d'au moins une des entités de la relation binaire prennent les valeurs (0,1) ou (1,1).

Exemple : cas où un professeur n'enseigne qu'une et une seule matière.

ENSEPROFESMATIERE
NombNom ProNom Matière

(1,1) (1,n) (1,n) (1,n)

La relation se transforme en un SET.

- Pour les relations binaires de type autre que PERE – FILS avec cardinalités (0,n) ou (1,n) ($n > 2$) pour les deux entités de ces relations : la relation donne alors naissance à un RECORD et deux SETS. La relation qui lie les REC – PROPRIETAIRE déduits des objets initiaux au REC – MEMBRE. Si la relation comporte des propriétés, celles-ci se joignent au REC – MEMBRE. Sinon, le REC – MEMBRE devient un REC – VIDE de propriétés simplement destiné à matérialiser la relation, on parlera de PSEUDO – RECORD.

Exemple :

MPCLASSE
NNN° Classe

On obtient ensuite :

MP/CLASSE

NNN° Classe

Programme Programme

- Pour les relations de dimension >2 , on utilise la règle générale sur les deux cas précédents. Un REC – MEMBRE et des SETS se pointant vers le REC. Cette création permet de lier les REC – PROPRIETAIRES aux REC – MEMBRES créés. Lorsque la relation ne porte pas de propriété, le REC – MEMBRE créé sera un PSEUDO – VIDE.

Exemple :

CLASSE

COURS

N° Salle

(0,n)

(1,n)

MATIERE

On obtient:

CLASSE

COURS

N° Salle

MATIERE

II – 2 – 2 – 5 Elaboration du schéma physique des données [19], [11]

Ceci concerne sur l'adaptation de la base de données en tenant compte des caractéristiques techniques du système de gestion de base de données utilisé.

II – 2 – 3 Les modèles de données [19]

C'est un ensemble de concept et de règles d'utilisation, au moyen desquels on peut structurer un ensemble de données. On distingue en général quatre types de modèles de données :

- **Les modèles inversés**
- **Les modèles hiérarchiques** sont utilisés pour structurer un ensemble de données en un réseau réunies par des liens hiérarchisés.
- **Les modèles réseaux** qui structurent un ensemble de données d'un certain niveau en un réseau d'entités de niveau supérieur par des liens.
- **Les modèles relationnels** permettent de structurer un ensemble entités – relations en un ensemble de relations.

II – 3 MATERIELS UTILISES

II – 3 – 1 Le logiciel MICROSOFT ACCESS

Pour la réalisation de ce présent mémoire, nous avons largement utilisé le

logiciel Microsoft Access. Rappelons que c'est un Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles (SGBDR) qui a été produit par Microsoft Corporation. Il est à la fois simple et complexe : il est simple comparé à des puissants programmes de gestion de bases de données comme SQL serveur ou Oracles, mais il devient complexe si on le compare à Word et Excel.

a) Choix du Microsoft Access

Microsoft Access est composé de six types d'objets distincts : les tables, les requêtes, les formulaires, les états, les macros et les modules.

Plusieurs raisons nous ont incitées à choisir Microsoft Access pour la réalisation de ce travail :

- ✓ Il est puissant et facile à utiliser ;
- ✓ Il contient des fonctions d'échange de données capables de manipuler de nombreux formats de fichiers de programmation puissant pour le développement de véritables applications, et offre la possibilité de créer automatiquement des requêtes SQL (Structural Query Language) ;
- ✓ Il exploite également toutes les possibilités de Windows telle que les liens hypertextes pour pouvoir accéder aux documents des autres applications comme MS WORD, MS EXCEL et réciproquement, l'utilisation des polices, la compatibilité avec les imprimantes ;
- ✓ Le compagnon d'office est toujours présent pour guider l'utilisateur.

b) Quelques caractéristiques de Microsoft Access

MS ACCESS fonctionne normalement sur le micro – ordinateurs équipés d'un 486 DX au moins et de Windows 95/98 ou de Windows NT ou de Windows XP.

Les principales caractéristiques de MS ACCES sont :

- ✓ Une base de données peut contenir jusqu'à 32768 tables et 32768 requêtes ;
- ✓ Une table peut renfermer 255 champs et 32 index ;
- ✓ Une requête peut se baser sur 16 tables et contenir 255 champs ;
- ✓ Les formulaires et les états peuvent être imbriqués sur trois niveaux ;
- ✓ Un état peut contenir jusqu'à 65536 pages ;
- ✓ Une macro peut contenir 999 actions.

Concernant le logiciel MS ACCESS, il existe plusieurs versions actuellement, comme la version 97, version 2000, version 2003 et version 2007.

II – 3 – 2 Le logiciel WIN DESIGN

L'utilisation de la méthode MERISE nécessite ce logiciel. En effet, dans cette méthode, il y a la transformation du Modèle Conceptuel de données (MCD) en Modèle Logique de Données (MLD). Dans ce cas, on utilise ce logiciel.

III – 1 UTILISATION DES LATERITES EN TANT QUE MATERIAUX DE CONSTRUCTION

C'est essentiellement dans le domaine du génie civil que la latérite trouve une large application. Parmi cette large application, il y a la construction des routes, de barrages en terre, la production de briques d'adobe, de briques pressées stabilisées ou non, du pisé (« tamboho »), de peintures...

Notons dans le début de ce chapitre que l'un des avantages essentiels du matériau latéritique est sa faible possibilité de gonflement à l'eau, ce qui en fait un excellent produit de compactage, surtout quand il n'est pas trop sableux.

III – 1 – 1 Utilisation de la latérite dans le domaine de la construction [37], [15], [23], [30]

Les latérites constituent un des matériaux de construction les plus importants. A l'origine, les cuirasses ont été largement utilisées dans la construction de monuments et d'habitations. Certains mégalithes africains sont aussi d'origine latéritique. En plus, il semble que les latérites indurées aient été employées comme matériau de construction, cette utilisation est très généralisée en Inde et en Thaïlande. Par ailleurs, le temple d'Angkor Vat est construit en latérites.

Concernant l'utilisation des latérites dans le domaine de construction, il y a :

- Les latorex : latérite + chaux (comprimé) 100°C latorex
- Le ciment pouzzolanique est un liant pouzzolanique de synthèse élaboré à partir des latérites calcinées en moyenne température ;
- La construction traditionnelle : confection des murs traditionnels ou « tambohon'ny Ntaolo », l'enduit traditionnel fabriqué à partir des latérites additionnés par des gros sable et de bouse de vache, la fabrication des blocs,...

Concernant les constructions traditionnelles en terre crue à Madagascar, elles sont toutes à base de latérite mélangée à la bouse de zébu, ou additionnée de blanc d'œuf, ou mélangée de la paille et de bouse de zébu, ou mélangée avec de tronc de banane et de la bouse de zébu.

Nous avons dit auparavant que les structures et les textures des latérites leurs empêchent d'être un bon matériau de construction. Pour améliorer, les spécialistes travaillant sur ce domaine ont utilisé des stabilisants. Parmi ces types de stabilisants, il y a les stabilisants traditionnels, stabilisants organiques et chimiques.

Rappelons ici tout d'abord que la stabilisation consiste à modifier les propriétés du

système terre – eau – air pour obtenir des propriétés permanentes compatibles avec une application particulière. La stabilisation permet :

- D'obtenir une meilleure caractéristique de la latérite : augmenter la résistance à la compression sèche et humide, la résistance à la traction et au cisaillement,
- Obtenir une meilleure cohésion de la latérite,
- De réduire la résistance et les variations de volume : gonflement et retrait à l'eau ;
- D'améliorer la résistance à l'érosion du vent et de la pluie : réduire l'abrasion de surface et imperméabiliser.

Il existe trois types de stabilisation en général:

- La stabilisation mécanique modifie les propriétés de la terre en intervenant sur sa structure ;
- La stabilisation physique modifie les propriétés de la terre en intervenant sur sa texture ;
- La stabilisation chimique ou organique consiste à additionner à la terre d'autres matériaux ou produits chimiques pour modifier ses propriétés.

Les différents types de stabilisants [15], [13] :

- Les stabilisants organiques : ce sont des produits chimiques d'origine organique ayant des caractères chimiques susceptibles à modifier ou agir sur les matériaux à stabiliser ;
- Les stabilisants minéraux : des produits chimiques d'origine minérale dont leurs propriétés chimiques leur permettent de stabiliser les matériaux. Parmi ces types de stabilisants, il y a :
 - la stabilisation au ciment qui modifie la granularité du sol et réduit sa sensibilité à l'eau ;
 - la stabilisation à la chaux rend le sol moins plastique et acquiert une meilleure teneur d'eau ;
 - la stabilisation par géopolymérisation permettra d'activer la kaolinite dans le sol et de la transformer en un composé tridimensionnel ayant une structure proche du matériau géopolymère.

Notons que les géopolymère sont basés sur des alumino-silicates désignés sous le terme poly (sialate), qui est une abréviation de poly (silico-oxo-aluminate) ou (-Si-O-Al-O-) n (soit n le degré de polymérisation). Ils sont généralement réciproques des polymères

organiques. À la place de dérivés du pétrole et de la chaîne carbonée, on utilise de la matière minérale composée de silice et d'alumine. Cette géosynthèse a des propriétés similaires aux plastiques, mais ils n'ont aucun solvant dangereux. Ils ne brûlent pas et ne dégagent pas de gaz ni de fumées toxiques. Comme une pierre, ils résistent aux agressions chimiques, à l'érosion du temps et permettent une production non polluante.

L'utilisation du stabilisant géopolymère pour la fabrication du brique géopolymère, produite à partir du mélange de terre d'argile latéritique avec de liant géopolymère, permet d'obtenir un type de brique à technologie idéale de construction. Cette brique offre de très nombreuses caractéristiques conformes aux attentes des populations. Les importances de cette brique sont :

- Cuite à 85°C, elle est stable à l'eau et a une résistance suffisante pour en faire un mur ;
- Cuite à 250°C, elle résiste au gel ;
- A 450°C, sa résistance augmente encore et permet de fabriquer des éléments de structure comme les poutres pour les portes et fenêtres ;
- Par rapport à une brique traditionnelle cuite à environ à 1000°C, cette brique consomme en moyenne huit fois d'énergie pour une résistance équivalente ;
- Contrairement à une briqueterie traditionnelle, elle nécessite moins d'équipements et moins chère à produire ;
- Une briqueterie traditionnelle doit avoir une certaine taille avant d'être rentable, alors que cette brique peut être produite par des petites briqueteries du village ou de la petite ville avec moins d'équipements et de charges financières ;
- Transfert de chaleur : Une maison construite avec cette brique sera naturellement climatisée et plus fraîche. Ceci est dû au rôle de climatiseur lié à la caractéristique physico – chimique essentielle de géopolymère. Ces géopolymère ont des propriétés zéolitiques, c'est – à – dire la propriété de respirer, être en équilibre hygrométrique constant avec l'habitation afin de devenir un excellent matériau d'isolation contre la chaleur. En effet, ces briques absorbent la vapeur d'eau, la nuit, elles emmagasinent l'humidité de condensation de l'air extérieur. Il y a évaporation, donc abaissement de la température du matériau, refroidissement de l'habitation et isolation contre la chaleur.

Sur l'utilisation du stabilisant organique, on va prendre comme exemple la construction des murs traditionnels malgaches ou « tambohon'ny Ntaolo ». Pour construire ces murs, nos ancêtres ont suivis les modes opératoires suivants :

- Ils ont utilisé les latérites dans leur localité ;
- Ils arrosent le tas des latérites remuées par l'eau ;
- Ensuite, ils piétinent le tas arrosé en utilisant des bœufs et le piétinement se fait tout en ajoutant de l'eau, jusqu'à ce que le matériau devienne une pâte très visqueuse rendant difficile le déplacement des bœufs. Ils confectionnent ensuite des murs, étape par étape (une étape est constituée de couche de hauteur moyenne 75 cm), en utilisant cette boue visqueuse.

Des nombreux méthodes sont donc utilisées pour stabiliser les latérites afin d'améliorer leurs utilisations comme matériaux de construction. Parmi ces méthodes, il y a la stabilisation des latérites avec les liants ciments, silice active additionné de l'urée, géopolymère, de la latorex, du ciment pouzzolanique ou ciment alternatif,...

III – 1 – 2 Utilisation de la latérite dans le domaine routier [15], [22], [24]

Rappelons que les latérites sont très abondantes dans les régions tropicales. Cette abondance leur rend nécessaire dans le domaine de construction des routes. On peut les utiliser soit comme couche de base, soit comme couche de fondation sur ce domaine.

Elles peuvent être utilisées comme couche de base en les stabilisants mécaniquement, et comme couche de fondation après stabilisation mécanique et physico – chimique à froid.

Les types de stabilisants routiers utilisés sont tous des produits chimiques de nature organique et ont pour objectif de modifier les propriétés physico – chimiques des matériaux traités. Ceci afin d'obtenir une performance mécanique. Parmi ces types de stabilisants, il y a :

- TOP SIL : un type de stabilisant d'origine Sud Africaine ;
- La rhéolite : un type de stabilisant d'origine Américaine. C'est un liquide violet noirâtre qui est peu visqueux ;
- Le Road amine : un produit d'origine Sud Africaine. C'est un liquide rosâtre très visqueux ;
- Le CON AID CBR PLUS : un produit vendu sous forme de liquide de couleur brun ; il est très concentré et visqueux. Le dosage moyen recommandé dans la

construction routière est compris entre $0,0250\text{l/m}^2$ et $0,0300\text{l/m}^2$ avec une épaisseur de 15 cm de plateforme ;

- L'Ecobond Soil Stabilizer : un produit vendu sous forme de pack de 4 produits de nature différente dont les 3 premières formes sont en liquide de couleur et viscosité différentes et la quatrième sous forme de granule ;
- L'Adjuvant (Néantol) : un produit fabriqué en Italie, vendu sous forme de poudre très fine de couleur blanc caché ;
- Le CONAID CBR + modifie la nature hydrophile (affinité pour l'eau) des matériaux en les rendant hydrophobe (refus de l'eau).

Le tableau suivant nous montre quelques applications sur chantier de ces stabilisants à Madagascar :

Tableau 5 : Applications sur chantier des liants utilisés dans le domaine routier à Madagascar.
[24]

Liants	Chantiers	Entreprises
CONAID CBR +	<ul style="list-style-type: none"> • Ambositra – Andina (PK 4 + 395) • Ambositra – Imady (PK6 + 330 – PK7 + 300) • Andina – Ihadilanana 	EGECORAM E.M.R
ROADAMINE	<ul style="list-style-type: none"> • Chantier sur la RN3 Talata Volonondry – Ankazobe, • RN44 PK42 + 200 au PK54 + 800 	
ISS 2500	<ul style="list-style-type: none"> • Couche de fondation route Mahazoarivo – Tana 	
SUPERSOL	<ul style="list-style-type: none"> • Chantier Miarinarivo 	

TOP SIL	<ul style="list-style-type: none"> • RN45 Alakamisy – Vohiparara PK12 + 100 • RNS45 PK0 +00 au PK24 + 00 	DECAGON Société Nouvelle de Construction
---------	--	---

Actuellement, en vue de la construction de routes et de barrage en terre, les études de génie civil portent sur les limites d'Altenberg de ces matériaux (latérites). La majorité des routes tropiques sont en latérites concrétionnées.

III – 2 UTILISATION EN CERAMIQUE ET EN METALLURGIE [15]

La latérite peut servir à la fabrication des briques réfractaires, des carreaux ou même de poterie où la couleur a une importance primordiale et à la synthétisation des zéolites.

Concernant son utilisation métallurgique, plusieurs métaux rares et nobles peuvent être extraits à partir des latérites. Parmi ces métaux, il y a l'Aluminium, le chrome, le magnésium, le mercure et le titane. Par ailleurs, la latérite peut être aussi utilisée pour fabriquer des moules de fonderie comme filler additif dans la fabrication des métaux, résines et plastiques.

III – 3 LATERITES ET PROSPECTION MINIERE [16], [25], [17]

La connaissance des différents types de sols existant à Madagascar nous aidera à identifier facilement les intérêts des latérites sur le secteur minier. Nous avons déjà mentionné auparavant que les latérites constituent les principaux types de sol existant à Madagascar, surtout sur les hauts plateaux. Un tableau montrant l'intérêt des latérites pour le secteur minier est donné ci – après (Tableau 6).

Tableau 6: Exploitations du nickel à partir des latérites à Madagascar [5], [16]

Richesses	Localisations	Types de sol	Rentabilité
Nickel, Cobalt	Ambatovy, Analamay	Latérite	Un des plus grands projets miniers à Madagascar actuellement, avec un taux de rentabilité financière (TRF) égal à 16,5 % et un taux de rentabilité économique (TRE) égal à 19,2 %. Ce projet est

			actuellement sur la phase de construction. Concernant sa phase d'exploitation, elle débutera en 2010.
	Valozoro (au Nord de Fianarantsoa)	Péridotite serpentinisée et latéritisée	taille moyenne : 65 000 t Ni métal. Un gîte relativement isolé, loin du port de Toamasina et non desservi par le réseau ferroviaire.
	Secteur Lac Alaotra Ambatomainty	Profil latéritique presque complet	Un petit gisement nickélière dont le tonnage de minerai est très limité.
	Analalava	Latérites	La teneur en Ni est de l'ordre de 0,8 %.
	Lentilles de la Haute Anony	Latérites	Faible valeur : teneur en Ni variant de 0,5 à 2,6 %.
	Nickelville	Latérites	6 300 t de nickel métal estimé pour une teneur du minerai de 1,3 % Ni.
	Antsevabe	Latérites	
	Ouest Mandritsara	Latérites	Les teneurs en nickel des latérites sont importantes (1,5 à 3%) mais le volume minéralisé est trop faible pour constituer un gisement exploitable.
	Mananara	couvertures latéritiques	Superficies minéralisées insuffisantes pour présenter un intérêt économique
	Ampasary, Manama et Maevatanana.	Zones latéritiques	Ne présentent pas d'intérêt économique.
	Bekodoka	Sol latéritique	Les latérites de surface, titrant au maximum 1% Ni et les serpentinites ne paraissent pas en général enrichies en nickel, les teneurs maximales s'établissant autour de 4 000 - 5 000 ppm.

La région du lac Alaotra a été bien prospectée, mais aucun gisement de nickel latéritique d'importance économique n'a pu être mis en évidence. On peut donc considérer que cette région ne contient aucun gisement d'importance économique.

Le gisement de Moramanga (amas d'Ambatovy et d'Analamay), est de taille mondiale puisqu'il représente, selon la teneur de coupure choisie, un tonnage métal de 0,57 à 1,25 Mt de nickel, de 48 à 119 kt de cobalt, pour un mineraï tout-venant titrant 1,44 à 1,26 % Ni et 0,12% Co. Ce gisement s'apparente à certains gisements exploités dans le monde (en Grèce par exemple) et il bénéficie d'un certain nombre d'atouts particulièrement favorables : disponibilité de l'énergie électrique grâce à l'équipement hydroélectrique d'Andekaleka, disponibilité de l'eau en abondance,...

Notons qu'en raison de sa résistance à la corrosion, le Nickel est surtout utilisé comme élément d'alliage. Les secteurs suivants l'utilisent : la métallurgie ferreuse (plus de 60% du marché), la métallurgie non ferreuse (production de super-alliages résistant au fluage et aux hautes températures, les alliages cuivreux ou non ferreux à base de Cu, Zn, Sn (cupro-nickel, maillechort.), divers autres débouchés comprenant le nickelage, la monnaie et divers usages tels que les catalyseurs, les émaux, les batteries au nickel-cadmium...

Les minéraux essentiellement extraits à partir des latérites sont : le Nickel, le Cobalt, le fer, l'aluminium, le Titane et le Manganèse. Des pierres précieuses peuvent être extraites dans les régions où il y a des latérites. Elles seront données en Annexe 1.

III – 4 VALORISATION CHIMIQUE DES LATERITES [1]

Des matériaux identifiés sur le terrain comme de la latérite ont une grande variété de caractéristiques chimiques. La haute teneur, soit en fer, soit en aluminium ou les deux à la fois, constitue un trait commun à toutes les latérites. L'objectif des chimistes sur les latérites est d'étudier leurs réactions chimiques en vue d'une extraction éventuelle de nickel, d'aluminium, de cobalt et d'oxyde de fer.

Les résultats d'une analyse chimique de quelques échantillons de latérite de Madagascar ont permis d'affirmer que :

le pourcentage en Fe_2O_3 varie de 8 à 26% selon le gisement. Cet oxyde de fer est en grande partie à l'extérieur de la structure de la kaolinite.

La teneur en Al_2O_3 libre varie de 0 à 32% quand l'alumine est présente ; elle est

également à l'extérieur du réseau de la kaolinite.

- La valorisation chimique des latérites se résume en extraction et récupération de l'oxyde de fer et de la kaolinite. Mais elle peut être aussi valorisée chimiquement pour élaborer de liant pouzzolanique à moyenne température.

III – 4 –1 Extraction et récupération de l'oxyde de fer

La couleur rouge des sols ferralitiques est due à la présence d'oxyde de fer libre. Pendant plusieurs jours, une attaque de la latérite par l'acide chlorhydrique permet d'extraire cet oxyde de fer.

L'oxyde ferrique (Fe_2O_3) ainsi extraite, peut être utilisé comme pigment et comme une matière première de base dans la fabrication du fer par réduction à l'oxyde de carbone.

L'alumine présente dans la solution chlorhydrique peut aussi être récupérée.

III – 4 –2 Récupération de la kaolinite

La kaolinite est un silicate d'alumine. Elle peut donner de la silice et du sulfate d'Alumine pur qu'on utilise dans le traitement de l'eau.

Les utilisations des oxydes de fer, de la silice et de l'alumine sont très nombreuses

III – 5 LATERITES ET AGRICULTURES

Tout d'abord, le problème de fertilité des latérites n'est pas strictement lié aux seules caractéristiques intrinsèques du sol, mais tous les facteurs de l'environnement géographique jouent un rôle. De ce fait, il faut distinguer le rôle du climat à celui de la végétation et les données propres aux profils.

Rôle du climat sur la fertilité des latérites :

Les conditions climatiques influent plus ou moins sur la fertilité des sols. Pour les latérites, ils se développent sous climats tropicaux et équatoriaux subhumides et humides. Donc sur les latérites, l'humidité supérieure à 1 000 mm/an et la température élevée sont des facteurs éminemment favorables au développement de la végétation. Ainsi, lorsque l'humidité est bien répartie au cours de l'année, il en résulte une bonne alimentation en eau des plantes,

qui tendent à développer leur système végétatif. Par contre, une pluviométrie trop bien répartie correspond fréquemment à un manque d'ensoleillement qui limite certaines productions. La pluviométrie élevée favorise le lessivage vertical et latéral des cations et des éléments colloïdaux dans les horizons supérieurs qui sont souvent très appauvris.

Rôle de la végétation sur la fertilité des latérites :

Les apports organiques sont très importants en surface avec des conséquences importantes sur la nutrition. En effet, lorsque les peuplements sont peu dégradés, ils offrent une protection très marquée vis – à – vis de la température et de l'érosion.

Sur les latérites, la matière organique est limitée à une couche très peu épaisse qui se dégrade rapidement selon la culture. Cette matière organique est la source de nombreux parasites animaux et végétaux. Aussi, une végétation trop dense élève le prix du défrichement indispensable avant culture. Il faut aussi recouvrir rapidement le sol après défrichement pour éviter un trop grand dessèchement, une trop forte minéralisation et le développement du processus d'érosion. Enfin, cette matière organique est souvent détruite par le feu.

Enfin, une étude très récente menée par un ingénieur Génie Chimique de L'ESPA ([15]) à trouver que grâce à sa faculté de libérer des éléments nutritifs, la latérite peut être utilisée comme engrais. Elle a aussi une grande capacité à emmagasiner l'eau et les éléments fertilisants.

III – 6 L'EROSION [31]

Lutter contre l'érosion est une activité humaine forte ancienne, remise à l'ordre du jour par l'urbanisation incontrôlée et par la mise en culture de terres particulièrement sensibles à ce phénomène. Le couvert végétal et les systèmes de culture sont sans aucun doute les facteurs les plus puissants pour réduire les risques d'érosion (Roose, 1973-77-80-94 ; Fritsch, 1992).

Diverses techniques antiérosives ont été testées en parcelles sur versants : elles ont pour effets de freiner les eaux de ruissellement à travers une bande enherbée (Roose et Bertrand, 1971; Boli et al. 1993; De Noni et Viennot 1993).

ROOSE Eric avait noté dans sa recherche intitulée « Proposition d'une nouvelle stratégie de la lutte antiérosive pour Madagascar » qu'on retrouve sur tous les continents (et dans La Grande Ile) toute une série de stratégies de lutte antiérosive (LAE) adaptées aux

conditions socio-économiques des sociétés rurales. L'objectif de cette recherche était de valoriser la terre et le travail, tout en améliorant l'environnement rural (développement durable). Ceci pour gérer à la fois les eaux de surface, les matières organiques et les nutriments : augmenter la production de biomasse pour mieux couvrir les sols et réduire les risques de fuite et les déséquilibres du bilan des nutriments organiques et minéraux.

Une des solutions les plus utilisées à Madagascar pour protéger les terrains contre l'érosion consiste à reboiser. L'enracinement puissant des arbres les rend capables de prélever dans les horizons profonds du sol les nutriments entraînés par les eaux de drainage au-delà des racines des cultures ou les cations issus de l'altération des roches.

Dans notre recherche, notre suggestion pour lutter contre ce problème d'érosion est d'orienter les hommes à pratiquer des cultures rapportant des valeurs industrielles. Dans ce cas, on devrait faire une recherche de développement intégré, c'est – à – dire, existence d'une possibilité d'exploitation. En prenant par exemple le reboisement des sapins et d'eucalyptus, leurs feuilles pourront être utilisés à résoudre le problème énergétique qui existe actuellement.

Plusieurs approches peuvent être envisagées :

a) Reboiser le jatropha en terrain latéritique

Un certain nombre d'expériences ont été réalisées avec le Jatropha à Madagascar. Leurs racines sont fortes et profondes et son tronc constitue un réservoir d'eau. Donc, il est capable de résister à des périodes de sécheresse prolongée. De plus, le Jatropha n'est pas exigeant par rapport à la qualité du sol, il pousse même sur les terres dégradées.

- Multiplication du jatropha :

La meilleure façon de multiplier le Jatropha dépend des conditions climatiques : Sur les Hauts Plateaux et dans les régions plus arides du Sud de Madagascar, la multiplication par semence paraît donner des meilleurs résultats. -Par contre -dans les régions plus pluvieuses de l'Ouest ou de l'Est, la multiplication par boutures a donné de bons résultats.

L'avantage de ce dernier mode de multiplication est que la plante grandit plus rapidement et donne des fruits plus tôt. Le système racinaire est fortement plus développé par la multiplication végétative (une racine pivotante et quatre racines latérales fortes. Donc, cette méthode de multiplication paraît plus apte pour les besoins de la protection anti-érosive.

L'objectif de notre étude consiste à exploiter les latérites. D'après la carte pédologique de Madagascar ci – dessous, les types des sols existant à Madagascar sont de type latéritique. Vis – à – vis de ces deux modes de multiplication de jatropha et puisque le jatropha n'exige pas la qualité du sol, on peut pratiquer la culture de jatropha comme une approche de lutte anti

érosif à Madagascar.

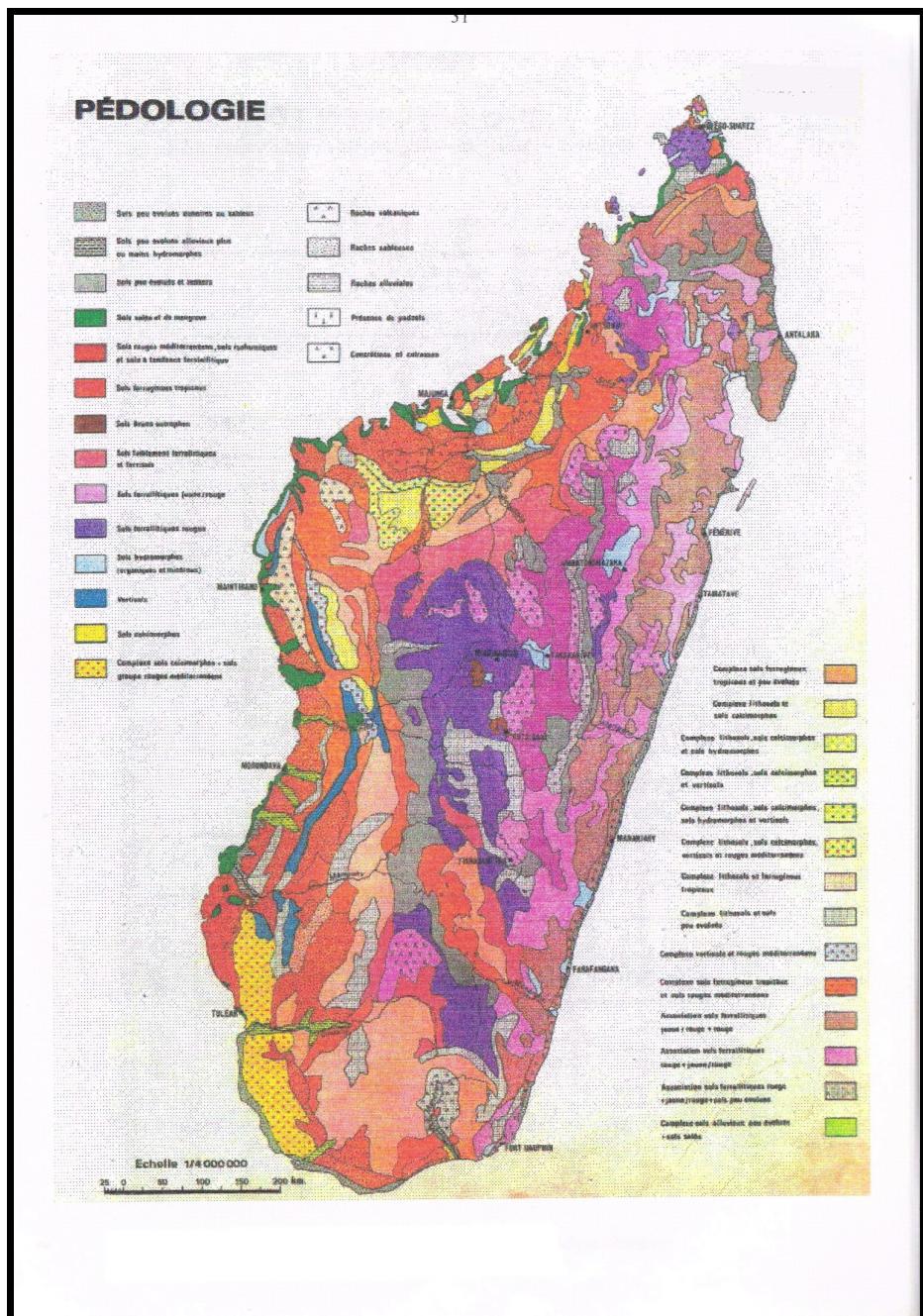


Figure 3 :

Carte

pédologique de Madagascar [25]

- Avantages de la culture de Jatropha :

Outre la lutte anti – érosive, la culture de Jatropha est aussi utilisée en vue d'obtenir du biodiesel. Concernant l'extraction de biodiesel à partir de la Jatropha, un hectare de Jatropha peut produire environ 2 000 litres de biodiesel.

De ce fait, la culture de Jatropha contribue non seulement à la protection de l'environnement mais surtout à l'amélioration des revenus des paysans. Notons ici que cette activité commence à se répandre dans diverses régions de Madagascar, comme au Nord, à

Boeny, à Toliara et au Sud-Ouest de l'île. A Tsiroamandidy par exemple, environ une superficie de 1 000 hectares est consacrée à cette culture.

A part le biodiesel, l'huile de Jatropha peut être aussi utilisée directement comme huile lampant. Par ailleurs, le Jatropha constitue aussi un matériel de base pour la production de savon. En effet, en milieu rural, l'utilisation de l'huile de Jatropha a une importance à la production du savon. Cette production nécessite uniquement de l'huile, une base de sodium (NaOH) et de l'eau.

Le jatropha peut être aussi utilisé comme médicament. En effet, dans toute l'Afrique tropicale, différentes parties de « *Jatropha curcas* » (une variété de jatropha) sont utilisées pour toutes sortes d'usages médicinaux ; leur graines riches en huile et l'huile des graines (que l'on appelle “*oleum ricini majoris*” ou, à juste titre, “*oleum infernale*” ou “*huile d'enfer*”) sont utilisées pour leurs vertus purgatives et pour expulser les parasites intestinaux, malgré la puissante irritation des voies gastro-intestinales, voire les empoisonnements, que provoque souvent leur emploi. Les feuilles et l'écorce sont aussi purgatives. En usage interne et externe, l'huile a des vertus abortives, et en usage externe, c'est un rubéfiant qui permet de traiter les rhumatismes ainsi que toutes sortes d'infections dermatologiques, malgré les irritations qu'elle peut provoquer sur la peau.

Le latex est partout réputé pour cicatriser les plaies, pour ses vertus hémostatiques et pour soigner les problèmes de peau ; en application externe, il sert à traiter les plaies infectées, les ulcères, la teigne, l'eczéma, le dermatomycoses, la gale et la gale sarcoptique des moutons et des chèvres.

Les feuilles s'appliquent aussi sur les plaies ; en décoction, elles s'utilisent contre la malaria au Mali et à Madagascar, tandis qu'au Bénin et à la Réunion, la décoction se prend contre l'hypertension. En usage externe, le jus des feuilles s'emploie au Bénin et à Madagascar pour traiter les hémorroïdes. En Guinée-Bissau, un extrait à l'eau bouillante des feuilles se prend par voie orale pour faire monter le lait chez les femmes (galactagogue) après leur accouchement. Les tiges crues servent de bâtonnets à mâcher pour renforcer les gencives, pour traiter les saignements, les gencives spongieuses ou les abcès. La décoction de racines est un remède contre la diarrhée et la gonorrhée.

b) Culture intensive pour l'élevage

Culture intensive de fourrage et à court terme dans des zones latéritiques afin de booster l'élevage à grande échelle des vaches laitières et du bétail à chair à très court terme. En effet, vis – à – vis du problème d'insuffisance d'eau et la difficulté d'évacuation d'eau en

terrain latéritique, ce type de culture n'a pas besoin beaucoup d'eau (pas besoin d'irrigation importante).

c) Autres cultures

- Murier :

Le mûrier présente un double avantage. A part la production de la soie « lamba mena », cette plante représente également une source de parfum pour la production du miel et peut être utilisé pour la production alimentaire « zana –dandy ».

- Manioc

Vis – à vis du problème alimentaire mondiale qui existe actuellement, la pratique de la culture du manioc dans des terrains latéritiques est à suggérer. Notons que le Programme Alimentaire Mondiale (PAM) encourage actuellement beaucoup des pays africains à pratiquer ce type de culture. A part leur utilisation pour luttes contre l'insuffisance alimentaire, on peut également les utiliser pour la production d'alcool.

III-7 LES PROBLEMES LIES AUX RESULTATS DE TRAVAUX DE RECHERCHES SUR LES LATERITES

III – 7 – 1 Résultat obtenu avec la MERISE

III – 7 – 1 – 1 Organisation de la banque de données [19]

a) Outils utilisés et formes des données

La conception de cette banque de données a été faite sur un micro-ordinateur de type PC avec le système WINDOWS 2003.

L'outil Microsoft Access version 2000 qu'on a utilisé permet de gérer les bases de données de type relationnel avec des tables, des requêtes, des formulaires, des états, des macros et des modules. Il en était de même pour l'utilisation de la méthode MERISE en utilisant le logiciel Win Design.

Concernant les formes des données utilisées, elles sont de forme alphanumériques, texte, ou objet OLE.

b) Organisation de la banque de données

Pour stocker les données de la banque, nous avons utilisé des tables ; des formulaires pour ajouter des données ; des requêtes pour automatiser quelques tâches et des états pour présenter des résultats qui sont prêts à être imprimés.

- Les tables :

Trois tables principales constituent cette banque de données. Parmi ces tables principales, il y a la **table bibliographie**, la **table analyse** et la **table valorisation**. Notons que les tables constituent les éléments du schéma relationnel des données adapté au logiciel Microsoft ACCESS. Ceux ci afin de comprendre la structure de notre banque de données.

Chaque table est constituée par des champs qui sont obtenus après avoir transformer le Modèle Conceptuel de Données (MCD) en Modèle Logique de Données (MLD). Nous avons utilisé les règles théoriques que nous avons vu auparavant (paragraphe II – 4 – 5) pour le faire.

La table bibliographie :

Puisque « bibliographie » constitue une entité dans le MCD, donc elle se transforme en table dans le MLD. L'identifiant type « numéro » devient la clé primaire de cette table. *Auteur, titre, type, année, ville...* sont des propriétés de l'entité « bibliographie », donc ils deviennent champs de la **table bibliographie**.

Finalement, la **table bibliographie** est constituée par les champs suivants :

- Numéro bibliographie : numéro de l'ouvrage qui est une clé primaire pour cette table;
- Auteur : Auteur de l'ouvrage ;
- Titre : titre de l'ouvrage ;
- Type : type de l'ouvrage ;
- Année : année d'édition de l'ouvrage ;
- Ville : ville d'édition de l'ouvrage ;
- Nombres de page : nombre de pages de l'ouvrage ;
- Côte : côte d'identification de l'ouvrage ;
- Lieu : lieu de rétention de l'ouvrage.

Table analyse :

De la même façon que la **table bibliographie**, c'est – à – dire après avoir transformer le MCD en MLD, on obtient les neufs champs constituant la **table analyse** :

- Numéro de l'analyse : constitue la clé primaire pour cette table ;
- Type : type de l'analyse ;
- Appareils ou produits : appareil ou produits utilisés pour faire l'analyse ;
- Laboratoire : laboratoire pour la réalisation de l'analyse ;
- Courbe ou tableau : résultats de l'analyse ;
- Année : année de réalisation de l'analyse.

Table utilisation :

L'obtention de cette table est la même avec ceux des deux tables précédents (**table bibliographie et table analyse**). Elle est constituée par six champs distincts qui sont:

- Numéro de l'utilisation : clé primaire de cette table ;
- Domaine : domaine d'utilisation des latérites ;
- Type : type d'utilisation des latérites ;
- Remarques : remarque sur l'utilisation des latérites ;
- Applications : exemple d'application sur le domaine d'utilisation des latérites ;
- Chercheur : chercheur ou équipe de chercheur qui a trouvé ou faire une recherche sur un domaine.

Un auteur peut effectuer plusieurs types d'analyse, et un type d'analyse peut effectuer par plusieurs auteurs. Donc la relation liant les deux tables **Analyse** et **bibliographie** est de type plusieurs à plusieurs. Il en est de même pour les tables **bibliographie** et **utilisation**.

III – 7 – 1 – 2 Les résultats directs obtenus en utilisant le logiciel Win Design

a) Le MCD ou Modèle Conceptuel de Données

Ce modèle est obtenu en introduisant les entités et les champs caractérisant les tables dans ce logiciel. Après le traitement automatique effectué par ce logiciel, on obtient le résultat suivant :

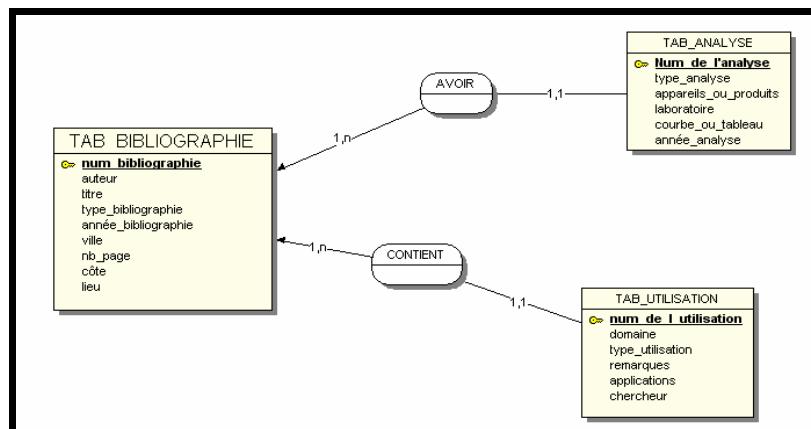


Figure 4 : Le Modèle Conceptuel de Données

Une bibliographie peut contenir un ou plusieurs types d'analyse effectuées sur les latérites et plusieurs domaines d'utilisation des latérites.

b) Le MLD ou Modèle Logique de Données

Après avoir obtenu ce MCD, le logiciel Win Design le traduit automatiquement en MLD. La figure suivante nous montre le résultat :

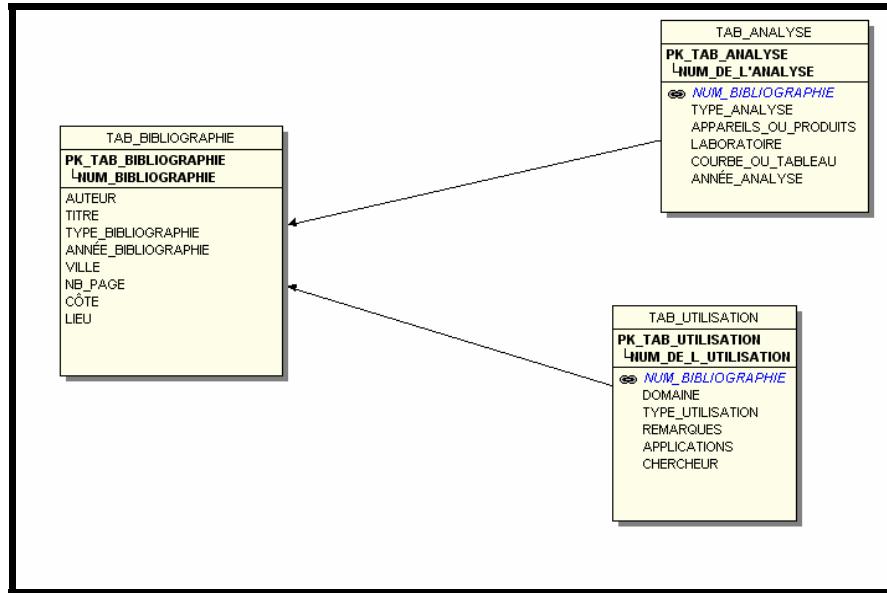


Figure 5: Modèle Logique de Données

A partir de ce MLD, on connaît le nombre définitif des tableaux qu'on devraient établir pour la création de notre banque de données. Ceci présente l'intérêt principal pour l'utilisation de ce logiciel.

DICTIONNAIRE DE DONNEES

Tableau 7 : Dictionnaire de données

Mnémonique	Type	Libellé	Constrainte
Num_bibliographie	number	Numéro de la bibliographie	unique
Auteur	Varchar2	Nom de l'auteur	

III – 7 – 2 Présentation de la banque de données

III – 7 – 2 – 1 Importances de la banque de données [23]

a) *Choix du logiciel*

Concernant le logiciel (MS ACCESS) utilisé pour créer cette banque de données, nous avons déjà cité ses importances précédemment. A savoir, sa facilité d'utilisation, sa capacité à manipuler dans de nombreux formats de fichiers compatibles à d'autres applications et d'autres bases de données, ...

Dans cette partie, nous essayerons à citer les importances de cette banque de données « pluridisciplinaires » sur les latérites et d'expliquer comment y accéder.

Pour la création de cette banque de données, nous avons répertorié toutes les données et les résultats de recherches effectuées sur les latérites, tant au niveau national qu'au niveau international. Ainsi, cette banque de données offrira de nombreux avantages pour les équipes de chercheurs qui veulent continuer ou commencer à travailler sur les latérites. Il en est de même pour les investisseurs étrangers ou locaux qui veulent exploiter ou travailler sur les latérites (pour la recherche des produits miniers, dans le domaine de construction,...).

Les résultats de nombreuses études et recherches déjà effectuées sur les latérites ont montré leur importance. Ces études ont été menées par des équipes de chercheurs étrangers ou locaux et axées sur trois objectifs principaux :

- Caractérisations physiques, chimiques et minéralogiques des latérites ;
- Sur les utilisations possibles des latérites à l'état naturel ;
- Sur les traitements possibles des latérites pour élargir leurs domaines d'utilisation et leurs valorisations.

Pour accéder aux résultats de ces nombreuses études et recherches, il serait difficile de trouver les lieux de dépôt, de savoir quelles étaient les études déjà faites ? Qui fait telles études ?... Tout ceci pourrait entraîner des pertes de temps pour les chercheurs qui veulent continuer ou mener une recherche sur les latérites. Ainsi, l'importance majeure de cette banque de données est qu'elle répertorie toutes les informations concernant les résultats de recherches déjà effectuées sur les latérites (les chercheurs menant ces recherches, l'emplacement des documents concernant les latérites, les types de recherches déjà effectuées, les utilisations possibles des latérites,...). Cette banque de données permettra donc aux équipes de chercheurs d'optimiser leur temps nécessaire pour mener à bien leur recherche mais d'accéder aussi facilement aux renseignements dont ils ont besoins.

Une autre importance de cette banque de données concerne aussi son utilisation. En

effet, pour pouvoir accéder ou consulter cette banque de données, on a seulement besoin d'avoir une connaissance de base en informatique. On n'est pas obligé d'être expert en base de données.

Dans le prochain chapitre, nous allons faire une représentation sommaire de cette banque de données.

Présentation sommaire de la banque de données

Cette banque de données est organisée de la manière suivante :

Figure 6 : Organisation de la Banque de données

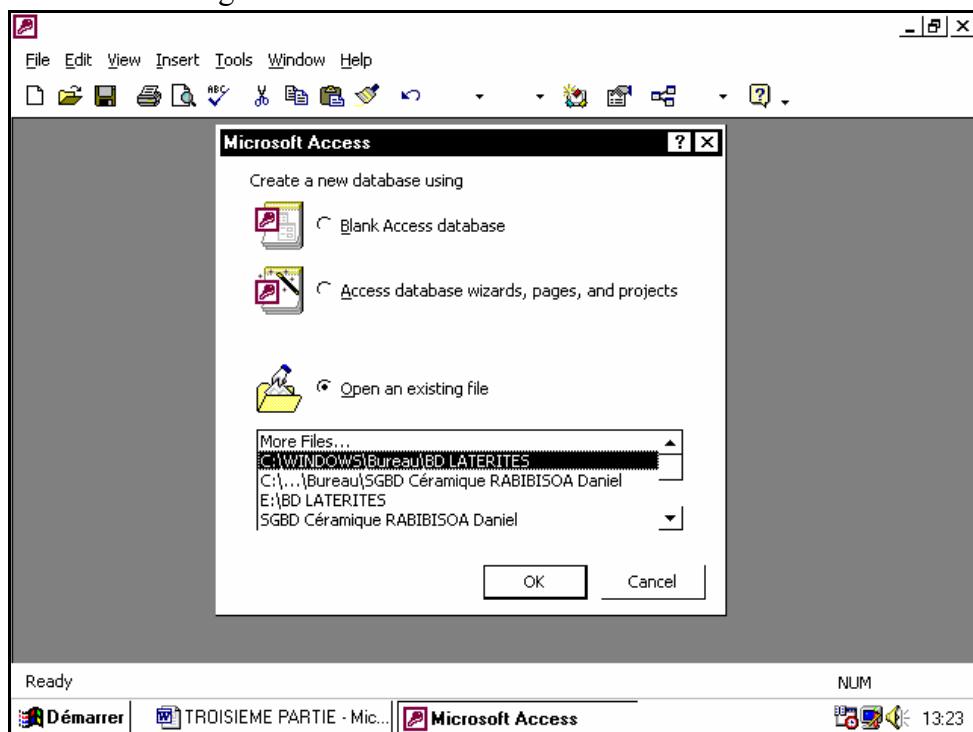
III – 7 – 2 – 2 Accès à la banque de données

Comme nous l'avons dit, l'accès à cette banque de données est facile. On a seulement besoin d'avoir un ordinateur ayant une capacité supérieure à celle de la taille de la banque de données (910 Mo), quelque soit sa performance et son marque.

Il existe deux manières pour ouvrir cette banque de données :

La première consiste à copier la banque de données sur votre ordinateur. Lancer ensuite **Microsoft Access** sur le bureau de votre ordinateur ou en cliquant sur menu **Démarrer**, puis sur **Programmes** et choisir enfin **Microsoft Access**. Après avoir lancé Microsoft Access, la fenêtre suivante apparaîtra sur l'écran de votre ordinateur :

Figure7 : Fenêtre d'ouverture de MS ACCESS



Choisissez ensuite BD LATERITES, puis cliquer sur **OK**, pour ouvrir la banque de données.

- Quant à la seconde, elle consiste à cliquer deux fois directement sur BD LATERITES après l'avoir copier sur votre ordinateur. Elle s'ouvrira directement après votre clic.

Dès l'ouverture de BD LATERITES, la fenêtre suivante apparaîtra sur l'écran de votre ordinateur :

On clic ensuite deux fois sur ACCUEIL et la fenêtre suivante apparaîtra:

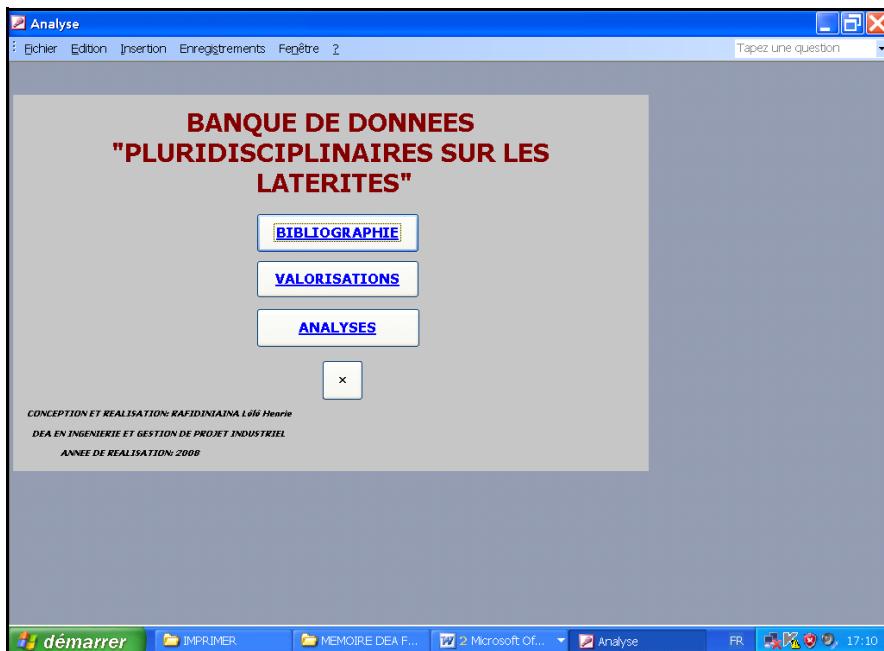


Figure 8:
d'accueil
de

Fenêtre
de la base
données

Cette fenêtre (figure 10) permet de choisir et d'accéder plus rapidement aux différents types d'informations disponibles sur la banque de données. On a bien le choix entre la bibliographie, les valorisations et les analyses. Une fois choisi une de ces trois informations (ceci en cliquant sur le texte correspondant), on arrive au menu secondaire qui contient encore diverses propositions.

Pour accéder par exemple aux informations **Bibliographie**, on la clique et les 7 types d'informations apparaîtront (voir figure 10) :

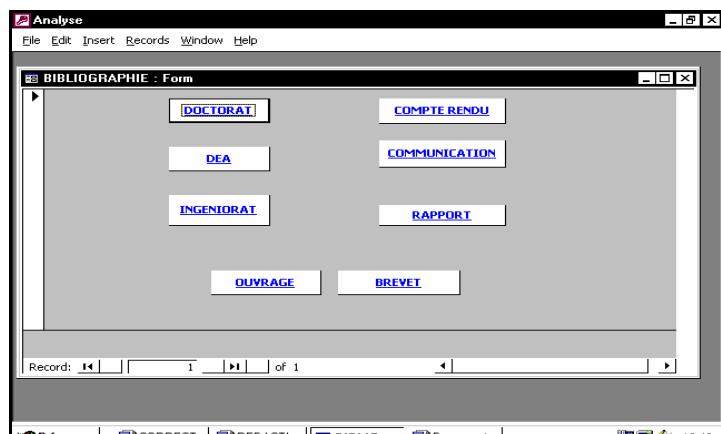


Figure 9 : les
d'informations

types
bibliographiques

contenues dans la banque de données

De la même façon, à l'aide d'une clic, on peut accéder aux deux autres informations: valorisations et analyses :

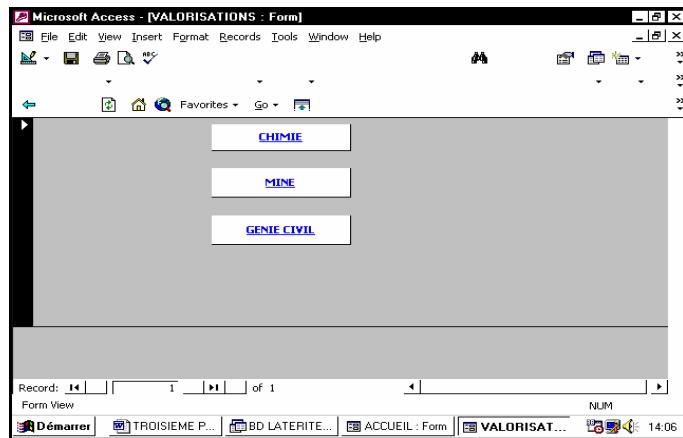


Figure 10 : Les
la latérite

valorisations de

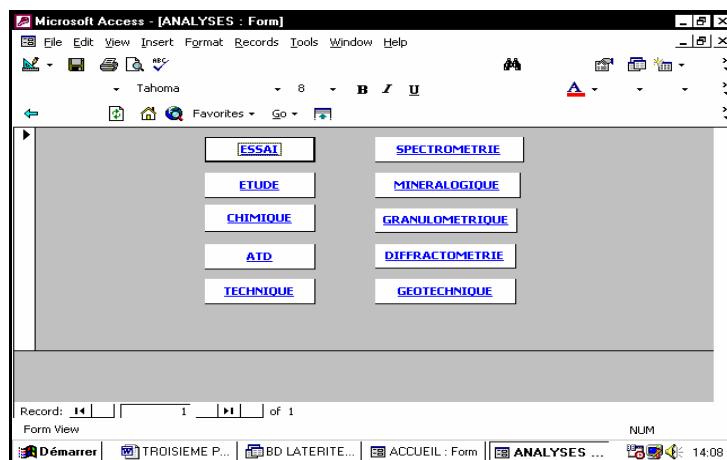


Figure11 : Les

résultats

d'analyses déjà faites sur les latérites

III – 5 – 2 – 3 Les contenus de la banque de données

Notons que les données constituant cette banque de données pourraient être changées lors de sa mise à jour.

a) *La bibliographie*

Doctorat

Auteur	Titre	Lieu de	cote
ANDRIAMIHAJA	Etude chimique des latérites des Hauts Plateaux de	BU Ankatsos	
RAZAFIMANDIMBY née	Etudes physiques et physicochimiques de gisements		
François SOUBIES	Contribution à l'étude de la pédogénèse ferrallitique:	IRD	
ANDRIAMARIMANANA Jean	Recherche sur la mise au point de procédés physiques,	BU Ankatsos	T.S 1015
ANDRIANAINA Harimalala	Modélisation de l'habitat type TSIPOY du trano gasy	BU Ankatsos	T.S 1910
RAMASIRARINORO	Tectonique et morpho pédologique de la région	BU Ankatsos	T.S 2041
RAHAJAHARITOMPO	Gestion de la fertilité et de la fertilisation phosphatée des	BU Ankatsos	T.S 2309

DEA

Auteur	Titre	Lieu de	cote
RAZAKAVOLOLONA Riana	Contribution à l'étude de stabilisation du matériau	BU Ankatso	TS.0611
ABD-EL MALIK, Mohamed Said	Contribution à l'étude de stabilisation de la latérite	BU Ankatso	TS.1292
RAZAFIMAHALEO Ida Nirina	Contribution à l'étude de stabilisation de la latérite	BU Ankatso	TS.1373
RATRIMOARISONINA Hasina A.	Contribution à la mise en place d'un système de	BU Ankatso	TS.1635
RAKOTONDRAVALY Désiré A.	Essai de fabrication de briques en terre stabilisée, à	BU Ankatso	TS.0828
ROBISONARISON Guy J. et	Contribution à la valorisation de la latérite comme	Bibliothèque	
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Aptitude au traitement chimique des sols de projet	Bibliothèque	
RAFALIMANANA Nirina M. née	Contribution à l'étude de la stabilisation des terrains	BU Ankatso	TS.0285
RAKOTONDRAIBE Nicolas Jacques	Caractérisations des argiles des régions de Diego-	BU Ankatso	TS.0479
RAMAHAZOMANANA	Caractéristiques physico-chimique des sols de	BU Ankatso	T.S 2157
RAZAFINDRABE Jacky Delphin	Etude du comportement du sol gonflant sur une	BU Ankatso	T.S 0737
RAMOARISON Haingo Hardy	Etude et valorisation des argiles de Mandray-	BU Ankatso	T.S 1921
RASOLANTSALAMA Bonaventure	Valorisation du sol argileux composé comme	BU Ankatso	T.S 2287
RAHARINIERANA Hantatina	Contribution à la valorisation des latérites des		
HARY Jean	Contribution à l'étude de production des briques		
ANDRIANIRINA Feno Richard	Contribution à l'élaboration de briques de terre		
MESSI A.	Valorisation de la latérite du Gabon comme matériaux		
RAZANAKOLONA Riana	Contribution à l'étude de stabilisation des latérites	BU Ankatso	T.S . 0611
ABD-EL Malik, Mohamed Said	Etude de stabilization des latérites (paille de riz)	BU Ankatso	T.S 1292
RAZAFIMAHALEO Ida Nirina	Etude de stabilization des latérites (approche chimique)	BU Ankatso	T.S 1373
RATRIMOARISONINA Hasina	SGBD des latérites de la région Analamanga	BU Ankatso	T.S 1635
RAKOTONDRAVALY Désiré	Brique en terre stabilisée (latérites Vontovorona)	BU Ankatso	T.S 0828
ROBISONARISON Guy	Valorisation des latérites (matériaux de construction)	BU Ankatso	

Ingénierat

Auteur	Titre	Lieu de
cote		
RABOTOVAO Oswald M. A. TS.1474	Etude comparative de la stabilisation des latérites avec des	BU Ankatso
RAMBININTSOATIANIAVO, Ranaivo TS.0981	Contribution à l'étude d'exploitation des gisements de nickel-	BU Ankatso
ANDRIAMANANTSOA Elie et	Contribution à une étude interdisciplinaire des sols	Bibliothèque
RASELISON Rija N. TS.0032	Projet de construction d'une route en terre reliant Antoetra et	BU Ankatso
ANDRIANAHAMANANA TS.0055	Contribution à l'amélioration des tuiles en terre cuite par	BU Ankatso
ANDRIANARIMANANA Jean Claude TS.0093	Valorisation des argiles: étude de faisabilité et réalisation des	BU Ankatso
RANAIVOHERY Bruno TS.0127	Contribution à l'établissement d'une typologie des sols	BU Ankatso
RAKOTONIRINA TS.0382	Amélioration et impacts de la production artisanale de briques	BU Ankatso
ANDRIAMBONILAZA Desphilo TS.0501	Etudes comparatives des routes stabilisées aux produits	BU Ankatso
LINA Zizy Aimé T.S 2213	Etude comparative des différents méthodes de stabilisation de	BU Ankatso
RAZANAKOLONA Nainasoa Alice T.S 0711	Etude de remblai sur sols compressibles: cas du marais Masay	BU Ankatso

RAKETAMANGA Marie Lydia T.S 2252	Analyse comparative des procédés de fabrication de briques	BU Ankatso
RANOROARIVELO et RAKOTONIRINA	Performances des matériaux de construction à base de latérite Contribution à l'étude des latérites pour la fabrication des	
RAKOTONDRAIBE Joselys et RAVELONIRINA Hajasoa	Contribution à la valorisation des matériaux terre, Performance des matériaux de construction élaborés à partir des	
RABOTOVАО Oswald M.	Stabilisation des latérites avec liant ciment et silice active	BU Ankatso TS 147
RAMBININTSOATIANAIVO	Exploitation de gisement nickel – cobalt d' Ambatovy	BU Ankatso TS 098

Communication

Auteur	Titre	Lieu de rétention
A. Muntz et A. Grandidier et al.	Valeur des terres et evenir agricole de	Centre de documentation IRD
MM.M.Petit et F.Bourgeat	Les lavaka malgaches: un agent naturel	Document du département TSST

Compte Rendu

Auteur	Titre	Lieu de rétention
Eric ROOSE	Proposition d'une nouvelle approche de la lutte	IRD
Riquier J.	Latérite et latéritisation à Madagascar	IRD
Riquier J. et C. Moureaux	Les sols malgaches:pédologie et types principaux	IRD
BOKAM A.B Korndikantar M., KONFOR	Essai de stabilisation de la latérite avec les fibres	

Ouvrage

Auteur	Titre	Lieu de
cote		
DUCHAUFOUR Philippe 631.4 DUC	Précis de pédologie	BU Ankatso
Yves TARDY	Pétrologie des latérites et des sols tropicaux	Site internet:
J. BOYER et A. COMBEAU	Etude de la stabilité structurale de quelques sols ferrallitiques de	Centre de
J. BOYER	Incidence de la mécanisation sur quelques propriétés des sols tropicaux	Centre de
Jean BOYER	L'aluminium échangeable : incidences agronomiques, évaluation et	Centre de
Jean BOYER	Les sols ferrallitiques: les facteurs physiques de fertilité	Centre de
Jean BOYER	Les sols ferrallitiques tome x: facteurs de fertilité et utilisisation des sols	Centre de
F.BOURGEAT et G. Zebrowski	Relations entre le relief, les types de sols, et leurs aptitudes culturales sur	Centre de
Eric ROOSE, Georges de Noni, J. Marie Lacroix	L'érosion à l'ORSTOM	Centre de
P. Autrey ISTD	Minéralogie de Madagascar, Tome 3	Centre de
DREYFUS ISTD	Latérites et graveleux latéritiques	
	Latérites, généralités sur leur utilisation et technique routière	

Rapports

Auteur	Titre	Lieu de

cote			
CONRAUX J. TAN 63 A8	Etude des latérites nickelifères des massifs d'Ambatovy et	BRGM	
JOURDE G. TAN 64 A 21	Le complexe intrusif d'Antampombato	BRGM	
FOISSY B. 68 62 A	Syndicat nickel Moramanga	BRGM	
RANTOANINA M.	Prospection de nickel sur la ligne d'ultrabaites Andilamena-	SG	
BARBIERI A.	Prospection de l'alignement de roches ultramafiques et ultrabasiques	SG	
HOTTIN G. Doc TAN 32	Prospection pour nickel des ultrabasites du Nord Ouest de Mananara	SG	
LENOBLE	Gisement de nickel de Valozoro	BUNIFOM	
ROBSCN D.	Gisement de nickel de Valozoro	BUNIFOM	
CLAIRG TAN n° A 2036	Mission côte Est: Ambatondrazaka-Andilamena	BRGM	
HOTTIN G.	Interprétation des résultats des prélèvements pour nickel effectués sur	SG Doc n°A	
HOTTIN G.	Prospection des ultrabasites de la feuille Mananara	SG	
HOTTIN G.	Prospection des massifs ultrabasiques de la feuille Mananara	SG	
BARBIERI A., RANDRIAMANANTENA	Etudes des gîtes nickelifères à l'Ouest de Mananara	SG	
BARBIERI A., ANDRIANAIVO P.	Prospection et études des roches ultrabasiques entre Fenerive Est et	SG	
RANDRIANASOLO L.	Etude sur les latérites nickelifères de la région de Mananara Nord	SG	
JOURDE G. et CONTRI J. P.	Rapport SCN 192è 394@5 sur les prospection des permis de	SG	
RAZAFIMANANTSOA A.	Etude géologique et prospection, au 1/100 000 du socle cristallin	SG	
RANDRIAMANANTENA	Etude géologique et prospection au 1/10 000 du massif ultrabasique	SG	
CHAPUT M., HATRIVAL J.N.	Rapport de fin de mission mi octobre 1970	BRGM	

Brevets

Auteur	Titre	Lieu de rétention
BHP MINERALS	Récupération de nickel et de cobalt à partir de minérais latérites	OMAPI
Dynatec	Procédé de récupération du nickel et du cobalt à partir d'un minéral	OMAPI
Sarl AKANY	Procédé de fabrication de blocs de construction par pessage et	OMAPI
Companhia VALE	Process for extraction of nickel, Cobalt, and other base metals from	OMAPI
BHP Billiton	Procédé pour l'amélioration de la lixiviation acide des minérais de latérite	OMAPI

b) Valorisations des latérites

Nous avons déjà vu dans la première partie que les latérites sont beaucoup utilisées dans le domaine de la construction. A part son utilisation sur ce domaine, on peut classer la valorisation des latérites en trois domaines : Chimie ; Mine ; et génie civil.

Valorisation chimique

Utilisation	Auteur	Applications
Extraction d'oxyde de fer et de la kaolinite	ROBISONARISON Guy Joel	
Extraction de Ni, Al, Cobalt et oxyde de	ANDRIAMIHAJA Rakotoarilina B.	Extraction de Nickel et Cobalt à Ambatovy
Extraction et récupération de l'oxyde de fer	RAZAFIMANDIMBY A.	Nombreux domaines d'utilisation des oxydes de fer

récupération de la kaolinite métallurgie	RAZAFIMANDIMBY A. LINA Zizy Aimée	Valorisation de la kaolinite: extraire l'alumine Extraction des métaux nobles et rares
--	--------------------------------------	---

Genie civil

Utilisation	Auteur	Applications
Construction route	RANDRIAMALALA Tiana Richard	Pk4+395: Andina-Ambositra
Construction route	RANDRIAMALALA Tiana Richard	Pk6+330 - Pk7+300: Ambositra-Imady
Construction route	RANDRIAMALALA Tiana Richard	Andina-Ihadilanana
Construction route	RANDRIAMALALA Tiana Richard	RN3 Talata Volonondry-Ankazondandy et RN44 Pk42+200
Construction route	RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chantier Miarinarivo
Construction route	RANDRIAMALALA Tiana Richard	Couche de fondation route de Mahazoarivo-Antananarivo
Construction route	RANDRIAMALALA Tiana Richard	RN45 Alakamisy-Vohiparara Pk12+100 et RNS45 Pk0+00
Construction route	RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chantier RN6 Ambondromamy Bekoratsaka, Lot n°1
Construction route	RANDRIAMALALA Tiana Richard	RN6 lot 3 Port Bergé Ambanja
Construction bâtiment	RANDRIANA Nambinina R.	Publier par le C.R.A.Terre
Construction bâtiment	RANDRIANA Nambinina R.	Tambohon'ny Ntaolo (pisé)
Construction route	RANDRIANA Nambinina R.	2000 plaquettes décoratives crues produites
Construction bâtiment	RANDRIANA Nambinina R.	Chantier d'Ankatso avec 3,5% de ciment
Construction bâtiment	ROBISONARISON Guy Joel	Adobe, torchis, brique cuite artisanale, brique creuse
Construction bâtiment	ROBISONARISON Guy Joel	Tuile écaille d'argile cuite,tuile mécanique d'argile cuite
Construction bâtiment	ROBISONARISON Guy Joel	D'après l'analyse d'échantillon prélevée à Ikianja
Construction bâtiment	ROBISONARISON Guy Joel	D'après l'analyse d'échantillon prélevée à Ambanitsena
Construction bâtiment	ROBISONARISON Guy Joel	D'après l'analyse d'échantillon prélevée à Ambohimanjaka
Construction bâtiment	ROBISONARISON Guy Joel	D'après l'analyse d'échantillon prélevée à Ilafy
Construction bâtiment	ROBISONARISON Guy Joel	D'après l'analyse d'échantillon prélevée à Ampasampito
Construction bâtiment	ROBISONARISON Guy Joel	D'après l'analyse d'échantillon prélevée à Ankatso
Construction diverses	R.Maignien	construction des monuments et d'habitations (en Afrique)
Construction	R. Maignien	En Inde et en Thaïlande
Construction	R. Maignien	temple d' Angkor Vat
Routes et barrages	R. Maignien	Majorité des routes des tropiques sont en latérites
Routier	LINA Zizy Aimée	Couche de base et Couche de fondation
Construction	LINA Zizy Aimée	latorex, ciment pouzzolamique, construction traditionnelle
Construction	LINA Zizy Aimée	Fabrication des briques refractaires, des carreaux, de poterie

Mine

Auteur	Applications	Remarques
Maurice RANTOANINA	Prospection de Nickel sur la ligne d'ultrabasites	gîtes nickelifères

Maurice RANTOANINA	Cas: Ambatovy - Analamay	Nickel latéritique
Maurice RANTOANINA	Nickel de Ninon, d'Ampitefamena, d'Andilambe, de Nickelville, de	Nickel latéritique
Alain BARBIERI	Roches ultramafites et ultrabasiques de l'Ouest Mandritsara	Roches vertes
R. Maignien		
R. Maignien	Minerais de fer, d'aluminium, de manganèse	

c) Les Analyses faites sur les latérites

Différentes types d'analyse sont déjà faites sur les latérites. Ces analyses dépendent aux besoins des chercheurs qui les fassent.

Essai

Auteur	Type d'Analyse	Date
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Essai (essai de gonflement à l'oedomètre et analyse	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Essai (essai de gonflement à l'oedomètre (XP-P 94-	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Essai (Mesure de résistance des sols traités aux	2003

Etudes

Auteur	Type d'Analyse	Date
RANDRIAMALALA Tiana	Etude (étude de sol-chaux-ciment et sols-ciment)	2003
RANDRIAMALALA Tiana	Etude (étude de sol)	2003
RAZAFIMANDIMBY	Etude (études aux rayons X)	1987
RATRIMOARISONINA H. A.	Etude (Caractéristiques physiques des latérites dans région	2007
RATRIMOARISONINA H. A.	Etude (Autres caractéristiques physiques des latérites dans région	2007
RATRIMOARISONINA H. A.	Etude (Caractéristiques mécaniques des latérites dans région	2007
RATRIMOARISONINA H. A.	Etude (Classification des latérites dans région d'Analambana suivant Ki,	2007

Analyse chimique

Auteur	Type d'Analyse	Date
ROBISONARISON Guy Joel	Chimique (quelques latérites de Madagascar)	2003
ROBISONARISON Guy Joel	Chimique(composition chimique de la partie	2003
ROBISONARISON Guy Joel	Chimique (composition chimique du sol latéritique	2003
ROBISONARISON Guy Joel	Chimique (Amélioration de l'adobe)	1990
ROBISONARISON Guy Joel	Chimique (Amélioration de l'adobe)	1990
ROBISONARISON Guy Joel	Chimique (Amélioration de l'adobe)	1990

ROBISONARISON Guy Joel	Chimique (Amélioration de l'adobe)	1990
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (Utilisation des stabilisants)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (Utilisation des stabilisants)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (Utilisation des stabilisants chimiques:)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (Utilisation des stabilisants chimiques:)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (Utilisation des stabilisants chimiques:)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (Utilisation des stabilisants chimiques:)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (Action chimique + phénomène de prise)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (traitement 4% chaux+2% ciment)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (Etude de l'action chimique)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (Etude de l'action chimique + phénomène)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Chimique (traitement 4% chaux+2% ciment)	2003
ANDRIAMANANTSOA Elie et RAKOTO	Chimique	2000
ANDRIAMANANTSOA Elie et RAKOTO	Chimique (Analyses chimiques aux attaques triacides)	2000
RAZAFINIPARANY, Colloque 1970, Hervieu 1966	Chimique (Analyse chimique des sols)	1969
RAZAFIMANDIMBY	Chimique (dosage du fer et de l'Alumine libre)	1987

ATD

Auteur	Type d'Analyse	Date
ANDRIAMANANTSOA	ATD (Analyse thermique différentielle)	2000

Analyse Technique

Auteur	Type d'Analyse	Date
ROBISONARISON Guy Joel	Techniques (Echantillon n°1)	1994
ROBISONARISON Guy Joel	Techniques (Echantillon n°2)	1994
ROBISONARISON Guy Joel	Techniques (Echantillon n°3)	1994

Analyse spectrométrie

Auteur	Type d'Analyse	Date
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (Analyse par spectrométrie)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RN6 Lot 1PK 14+700 CA Paits n°3)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RN6 Lot 1PK 23+600 CD P1)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RN6 Lot 1PK 9+66)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RN6 Lot 1PK 59+280 CD)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RN6 Lot 1PK 57+772 CD P3)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RN6 Lot 1PK 40+800 C.sns)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RN6 Lot 1PK 12+500 CD)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RN6 Lot 1PK 48+483 CG P1)	2003

RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RN6 Lot 1PK 20+200 CG P1)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RNG Lot 1PK 60+469 CG)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RNG Lot 1PK 56+55 CG P1)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RNG Lot 1PK 61+335 CD)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RNG Lot 1PK 29+300 CG)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RNG Lot 1PK 27+920 CD)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Spectrométrie (RNG Lot 1PK 16+885 CD CRAT)	2003

Analyse minéralogiques

Type d'Analyse	Date
Minéralogiques (Analyse minéralogiques semi quantitatives par diffraction aux rayons X)	2003

Analyse granulométrique

Auteur	Type d'Analyse	Date
ROBISONARISON Guy Joel	Granulométrique (sol latéritique d'Ankatso)	
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Granulométrique (Analyse granulométrique de sols)	
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Granulométrique(sol fin rouge graveleux: RN 35 Morondava)	2003
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Granulométrique (Sol rouge plus ou moins graveleux: RN 35 Morondava)	
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Granulométrique(Sol rouge plus ou moins graveleux avec 3% de ciment CPJ35: RN	
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Granulométrique (Sol rouge plus ou moins graveleux avec 4% de ciment CPJ35: RN	
RANDRIAMALALA Tiana Richard	Granulométrique (Sol rouge plus ou moins graveleux avec 5% de ciment CPJ35: RN	
ANDRIAMANANTSOA Elie et RAKOTO	Granulométrique (Chantier route en terre (fuseau de spécification 1))	
ANDRIAMANANTSOA Elie et RAKOTO	Granulométrique (Chantier route en terre (fuseau de spécification 2: recommandé))	
2000		
ANDRIAMANANTSOA Elie et RAKOTO	Granulométrique (Chantier route en terre (fuseau de spécification 3))	
ANDRIAMANANTSOA Elie et RAKOTO	Granulométrique (Chantier route en terre (autres spécification))	
ANDRIAMANANTSOA Elie et RAKOTO	Granulométrique (Chantier route en terre (autres spécification))	2000
ANDRIAMANANTSOA Elie et RAKOTO	Granulométrique (Chantier route en terre (autres spécification))	

Analyse diffractométrie

Type d'Analyse	Date
Diffractométrie (diffraction des rayons X)	2000

Géotechnique

Auteur	Type d'Analyse	Date
RANDRIAMALALA Tiana	Géotechniques et minéralogiques (échantillon: RN6 Lot 3 Port Bergé)	2003
RANDRIAMALALA Tiana	Géotechniques (échantillon: RN6 Lot 3)	2003
RANDRIAMALALA Tiana	Géotechniques (Sol argile verte)	2003

III – 8 Discussion et quelques suggestions

La prospection latéritique n'est pas encore systématique. C'est – à – dire, la politique de fourrage sur les terrains latéritiques n'existent pas encore. Notons également que la pratique de ces types de cultures dans de tels terrains constituera un combat à long terme pour diminuer l'effondrement des terrains.

Concernant le problème lié au problème de « lavaka » ou le « lavakisation », notons qu'ils sont un des résultats final de l'érosion. Pour valoriser ces lavaka, est – il possible de leur transformer en zones de stockage d'eau ? Dans ce cas, on peut pratiquer la pisciculture sur ces zones. Encore, y a – t – il d'autres moyens pour fixer ces lavaka ? Par exemple, le cas de lavaka qui se trouve dans des zones de plantation de forage.

Face aux problèmes énergétiques qui existent actuellement, surtout dans notre pays, on peut faire une prospection sur la contribution de l'énergie renouvelable comme le panneau solaire et l'énergie éolienne à la maîtrise de surface latéritique.

Concernant cette banque, elle ne doit pas être seulement étoffée mais les travaux de recherches sur les latérites qu'elle contienne devraient être multipliés sous l'angle de la pluridisciplinarité intégré. Par ailleurs, elle n'est autre qu'une plateforme de départ pour dynamiser les recherches sur les latérites.

Vis – à – vis du problème d'évacuation d'eau en terrains latéritiques, est – ce que le fait de couvrir de sol de types latéritiques sur le bas fond de la rizière de Tananarive, notamment sur le bas fonds de Betsimitatatra, n'aurons nous pas des problèmes majeurs d'évacuation d'eau si ces bas fonds seront couvert de latérites ?

Mais actuellement Il y a également le drame écologique dans la région de Tananarive qui se manifeste à travers la dénudation intensive des collines latéritiques pour l'utilisation abusive des carrières de roches basaltiques. Ce problème persiste mais aucune solution n'est pas encore possible.

CONCLUSION GENERALE

L'inexistence d'une vision commune entre les chercheurs travaillant sur les latérites entraîne la discontinuité des résultats de leurs travaux de recherches. Pour résoudre ce genre de problème, notre travail a pour objectif de mettre en place un système de gestion de banque de données « pluridisciplinaire » sur les latérites. Pour ce faire, nous avons tout d'abord collecté toutes les informations disponibles actuellement sur les latérites. Ces informations nous permettent de tirer toutes les utilisations possibles des latérites et les différentes analyses déjà effectuées auparavant sur les latérites.

L'étude et l'analyse de ces informations permet de constater également que le terme latérite désigne des concepts différents, donc il est porteur d'ambiguïté aux spécialistes et chercheurs qui ont mené des recherches sur ce domaine. Par ailleurs, les latérites présentent beaucoup d'intérêts pour de nombreux domaines. Grâce aux travaux de recherche effectuée par des chimistes et des ingénieurs en génie civil, son utilisation dans le domaine de construction trouve une importante amélioration, ceci en les stabilisant par les moyens des liants comme le ciment, la silice et d'autres. Sur le secteur minier, de nombreux minéraux peuvent être extraits à partir des latérites sans compter le nickel et le cobalt qui sont actuellement déjà exploités par des investisseurs étrangers chez nous.

Ce système de gestion de banque de données a été réalisé en utilisant le logiciel MICROSOFT ACCESS 2000 et la méthode MERISE. Cette banque de données pourra donner une opportunité aux géologues, aux pédologues, chimistes, exploitants miniers... sur l'identification des éléments d'informations qui les intéressent concernant les latérites. Sur le secteur minier par exemple, cette banque de données permet d'identifier les différents minéraux qu'on peut extraire à partir des latérites.

Concernant les données fondamentales constituant ce système de gestion de banque de

données, elles sont composées des données bibliographiques, des données sur l'utilisation des latérites et sur les analyses faites avec les latérites pour améliorer leur utilisation. Ce système constituera un outil très puissant pour les opérateurs travaillant dans plusieurs domaines : mine, génie civile, chimie,...

La manipulation de ce système est très facile, il sera accessible à tout utilisateur connaissant ou non les banques de données. En effet, nous avons regroupé tous les travaux effectués, dans le menu général qui s'affiche dès l'ouverture de cette banque de données pour que les utilisateurs puissent les consulter facilement.

Durant la réalisation de ce travail de recherche, l'insuffisance de documents relatifs aux latérites constitue le principal problème que nous avons rencontré. Parmi ces documents, il y a la difficulté d'accéder à la carte pédologique complète de Madagascar. Notons que cette carte pédologique présente beaucoup d'intérêts non seulement pour les chercheurs mais aussi pour les investisseurs (nationaux ou internationaux).

Finalement, les données constituant ce système de gestion de banque de données seront à compléter au fur et à mesure de la disponibilité des informations sur les latérites. Elle ne doit pas être seulement étoffée mais les travaux de recherches sur les latérites qu'elle contienne devraient être multipliés sous l'angle de la pluridisciplinarité intégré.

Nous espérons que ce système constituera un bon outil pour bien exploiter et valoriser les latérites qui se trouvent partout chez nous à Madagascar et pour mener d'autres éventuelles recherches. On peut dire que cette banque de données n'est autre qu'une plateforme de départ pour dynamiser les recherches sur les latérites.

BIBLIOGRAPHIES

- [1] ANDRIAMIHAJA RAKOTOARILINA B. Etude chimique des latérites des Hauts plateaux de Madagascar. Thèse de 3ème cycle en Chimie minérale. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 1988.
- [2] ANDRIAMANANTSOA Elie, RAKOTO Dominique J. Contribution à une étude interdisciplinaire des sols ferralitiques malgaches ; Matériaux de construction : cas d'échantillons typiques de la Région d'Antananarivo. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en géologie. ESPA, octobre 2000.
- [3] ABD – EL MALIK DIT SIRDJ'EDDINE M. Contribution à l'étude de stabilisation de la latérite par paille de riz : approche biochimique. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de DEA en Sciences des Matériaux. ESPA, 2006.
- [4] BENSCH Alexis. Session de formation Systèmes de gestion de bases de données relationnelles. utilisation de MS ACCESS 2000, 2001.
- [5] BESAIRIE H. Gîtes minéraux de Madagascar. Serv. Géol. Mad, 1954.
- [6] BONIFAS M. Contribution à l'étude géologique de l'altération latéritique. Inspection générale des mines et de la géologie.
- [7] DEGOULET Patrick, FIESCHI Marius. Traitement de l'information médicale. Méthodes et applications hospitalières.
- [8] ERIC ROOSE. Proposition d'une nouvelle approche de la lutte antiérosive pour Madagascar. Conférence organisée par le Département des Forêts de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Antananarivo, Madagascar, 12 Mai 1995.
- [9] F. JAKOBIAK. Information, innovation, Japon réseaux : premier aperçu sur la nature de la veille technologique, de la veille stratégique, de la veille concurrentielle. DEA VT. Aix – Marseille, 6 octobre 1994. N° 94/95 – 01.
- [] F-BOURGEAT, O-AUBERE. Les sols ferralitiques à Madagascar. C.R. Semaine Géol.,
- [10] Tananarive, 1970.
- [] H. Ducrot, E. Martin, J. R. Scherrer. Nouvelles technologies et traitement de l'information en Médecine. 1991, Volume 4.
- [] <http://www.er.uqam.ca/merlin/xw999998/fr>
- [12] [] <http://www.geopolymer.org/fr/applications>
- [13] [] JEAN PATRICK M. Comprendre MERISE, Outils conceptuels et organisationnels. 2005, 11e tirage.
- [14] [] LINA Zizy A. Etude comparative des différentes méthodes de stabilisation de la latérite.
- [15] [] Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur génie chimique. ESPA, 2007.
- [] Syndicat nickel Moramanga. Etude des latérites nickélières des massifs d'Ambotovy et

- [16] Analamay. Rapport BRGM, TAN 63 A 8.
- [17] OPSM. Madagascar – Projet d’exploitation de nickel d’Ambatovy : Proposition d’investissement. Madagascar, 18 avril 2007.
- [18] RABEZANDRINA René. Caractérisation des principaux sols malgaches et les conséquences agronomiques qui en découlent. Antananarivo, Terre malgache 23 ; Novembre 1993.
- [19] RABIBISOA Daniel H. Conception et réalisation d’un système de gestion de base de données des matières premières pour céramique à Madagascar. Thèse doctorat. Antananarivo, 21 octobre 2005.
- [20] RABOTOVAO Oswald M. A. Etude comparative de la stabilisation des latérites avec des liants : ciment et du silice active additionnée de l’urée. Mémoire de fin d’études pour l’obtention du diplôme d’ingénieur, Génie chimique. ESPA, 2006.
- [21] RAJOSOA N. Conception d’une base de données sondage et de forage applicable en géologie minière, pétrolière, en hydrogéologie et en génie civil à Madagascar. ; Mémoire de fin d’étude en vue de l’obtention du diplôme de maîtrise en sciences et techniques en géophysique appliquée. Antananarivo, 13 décembre 2005.
- [22] RAKOTONDRAVALY Désiré A. Essai de fabrication de briques en terre stabilisée à base de stabilisants routières, cas de la latérite de Vontovorona. Mémoire de fin d’études en vue de l’obtention du diplôme de DEA en Sciences des Matériaux. ESPA ; 2003.
- [23] RATRIMOARISONINA Hasina A. Contribution à la mise en place d’un système de gestion de base de données des latérites de la Région Analamanga. Mémoire de fin d’études en vue de l’obtention du diplôme de DEA en Sciences des Matériaux. ESPA , 2007.
- [24] RANDRDIAMALALA T.R. Aptitude au traitement chimique des sols de projet routier. Mémoire de fin d’études en vue de l’obtention du diplôme de DEA en Sciences des Matériaux. ESPA , 2003.
- [25] RANDRIANA Nambinina R. F. Contribution à la valorisation des latérites par élaboration du liant phyllosilicate de Fer . Thèse de Doctorat 3ème cycle. ESPA, 2005.
- [26] RAZAFIMANDIMBY née RAHARIVAO A. Etudes physiques et physico-chimique de gisements d’argiles malgaches d’intérêt économique. Thèse de Doctorat d’état es-sciences physiques. Université de Madagascar, mai 1987.
- [27] RIQUIER J. Procédés de fixation d’une érosion en lavaka et de régénération d’un terrain extrêmement érodé. Le naturalisme malgache tome VII. 1955.
- [28] RIQUIER J. Latérite et latéritisation à Madagascar. Pédologue de l’I.R.S.M. 3ème congrès de l’ASPOI.
- [29] ROBISONARISON G.J., RAZAFIMAHALEO J. Contribution à la valorisation de la

- 30] latérite comme matériaux de construction. . Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de DEA en Génie Chimique. ESPA, Antananarivo, 1990.
- [ROOSE Eric, GEORGES D. N. , Jean Marie Lamachère. L'érosion à l'ORSTOM : 40 ans
- 31] de recherches multidisciplinaires. Réseau Erosion du Centre ORSTOM. Montpellier, France, 1967.
- [SEGALEN P. Les sols ferralitiques et leur répétition géographique. Editions de
- 32] l'ORSTOM, Collection Etudes et Thèses. Tome 1, 2, 3, Paris, 1994.
- [SOUBIES François. Contribution à l'étude de la pédogenèse ferralitique. Morphologie,
- 33] minéralogie et évolution géochimique des formations superficielles de la cuvette d'Ambalavao (Madagascar). Thèse de Doctorat. Université Paul Sabatier de Toulouse, 1973.
- [TASSIN Jacques, GIRAD-Forêt. L'homme gestionnaire de son milieu face à l'érosion en
- 34] lavaka au Lac Alaotra (Madagascar). Tananarive, n O 11, pp.40-49.
- [KARINE Petit. Entrer dans le logiciel Access.
- 35]
- [C. MOUREAUX et RIQUIER J. Les sols malgaches : pédologie et types principaux.
- 36] Antananarivo, Madagascar : communication no 114 : 1405 - 1409.
- [R. Maignien. Compte rendu de recherches sur les latérites. Office de la recherche
- 37] scientifique et technique outre – mer. Paris, Unesco 1966.

ANNEXES

ANNEXE 1

LES 50 SITES LES PLUS IMPORTANTS D'EXPLOITATION MINIERE A PETITE ECHELLE A MADAGASCAR [5]

N°	Localité	Minéraux, gemmes
1	Ambondromifehy	Saphir
2	Vohemar	Améthyste, cristal de roche, sphène, aigue-marine
3	Boriziny	Améthyste, agate, jaspe, aigue-marine
4	Mahajanga	Spessartite, aventurine, quartz
5	Mitsinjo	Célestite
6	Mananara	Tourmaline, cristal de roche
7	Tsaratanana	Améthyste, aigue-marine
8	Andilamena	Quartz fumé, quartz rose, beryl, topaze
9	Maevatanana	Epidote, jaspe
10	Kandreho	Cristal de roche, amazonite
11	Ambatondrazaka	Morganite, tourmaline, agate, jaspe, labradorite
12	Ankazobe	Aigue –marine, chrysobéryl, épidaite, diopside
13	Anjozorobe	Cristal de roche
14	Tsiroanomandidy	Cristal de roche, quartz rose, quartz fumé
15	Miarinarivo	Diopside
16	Moramanga	Quartz rose
17	Mahasolo	Améthyste
18	Soavinandrina	Améthyste, quartz rose, aigue – marine
19	Ambatolampy	Agate
20	Vatomandry	Améthyste
21	Faratsihio	Topaze, diopside
22	Miandrivazo	Bois silifié
23	Ambohimanambola	Orthoclase
24	Antanifotsy	Rubis, saphir, zircon
25	Betafo	Quartz rose, quartz fumé, cristal de roche, citrine, aigue – marine, morganite, tourmaline, spodumène, danburite, almandine, rhodésite
27	Marolambo	Rhodolite
28	Morondava	Chalcosine
29	Mahabo	Amazonite, topaze
30	Ambovombe	Rhodolite
31	Ambatofinandrahana	Cristal de roche, améthyste, citrine, quartz fume, dumortierite, tourmaline
32	Ambositra	Cristal de roche, quartz rose, aigue – marine, tourmaline, chrysobéryl, Rhodolite, amazonite, topaze
33	Mananjary	Emeraude
34	Fianarantsoa	Aigue – marine, tourmaline, cristal de roche, zircon
35	Ihosy	Rhodolite, calcite
36	Ranohira	Rhodolite

37	Vondrozo	Cristal de roche, quartz fumé, aigue – marine, tourmaline
38	Sakaraha/Illakaka	Saphir, chrysobéryl, spinelle, grenat, zircone, topaze, spodumène
39	Betroka	Rhodolite, zircone, kornérupine, spinelle, saphir
40	Toliara	Cordiérite
41	Betioky	Rhodolite, Labradorite
42	Bekily	Saphir, Tsavorite, grenat
43	Mahabo	Topaze
44	Beraketa	Opale
45	Gogogogo	Rubis
46	Andranondrambo	Saphir
47	Ejeda	Rubis
48	Ampanihy	Rhodlite, rhodonite
49	Amboasary	Aigue – marine, saphir, zircon, diopside
50	Tolanaro	Rhodolite

ANNEXE 2

METHODES D'ANALYSE ET CARACTERISATION [23]

Type d'analyse	But	Domaine d'application	Mode opératoire
Mesure de teneur en eau W	Pour déterminer la teneur en eau d'un échantillon donné	Aux matériaux rencontrés dans le domaine des travaux publics et du génie civil.	$W = Pe / Ps$ où Pe = poids de l'eau Ps = poids du matériau sec
Analyse granulométrique	Pour déterminer les proportions des grains qui constituent le sol par rapport au poids sec Ps	Stabilisation d'un sol (permet de déterminer la possibilité ou non de stabiliser un sol donné)	- analyse granulométrique par tamisage ; - analyse granulométrique par sédimentométrie.

Limites d'Atterberg	<p>Pour voir la variation de la résistance d'un sol avec la teneur en eau</p> <p>Pour déterminer la teneur en eau maximale et la densité sèche maximale</p> <p>correspondante à un compactage normalisé donné avec une intensité donnée</p> <p>Pour déterminer la résistance à la compression afin de définir la charge admissible sur un sol donné</p>	<p>Pour déterminer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la limite de liquidité - limite de plasticité - indice de plasticité - droite de CASAGRANDE - Indice de consistance I_c : $I_c = (W_L - W) / (W_L - W_p)$ <p>Se fait en 3 couches d'épaisseur égale sur toutes la surface des couches avec un poids normalisé tomber d'une hauteur et nombre d déterminer</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expressions des résultats : <p>$R_c = P/S$ où P est une force de rupture et S une section de l'éprouvette.</p> <ul style="list-style-type: none"> - condition d'essai : <p>R_c à sec = 28 jours</p> <p>R_c humide = 28 jours</p>
---------------------	---	--

ANNEXE 3

CLASSIFICATION EN CONSTRUCTION ROUTIERE DES LATERITES AUX DE LA REGION D'ANALAMANGA [23]

Commune	Fokontany	Utilisation en couche de base	Utilisation en couche de fondation	Utilisation en piste en terre
Tananarive ville	Ambatobe	-	-	-
Tananarive ville	Ambohidepona	-	-	-
Tananarive ville	Ampasapito	Mauvaise	Bonne	Bonne
Tananarive ville	Analamahitsy	-	-	-
Tananarive ville	Ankatso	Moyenne	Excellente	Excellente
Tananarive ville	Ankatso I	Mauvaise	Bonne	Bonne
Tananarive ville	Fort Duschene	-	-	-
Tananarive ville	Tsarahonenana	-	-	-
Tananarive ville	Tsarahonenana	-	-	-
Ampitatafika	Ampitatafika	-	-	-
Ampitatafika	Vinany	-	-	-

Ampitatafika		-	-	-
Alakamisy	Alakamisy	-	-	-
Fenoarivo	Fenoarivo			
Alakamisy	Ambohimiarina	-	-	-
Fenoarivo				
Alakamisy	Antombonana	Mauvaise	Bonne	Bonne
Fenoarivo	Vontovorona			
Alakamisy	Vontovorona	Mauvaise	Bonne	Bonne
Fenoarivo				
Alakamisy	Vontovorona	Mauvaise	Bonne	Bonne
Fenoarivo				
Ilafy	Ilafy	Moyenne	Excellente	Excellente
Lazaina	Lazaina	-	-	-
Ambohomangakely	Ikianja	Moyenne	Excellente	Excellente
Commune	Fokontany	Utilisation en couche de base	Utilisation en couche de fondation	Utilisation en piste en terre
Ambohimangakely	Somanandrariny	-	-	-
Ambohimangakely	Alakamisy	-	-	-
Anosizato Ouest	Ambodivona	-	-	-
	Ambohimanjaka	-	-	-
Carion	Ambanitsena	Mauvaise	Bonne	Bonne

ANNEXE 4

DIFFERENTS METHODES DE STABILISATION DE LA LATERITE EN CONSTRUCTION [15]

Méthode de stabilisation	Matières premières	Disponibilité du stabilisant
Stabilisation par extrusion	Latérite, Argile et Ciment	Sur le marché et aux quincailleries
Stabilisation par les stabilisants routiers	Latérite, Stabilisant routier : Rhénolite, Road amine, Con Aid, Ecobond Soil Stabilizer	Aux quincaillerie
Stabilisation par paille de riz : approche biochimique	Latérite, liant principal obtenu par fermentation de la paille de riz : paille de riz, Urée, Liquide de rumen, Tampon phosphate, Additif : mélange de lait, blancs d'œuf, chaux acide citrique, Ail.	Aux abattoirs, chez les cultivateurs, aux quincailleries
Stabilisation par paille de riz : approche chimique	Latérite ; Lian principal : paille de riz, Soude, Additifs, Argile, mélange de lait, de la chaux, des blancs d'œuf et de l'ail.	Chez les cultivateurs, aux quincailleries.
Stabilisation par la chaux	Latérite, Chaux	Sur le marché
Stabilisation par le ciment	Latérite, Ciment	Sur le marché
Stabilisation par la bouse de vache	Latérite ; Bouse de vache ; Additifs : argile, mélange de lait, ail et jus de bananier	Chez les fermiers et sur le marché

Stabilisation polymérisation de matrice argileuse	par	Latérite, Kaolin et Soude	Aux quincailleries
---	-----	---------------------------	--------------------

ANNEXE 5

CLASSIFICATION EN CONSTRUCTION DES LATERITES DE LA REGION D'ANALAMANGA [23]

Commune	Fokontany	Utilisation pour la construction rurale	Utilisation pour la construction urbaine
Tananarive ville	Ambatobe	Excellente	Bonne
Tananarive ville	Ambohidepona	Bonne	Bonne
Tananarive ville	Ampasapito	Bonne	-
Tananarive ville	Analalamahitsy	Bonne	-
Tananarive ville	Ankatso	Bonne	Mauvaise
Tananarive ville	Ankatso I	Excellente	Bonne
Tananarive ville	Fort Duschene	Excellente	Excellente
Tananarive ville	Tsarahonenana	Bonne	Bonne
Tananarive ville	Tsarahonenana	Bonne	Bonne
Ampitatafika	Ampitatafika	Moyenne	Mauvaise
Ampitatafika	Vinany	Excellente	Bonne
Ampitatafika		Moyenne	Excellente
Alakamisy	Alakamisy	Bonne	Bonne
Fenoarivo	Fenoarivo		
Alakamisy	Ambohimiarina	Bonne	Bonne
Fenoarivo			
Alakamisy	Antombonana	Excellente	Excellente
Fenoarivo	Vontovorona		
Alakamisy	Vontovorona	Bonne	Bonne
Fenoarivo			
Alakamisy	Vontovorona	Bonne	Bonne
Fenoarivo			
Ilafy	Ilafy	Excellente	Mauvaise
Lazaina	Lazaina	Bonne	-
Ambohomangakely	Ikianja	Bonne	Bonne
Commune	Fokontany	Utilisation pour la construction rurale	Utilisation pour la construction urbaine

Ambohimangakely	Somanandrariny	Moyenne	Bonne
Ambohimangakely	Alakamisy	Bonne	Bonne
Anosizato Ouest	Ambodivona	Moyenne	Excellent
	Ambohimanjaka	Bonne	Excellent

Nom : RAFIDINIAINA

Prénoms : Lôlô Henri

Titre de mémoire : Banque de données « pluridisciplinaires » sur les latérites

Nombre de pages : 69

Nombre de figures : 11

Nombre de tableaux : 7

Nombre d'organigrammes : 0

Nombre des annexes : 5

Résumé :

Les latérites ont attiré l'attention de nombreux chercheurs ou des équipes de chercheurs travaillant dans des disciplines différentes: génie civil, pédologie, géologie, mine, chimie... L'inexistence d'une vision commune entre ces chercheurs constituait un problème principal sur les résultats de travaux de recherche qui ont été effectués sur les latérites. En effet, durant la réalisation de ce présent travail, nous avons identifié qu'il n'y avait pas de continuité sur ces résultats de travaux de recherches. De ce fait, l'objectif général de notre travail consiste à mettre en place un système de gestion de base de données qui permet de regrouper les travaux de recherches qui ont été effectués sur les latérites afin d'aider les chercheurs ou investisseurs voulant travailler sur cette filière.

La méthode de la veille technologique et la méthode MERISE ont été largement utilisées pour la réalisation de ce travail. Pour la conception du système de gestion de base de données, les logiciels MS ACCESS 2000 et WIN DESIGN ont été utilisés.

La constitution de cette banque de données est composée de données bibliographiques, de données sur l'utilisation des latérites et de données sur les analyses faites avec les latérites. Par ailleurs, nous avons trouvé durant cette recherche quelques approches pour résoudre les problèmes d'utilisation des latérites dans le domaine de construction. Il en est de même pour le problème lié à l'érosion.

Rubrique : Ingénierie de projets industriels

Mots clés :

Latérites Madagascar; Banque de données latérites; Veille technologique et latérites; SGBD latérites; pluridisciplinarités sur les latérites.

Rapporteurs:

Professeur RAKOTOMARIA Etienne

Adresse:

Lot Vt 33^E Bis A Ambohipo Tanàna Antananarivo 101