

Université de Nice Sophia Antipolis
Département de Géographie
UFR Espaces et Cultures



Institut de Recherche pour le Développement
Centre de Montpellier

Mise en place d'un SIG sur les sols du Burkina-Faso et création d'un site web

Frédéric WEGNEZ

Stage effectué du 1^{er} avril au 30 septembre 2000 à la Maison de la Télédétection



Responsable scientifique : Hervé LE MARTRET

SOMMAIRE

Introduction

1^{ère} partie : Contexte du stage

- 1.1. L'organisme d'accueil
- 1.2. Le projet Valpédo
- 1.3. Le sujet de stage
- 1.4. Le matériel informatique et les logiciels

2^{ème} partie : Les données à modéliser : Notions de morpho-pédologie

- 2.1. L'étude pédologique
- 2.2. Les cartes pédologiques et morpho-pédologiques
- 2.3. Le grand paysage
- 2.4. Le paysage
- 2.5. Le segment
- 2.6. Le profil
- 2.7. L'horizon
- 2.8. L'analyse

3^{ème} partie : Constitution du SIG Burkina-Faso sur les sols

- 3.1. Définition du SIG
- 3.2. La collecte des documents (cartes papiers, cartes numérisées, textes, dessins)
- 3.3. L'intégration des données spatiales dans le SIG
- 3.4. Les corrections géométriques
- 3.5. La création des tables attributaires
- 3.6. Le lien avec la base de données sol-environnement « Valsol »

4^{ème} partie : Valorisation du SIG Burkina-Faso sur les sols : création d'un site web

4.1. Les objectifs du site

4.2. Les techniques utilisées

4.2.1. Les langages de programmation pour la construction de pages dynamiques (HTML, javascript, PHP)

4.2.2. Les techniques de traitement de l'image

4.2.3. Les techniques de mise en ligne de l'information géographique. Présentation de l'application jshape

4.3. La préparation des documents en vue de leur intégration dans le site web

4.3.1. Les documents papiers (textes, photos, dessins de paysage, toposéquences)

4.3.2. Les documents issus du SIG

4.4. Construction finale du site

4.4.1. Les règles générales à respecter

- La navigation
- L'arborescence physique
- La charte graphique

4.4.2. Insertion des documents

- Prise en compte de l'organisation de l'information pédologique
- Insertion des cartes et paramétrage de l'application jshape

Conclusion

INTRODUCTION

Le sujet de ce rapport « Mise en place d'un SIG et création d'un site web sur les sols du Burkina-Faso » s'inscrit à l'intérieur du projet "Valorisation des données pédologiques" ou "Valpédo" mené par J.C. Leprun (pédologue, directeur de recherche) à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD).

L'IRD est un établissement public à caractère scientifique qui conduit des recherches sur les milieux intertropicaux. Ces recherches concernent plusieurs domaines dont la pédologie, science qui étudie les caractéristiques des sols, leur formation, leur évolution et leur mise en valeur. Depuis plus de quarante ans, les pédologues de l'Institut ont généré une importante quantité de données sur les sols et les milieux naturels du Burkina-Faso.

Afin d'améliorer le stockage, l'exploitation et la transmission de ces données pédologiques, un Système d'Information Géographique (SIG) et une Base de Données sols sur le Burkina-Faso ont été créés. Ces outils informatiques sont des moyens efficaces de stockage de l'information mais aussi de structuration de celle-ci. Le SIG ouvre également des potentialités nouvelles en termes de représentation cartographique (à de multiples échelles) et en termes d'étude des relations spatiales.

Le site web sur le Burkina-Faso est la synthèse de cette réactualisation des données pédologiques. Il offre également la possibilité d'accéder à la richesse d'informations des bases de données et du SIG sans connaissances informatiques particulières. En cela, il est vraiment un outil de travail au service des acteurs du développement.

Ce rapport présente les différentes étapes de mon travail depuis la création du SIG jusqu'à la construction du site web.

Le site web sur le Burkina-Faso est accessible sur Internet à l'adresse suivante :
<http://xinchao.teledetection.fr/miruram/burkina>

1^{ère} partie

CONTEXTE DU STAGE

1.1. PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

1.1.1. L'IRD dans le monde

(Source Internet : <http://www.ird.fr/fr/inst/ird/presentation/>)

L'Institut de Recherche pour le Développement, ex-ORSTOM, est un établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle des ministres chargés de la Recherche et de la Coopération. Depuis cinquante ans, l'Institut conduit des recherches sur les milieux intertropicaux qui sont devenues des références internationales.

L'IRD remplit trois missions fondamentales : la recherche, l'expertise et la formation. Il propose à ses partenaires du Sud et aux acteurs du développement des recherches dans les grands domaines suivants :

- Milieux et environnement
- Ressources vivantes
- Sociétés et santé.

Les chiffres clés de l'institut (chiffres 2000)

1,12 milliard de francs de budget total dont 76 % de dépenses de personnel

2 300 agents

1 530 titulaires

780 chercheurs

750 ITA

750 agents de statuts divers

36% des agents titulaires affectés hors métropole, surtout en Afrique, dans les Dom-Tom et en Amérique latine

Des implantations dans 25 pays étrangers en zone intertropicale

5 implantations en métropole et 5 dans les Dom-Tom

7 nouveaux contrats de recherche avec l'Union européenne

18 nouvelles conventions de coopération signées en 1998 et 1999 avec les universités et les organismes de recherche

117 projets d'UR/US déposés, en cours d'évaluation

8 programmes nationaux

17 groupements de recherche, d'intérêt public et d'intérêt scientifique

Dispositif de recherche et de coopération

Un dispositif de recherche en France et à l'étranger

L'IRD mène des recherches en Afrique, dans l'Océan Indien, en Amérique latine, en Asie et dans le Pacifique. Il dispose pour ce faire de 35 implantations dont cinq en France métropolitaine (Paris, Bondy, Montpellier, Brest et Orléans), cinq dans les DOM-TOM (Guyane, Nouvelle-Calédonie, Polynésie Française, Martinique, La Réunion) et à l'étranger, dans 25 pays situés essentiellement dans la zone intertropicale.

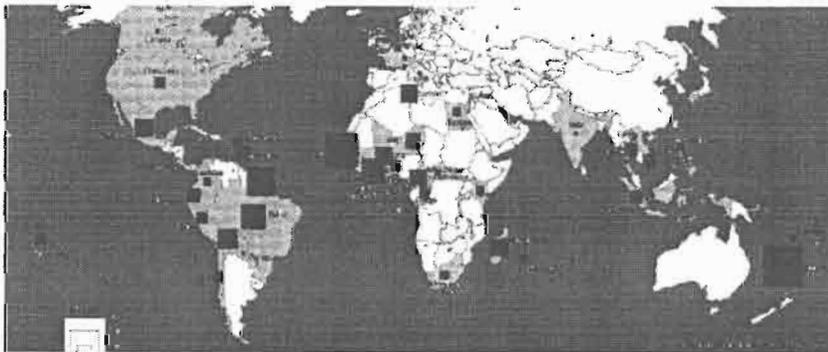
Une recherche en coopération

A l'IRD, les recherches se font en liaison avec les institutions d'enseignement supérieur et de recherches françaises et avec des partenaires du Sud. Ainsi, 600 des techniciens de l'IRD sont originaires du Sud et les programmes de recherche associent directement des chercheurs étrangers.

Engagé dans une centaine d'opérations soutenues par l'Union Européenne, l'Institut participe aussi à de nombreux programmes scientifiques internationaux.

Répartition des pôles de l'IRD dans le monde

(Source Internet : <http://www.ird.fr/fr/inst/ird/implantations/>)



1.1.2. L'IRD à Montpellier

(Source Internet : <http://www.mpl.ird.fr/pre.htm>)

L'IRD dispose à Montpellier de sa principale base scientifique en France. Programmé en 1983 dans le cadre de la décentralisation et inscrit dans le premier contrat de plan État-Région, le Centre de Montpellier, ouvert en 1988, a connu une croissance rapide du nombre de ses effectifs propres (de moins de 100 à plus de 300) et des stagiaires accueillis.

Dans le même temps, le Centre a organisé ses principales fonctions : point d'appui scientifique pour les équipes et les programmes outre-mer, base logistique regroupant les équipements lourds, lieu d'accueil pour la formation à la recherche, centre de mémoire et de référence internationale, carrefour d'échanges et de rencontres... Les collaborations avec la communauté scientifique régionale s'organisent à travers de multiples relations institutionnelles : partenariat d'Agropolis, laboratoires communs ou mixtes, réseaux et groupes thématiques, échanges de chercheurs ou d'équipes, formations doctorantes...

Par son double réseau de relations avec les établissements régionaux et avec les partenaires scientifiques du sud, l'IRD contribue largement à l'ouverture internationale de la recherche languedocienne.

Les principaux axes de développement

Les axes du développement de l'IRD en Languedoc-Roussillon répondent à plusieurs motivations :

- conformité aux orientations scientifiques de l'Institut ;
- appui efficace aux programmes de recherche en coopération ;
- maintien de relations fortes avec les institutions universitaires et de recherche ;
- regroupement d'équipes et de moyens avec d'autres établissements régionaux ;
- ouverture internationale et accueil de chercheurs étrangers.

Les principaux domaines de recherche

Avant la mise en place des nouvelles structures, l'IRD comprenait cinq départements scientifiques tous représentés à Montpellier :

- département Eaux Continentales
- département Milieux et Activités Agricoles
- département Santé
- département Terre, Océan, Atmosphère
- département Sociétés, Urbanisation, Développement

Leurs thèmes de recherche organisés en laboratoire recouvrent les domaines suivants :

- Science de la terre
 - * climatologie
 - * hydrologie
 - * pédologie
- Sciences de la vie – milieu aquatique
 - * systèmes et amélioration des plantes
 - * halieutique
 - * aquaculture
- Sciences de la vie – agronomie – environnement
 - * génétique et améliorations des plantes
 - * phytopathologie (dont virologie)
 - * biotechnologie (dont microbiologie)
 - * pédologie, sols cultivés
 - * agronomie, systèmes de production
- Sciences de la vie – santé humaine
 - * épidémiologie des maladies à vecteurs
 - * entomologie médicale
 - * rétrovirus (sida)
 - * génétique des parasites et des vecteurs
 - * nutrition
- Sciences de l'homme et de la société – milieu rural
 - * économie rurale
 - * anthropologie
 - * géographie

Les chiffres clés de l'Institut à Montpellier (chiffres 2000) :

1 centre principal (9 000 m²)
9 unités de recherches / grands programmes
2 unités mixtes de recherche CNRS/IRD/UMII
21 laboratoires
7 laboratoires inter-organismes
4 structures fédératives de recherche
3 centres collaborateurs ou de référence OMS/WHO
380 chercheurs, ingénieurs, techniciens, administratifs
130 allocataires de recherche et stagiaires par an
134 MF de budget consolidé
8 implantations

1.1.3. Lieu d'accueil : La Maison de la Télédétection

La Maison de la Télédétection est entrée en fonction sur le campus d'Agropolis en septembre 1994. Elle concrétise une volonté, affirmée depuis 1984, de l'Etat et de la Région Languedoc-Roussillon.



A l'initiative commune de l'Etat et de la Région Languedoc-Roussillon, il a été mis en place et soutenu dès 1984, le Pôle Régional de Télédétection, ayant comme principal objectif, dans le contexte général d'Agropolis, de favoriser la mise en synergie des organismes de recherche scientifique et leur rapprochement avec les utilisateurs potentiels de la Télédétection, en vue de mettre au point et de transférer des méthodes et des outils pré-opérationnels pour le traitement d'images satellitaires et aériennes.

Les dynamiques ainsi créées ont conduit l'Etat et la Région Languedoc-Roussillon, aidés par l'Union Européenne, à compléter le dispositif par la construction d'un site unique permettant le regroupement géographique des équipes et des moyens utilisés dans le domaine de l'analyse et du traitement des données géoréférencées.

Il constitue un cadre favorable au développement des activités et des missions respectives des partenaires :

- programmes spécifiques de recherche et de développement,
- actions de formation,
- actions de développement, en relation avec les utilisateurs, les unités spécialisées de chaque organisme et avec l'extérieur (autres régions, étranger).

Il permet de plus la mise en oeuvre d'actions communes de recherche, de développement, de formation et de transfert technologique entre :

- les utilisateurs régionaux,
- les scientifiques
- les organismes extérieurs (région, France, Étranger) sollicitant une intervention sous forme de collaboration scientifique, technique ou de formation.

Il concerne principalement des équipes du **Cemagref** (Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et forêts), de l'**ENGREF** (École nationale du génie rural, des eaux et forêts), du **CIRAD** (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le Développement), de l'**IRD** (Institut de recherche pour le développement) et de l'**INRA** (Institut national de la recherche agronomique) ainsi que le SIG Languedoc-Roussillon, soit une cinquantaine de personnels permanents et une vingtaine de personnes en séjour de moyenne ou longue durée.

1.1.4. Le Pôle IRD à la Maison de la Télédétection

(Source Internet : <http://xinchao.teledetection.fr/plaquette.html>)

Le Pôle "ressources naturelles et gestion de l'espace" de l'IRD à la Maison de la Télédétection a pour objectif le développement de traitements scientifiques des données de télédétection aérospatiale, ainsi que des méthodes d'intégration de l'information spatialisée dans les thématiques de recherche de l'Institut.

Orientations : "Connaissances spatialisées et spatialisation de la connaissance"

En complémentarité directe avec les données scientifiques, l'information satellitale a permis d'aborder depuis longtemps, une connaissance spatialisée par l'analyse d'image des zones d'études; et ceci dans un éventail de thématiques souvent limités par les spécificités du capteur utilisé.

L'augmentation de la diversité de ces capteurs (optiques multispectraux, radar imageurs), permet dorénavant d'associer le savoir-faire en télédétection à un échange permanent avec le thématicien. Ceci conduit à une nouvelle étape méthodologique, celle de la

spatialisation d'une connaissance spécifique et propre à une problématique, par le jeu de l'expertise du thématique sur les données satellitaires.

Ce partage de savoir-faire avec le thématique augmente et enrichit la qualité globale des bases de connaissances spécialisées, exploitées par des logiciels-outils tels que les SIG.

Les orientations de ce laboratoire sont ainsi tournées vers la mise à disposition d'un savoir faire en télédétection, en liaison avec les systèmes d'information, afin de construire une véritable stratégie de l'utilisation des données satellitaires dans le domaine de l'environnement.

Compétences spécifiques

- Expertise sur projets d'intégration de l'information spatialisée dans les programmes scientifiques;
- Traitements de données à basse résolution spatiale (Noaa, Météosat) et haute résolution spatiale dans le domaine de la fenêtre optique (Spot, Landsat...) et celle du radar (ERS1, JERS1, Radarsat...);
- Capitalisation : savoir-faire, bases de données images (1200 scènes) acquises par l'Institut (sur CDROM);
- Veille/Transfert de technologie (projet européen Icaros; thèse sur l'apport de l'information hyperspectrale -capteur Meris-)
- Formations : accueil de partenaires, stages, thèses.
- Participation aux programmes institutionnels répondant à des problématiques de gestion de l'environnement :
 - Systèmes d'Information sur l'Environnement (SIE) : en milieu marin (Jason) et en milieu aride (Roselt).
 - Surveillance de l'environnement assistée par Satellite (Réseau SEASnet).
 - Med-Hycos (système Méditerranéen d'observation du cycle hydrologique, programme Hycos de l'OMM).
 - **Miruram** : Milieu Rural et Aménagement (Base de connaissances SIG - BD - Hypertexte).

1.2. VALPEDO : VALORISATION DES DONNEES PEDOLOGIQUES

1.2.1 Objectifs du projet VALPEDO

La prise de conscience de la nécessité et de l'urgence de sauver le patrimoine pédologique de l'IRD (autrefois Orstom), a amené J.C. Leprun à créer en octobre 1997 une action incitative nommée "Valorisation des données pédologiques". Cette action visait deux objectifs :

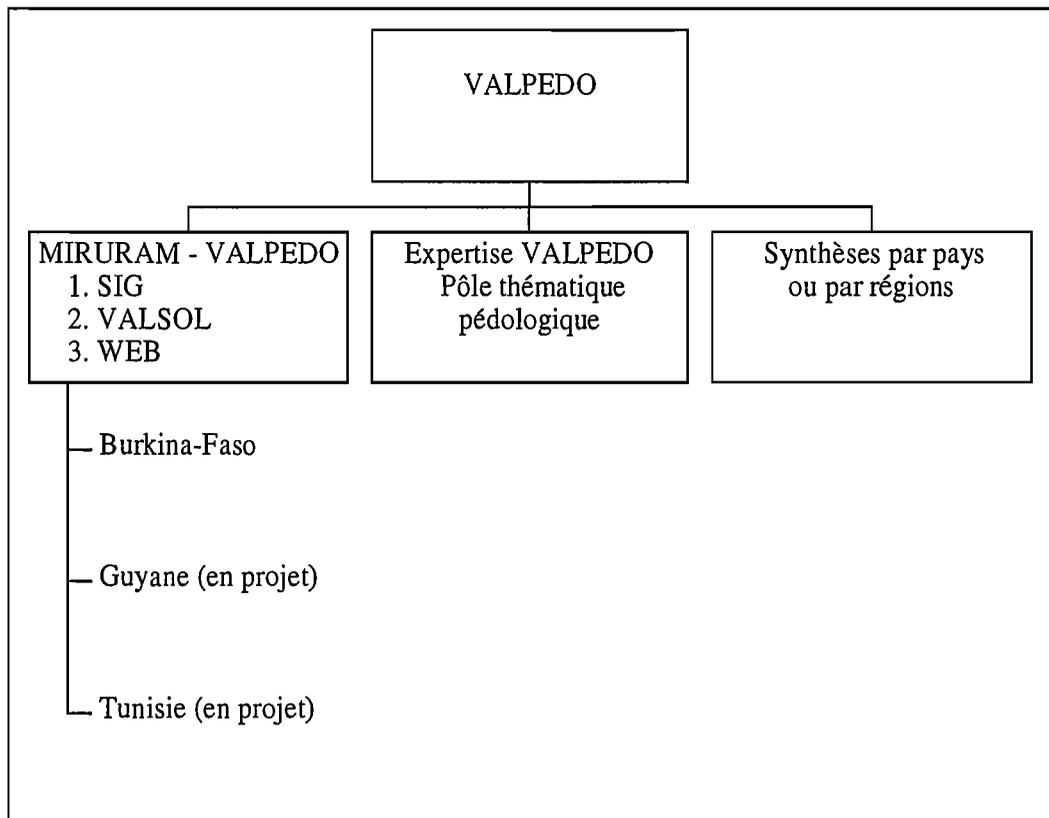
- Des synthèses par pays
- Mises à jour des références bibliographiques (littérature grise)

MIRURAM (projet de recherche mené par A. Beaudou jusqu'en 1998) avait pour objectif de mettre à la disposition des acteurs du développement des informations environnementales sous forme d'hypertextes.

La création du projet d'US « VALPEDO » en 1999 est la fusion de l'action incitative et de MIRURAM (J.C. Leprun, A. Beaudou, H. Le Martret).

Ce projet poursuit trois objectifs :

- L'informatisation des données pédologiques détenues par l'IRD et leur intégration dans des Bases de Données et des Systèmes d'Information Géographique.
- La réalisation de synthèses par pays et/ou par régions.
- L'expertise pour la gestion de l'environnement (reconnaissance des sols sur le terrain).



1.2.2. MIRURAM VALPEDO : une base de connaissance en pédologie

MIRURAM est une base de connaissance hypertexte conçue et réalisée par Alain Beaudou et Hervé Le Martret. Cet outil multimédia a initialement été développé pour présenter le milieu rural et son aménagement en Indonésie (1990-1995) et au Vietnam (1997). Entre ces deux opérations, les technologies utilisées pour l'hypertexte se sont orientées vers le web. Inséré dans l'US VALPEDO, ce projet d'informatisation des données a pris le nom de MIRURAM VALPEDO. Cette action est organisée autour de trois pôles : un SIG, une base de données et un site web.

Son principal objectif est de devenir un véritable outil de connaissance, de gestion de l'information et d'aide à la décision en répondant à un certain nombre de questions que peuvent se poser chercheurs et responsables du développement.

- Il permet une consultation rapide de l'information scientifique sur le réseau internet ou intranet grâce aux capacités des hypertextes et aux interfaces d'interrogation de la base de données pédologiques.
- Il permet d'intégrer des informations de types très divers :
 - cartes pédologiques, de paysages
 - analyses chimiques et physiques des sols, caractères de fertilité, d'érosion
 - interprétations graphiques (distribution des sols et des éléments, etc.).
 - définitions
 - photos
- Il permet d'organiser ces informations selon des schémas scalaires et thématiques. Les cartes thématiques peuvent correspondre aux différentes échelles administratives ou aux différentes échelles de perception du milieu naturel.
- Il permet de nombreuses comparaisons avec d'autres domaines thématiques (climat, hydrologie, géologie, géomorphologie, biogéographie, population, etc.).
- Il reste ouvert à des mises à jour régulières.
- Enfin, « Miruram Valpédo » est aussi un outil pour la formation et un support d'enseignement à tous niveaux.

Miruram Valpédo est accessible sur Internet à l'adresse suivante : <http://xinchao.teledetection.fr/miruram>

1.3. LE SUJET DE STAGE

1.3.1. Objectifs du stage

La constitution du SIG et du site web sur les sols du Burkina-Faso est une contribution à l'avancement du projet VALPEDO (valorisation des données pédologiques).

Le choix du Burkina-Faso s'explique par trois raisons :

- La présence à l'Institut d'une importante quantité de données sur les sols et les milieux naturels du Burkina-Faso insuffisamment connue des acteurs du développement en Afrique de l'Ouest.
- La très bonne connaissance par J.C. Leprun (porteur du projet VALPEDO) des sols et de l'environnement du Burkina-Faso.
- L'existence d'échanges scientifiques entre l'IRD VALPEDO et les institutions de recherche en environnement du Burkina-Faso (principalement avec l'Institut National de Recherche Agronomique -INERA- de Ouagadougou).

L'objectif du stage n'est nullement de fournir une vue exhaustive du savoir acquis par l'IRD sur les sols du Burkina-Faso, mais d'élaborer la maquette d'une future base de connaissance sur les sols de ce pays ; le SIG, la base de données et le site web étant destinés à être pris en main et développés ultérieurement par les chercheurs burkinabés (actions de formation).

Une partie importante de ce rapport sera donc consacrée à la présentation des solutions techniques retenues pour la construction du SIG, ainsi que pour la création des interfaces de visualisation et d'interrogation de l'information géographique sur le web.

1.3.2. Déroulement du stage

Le stage s'est déroulé en trois étapes :

- Constitution du SIG Burkina-Faso sur les sols et intégration des données
- Préparation des documents issus du SIG en vue de leur intégration dans un site web
- Création du site web

Chacune de ces étapes a nécessité la prise en main de plusieurs logiciels ainsi que la connaissance de notions essentielles en pédologie et en morfo-pédologie car l'informatisation des données conduit à structurer et hiérarchiser l'information. Or, cette phase de normalisation des données ne peut se faire sans une bonne connaissance des principes fondamentaux sur lesquels repose la science des sols.

1.3.3. Présentation du Burkina-Faso

Pays d'Afrique de l'Ouest situé au centre de la boucle du Niger, le Burkina-Faso possède une superficie de 274 200 km². Enclavé entre six pays (Mali, Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Niger), le Burkina-Faso ne possède aucun accès à la mer, distante de plusieurs centaines de kilomètres, ni même à la grande voie d'eau de l'Afrique de l'Ouest, le Niger. Le Burkina-Faso est relié aux pays côtiers par un réseau routier bitumé sur près de 3 000 km et par une ligne ferroviaire Niger - Abidjan. Les relations économiques avec la Côte d'Ivoire sont très importantes (on estime à environ 2 000 000 la population burkinabée qui travaille en Côte d'Ivoire).

Avec 11 millions d'habitants (estimation pour l'an 2000), le Burkina-Faso est un pays densément peuplé en comparaison de ses voisins Mali et Niger. La population reste très majoritairement rurale. La capitale Ouagadougou (600 000 habitants) est la seule ville du pays à posséder une population supérieure à 200 000 habitants.

L'agriculture et l'élevage sont les plus importantes ressources malgré des sols généralement pauvres car, sur de vastes surfaces, affleurent des cuirasses ferrugineuses. Ces cuirasses couvrent de grandes étendues au centre et à l'est du pays, sous forme de plateaux ou de petites buttes, et sont associées aux sols ferrugineux tropicaux. Profondeur insuffisante du sol, réserve en eau faible, pauvreté du matériau originel en éléments nutritifs principaux, en font des sols en grande partie inaptes à la mise en culture. Ils sont cependant cultivés dans les zones à forte densité de population, par exemple en pays Mossi. Ce sont aussi des terrains de parcours pour le bétail.

1.4. MATERIEL INFORMATIQUE ET LOGICIELS

1.4.1. Le matériel

Au cours du stage, les machines mises à ma disposition étaient un PC Pentium II 350 Mhz doté de 256 Mo de RAM sous Window NT et une station Sun sous Solaris 2.6. Cette dernière héberge le site web MIRURAM et la maquette sur le Burkina-Faso.

Les périphériques utilisés :

- Moniteur Transtec ; écran 17 pouces
- Carte SCSI Adaptec AHA PCI Ultra 2
- Lecteur ZIP Iomega
- Scanner AGFA
- Scanner diapo
- Imprimantes HP Color Laser Jet et Epson Stylus Color 740
- Lecteur CDROM

La Maison de la Télédétection est dotée d'un réseau local TCP/IP avec une typologie en étoile à 10 ou 100 Mb/s. Le réseau est relié à RENATER (réseau national enseignement recherche) via le frontal du CIRAD par une ligne fibre optique à 2Mb/s. C'est la plaque régionale du Languedoc Roussillon (PRLR) qui relie le CIRAD à RENATER.

1.4.2. Les logiciels

Ultra Edit (produit IDM Comp)

Ultra EDIT est un éditeur Texte utilisé en programmation pour écrire le code source d'un fichier. Nous l'avons utilisé pour écrire les fichiers HTML, le code javascript et les applets java. Il possède en outre deux caractéristiques intéressantes : la coloration syntaxique du code et la conversion de format (mac/dos/unix), ce qui permet d'éviter parfois quelques problèmes.

Adobe Illustrator 8.0 (produit Adobe)

Adobe Illustrator est très utilisé pour combiner sur une même page dessins, graphiques et textes. Il fonctionne en mode vecteur, ce qui rend possible des agrandissements ou des réductions de l'image sans déformations. Nous l'avons utilisé pour dessiner des séquences de paysage. Pour rendre les images intégrables dans le site web, l'enregistrement doit se faire au format PDF car Adobe Illustrator n'enregistre pas aux formats GIF et JPG (formats les plus fréquents sur le web).

Adobe Photoshop 5.0 (produit Adobe)

Adobe Photoshop est un logiciel de dessin qui fonctionne essentiellement en mode raster ou maillé. Il est très utilisé pour la retouche de photos (recadrage, changement de couleurs, accentuation du contraste...). Il possède en outre un utilitaire qui permet de scanner les images.

Adobe PageMill 3.0 (produit Adobe)

Adobe PageMill est un outil de création de pages web. Ses fonctionnalités sont nombreuses (création de tableaux, de frames, insertion d'images...). Nous l'avons principalement utilisé pour définir les zones actives d'une image (définition de la balise MAP AREA dans les fichiers HTML).

ArcView 3.1 (produit Esri)

ArcView est un logiciel SIG utilisé pour stocker, gérer et analyser (au moyen de requêtes) des données spatialisées. Il contient également des outils de restitution cartographique (impression au format EPS). Les fichiers sont des formats « propriétaires » (SHP, SHX...) pour les données géométriques et DBF pour les données attributaires.

ArcView est composé d'un module de base auquel il est souvent nécessaire d'ajouter des modules d'extension qui peuvent être chargés pour augmenter petit à petit les fonctions du logiciel. Dans le cadre du SIG sur le Burkina-Faso, seul le module de base a été utilisé. L'extension ArcView « Spatial Analyst » est un module de traitement de données raster (« grid ») plus adapté à la modélisation. D'autres modules existent peu utilisés à la Maison de la Télédétection.

L'architecture logique d'ArcView est organisée autour de la notion de projet, de vues et de thèmes.

Projet

C'est un fichier texte qui décrit la présentation générale de l'interface utilisateur, les fichiers utilisés pour un projet particulier et leurs organisations dans le projet (quels sont les thèmes associés à une vue, les fichiers associés à un thème etc.).

Vues

Une vue est une représentation partielle de la réalité (de l'ensemble des fichiers du projet). Chaque vue est composée de un ou plusieurs thèmes projetés dans un même référentiel géographique. Pour le Burkina-Faso, nous avons les thèmes sols, géologie, séquences de paysage, profils pédologiques, rivières, villes, routes et départements.

Thèmes

Le thème est un ensemble d'entités (ou objets) associés à des tables attributaires. Un thème peut être visible ou non. Un thème est associé à un fichier « de formes » (SHP).

C'est à ce niveau que s'opèrent les requêtes géographiques (intersections de thèmes, inclusion, zones tampon...).

Tables

Les tables contiennent les attributs (ou données sémantiques) des entités spatiales représentées sur la carte (points, lignes ou polygones). Des requêtes peuvent être effectuées sur tout ou partie de ces tables attributaires et les résultats de ces requêtes peuvent être directement affichés sur la carte.

Mises en page

ArcView offre la possibilité de créer des mises en page qui seront automatiquement réactualisées à chaque modification des données. Les mises en pages contiennent les éléments d'habillage de la carte (légende, échelle, orientation, titre) et sont enregistrables au format EPS.

Scripts

Les scripts ArcView sont écrits avec Avenue, le langage de programmation orienté objet d'ArcView. Avenue permet de personnaliser presque tous les aspects d'ArcView, de l'ajout d'un bouton pour exécuter un script, à la création de toute une application. Enfin, une bibliothèque fournie par ArcView contient un ensemble de scripts utiles pour gérer les tables (modification des intitulés des champs, de l'ordre des champs, suppression d'enregistrements...) et tout autre élément de l'environnement.

Le logiciel ArcView est largement utilisé dans les domaines de l'urbanisme, de l'environnement, du marketing...

L'ensemble du SIG Burkina-Faso sur les sols a été constitué avec ArcView.

Edit Tool 2.01 (produit par Ianco)

Edit Tool est une extension développée en langage Avenue utilisée pour éditer et modifier les données enregistrées aux formats ArcView. Sa principale fonction est la correction géométrique et topologique des couches cartographiques. Il peut supprimer les chevauchements entre polygones, regrouper des polygones, les découper...

Edit-Tool est accessible sur Internet à l'adresse suivante : <http://gis.esri.com/arcscripts/details.cfm?CFGRIDKEY=951193169>

Jshape 2. (développé par Shiuhlin)

Jshape est une interface de présentation sur le web des données du SIG ArcView. Le lancement de jshape s'effectue depuis des applets java intégrées dans une page HTML. Ses principales caractéristiques sont la possibilité de zoomer sur les cartes et la possibilité d'extraire (au moyen de scripts) les données associées aux entités spatiales du SIG.

Jshape est accessible sur Internet à l'adresse suivante : <http://www.jshape.com>

2^{ème} partie

LES DONNEES A MODELISER

NOTIONS DE MORPHO-PEDOLOGIE

Le **sol** résulte de l'altération des roches sous l'action du climat (température et pluviosité) puis du développement de l'activité de la faune et de la flore. L'épaisseur du sol est variable, du centimètre à plusieurs mètres.

Etude pédologique

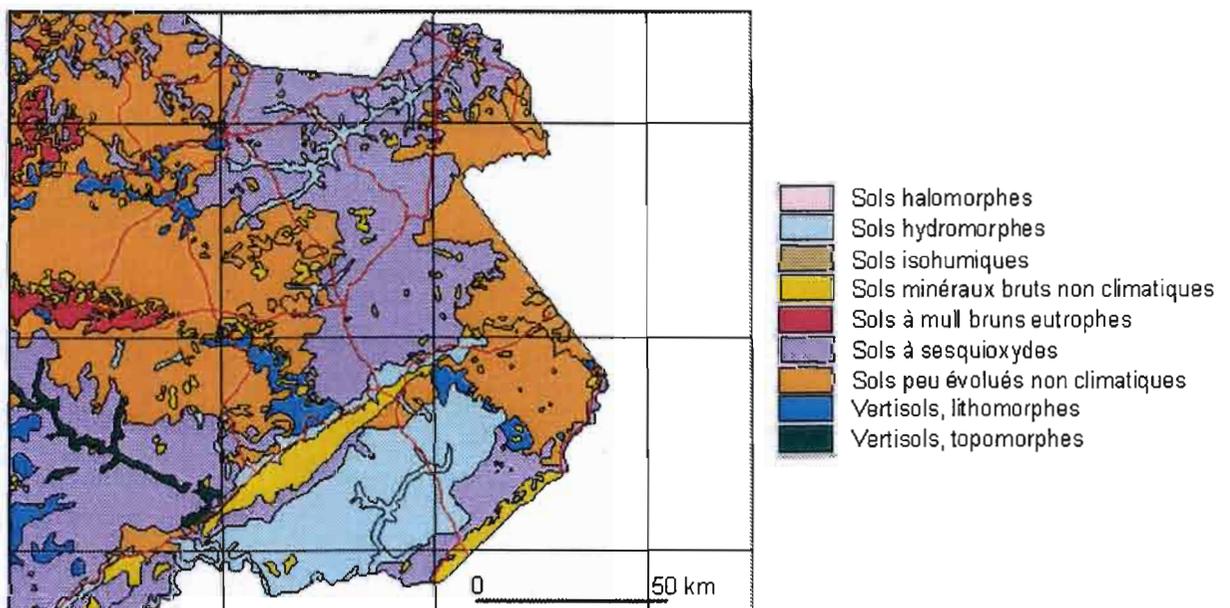
L'objectif d'une étude pédologique d'inventaire est de produire un document comprenant une carte décrivant la répartition des sols d'une zone déterminée et une notice précisant les caractéristiques de ces sols. Pour ce faire, les pédologues procèdent à un premier découpage de la zone d'étude en exploitant les documents existants (différents types de cartes, photos aériennes, ...). C'est la phase d'identification, suivie par une phase de terrain et de collecte des données : description de fosses pédologiques (profils), de leur environnement et prélèvements d'échantillons qui seront analysés en laboratoire.

La phase finale consiste à interpréter et extrapoler les observations et les résultats à l'ensemble de la zone d'étude. C'est le découpage spatial et la réalisation de la carte pédologique ou morpho-pédologique.

Carte pédologique

La carte est donc la synthèse des données de terrain. Selon les contraintes de l'étude (superficie, hétérogénéité des milieux, ...), les cartes se font à différentes échelles.

Carte pédologique de la province de Tapoa (Burkina-Faso)



Selon l'échelle retenue, on représentera sur une carte des unités cartographiques :

- de grands paysages (petite échelle : $>1/200000$)
- de paysages (moyenne échelle : de $1/200000$ à $1/50000$)
- de segments (grande échelle : de $1/50000$ à $1/5000$)

Les unités ayant les mêmes caractéristiques sont identifiées par une couleur, une trame identiques.

Le paysage représente le concept central le plus communément cartographié.

Grand paysage

C'est une entité géomorphologique caractérisée essentiellement par un type de roches ou par une association de roches similaires.

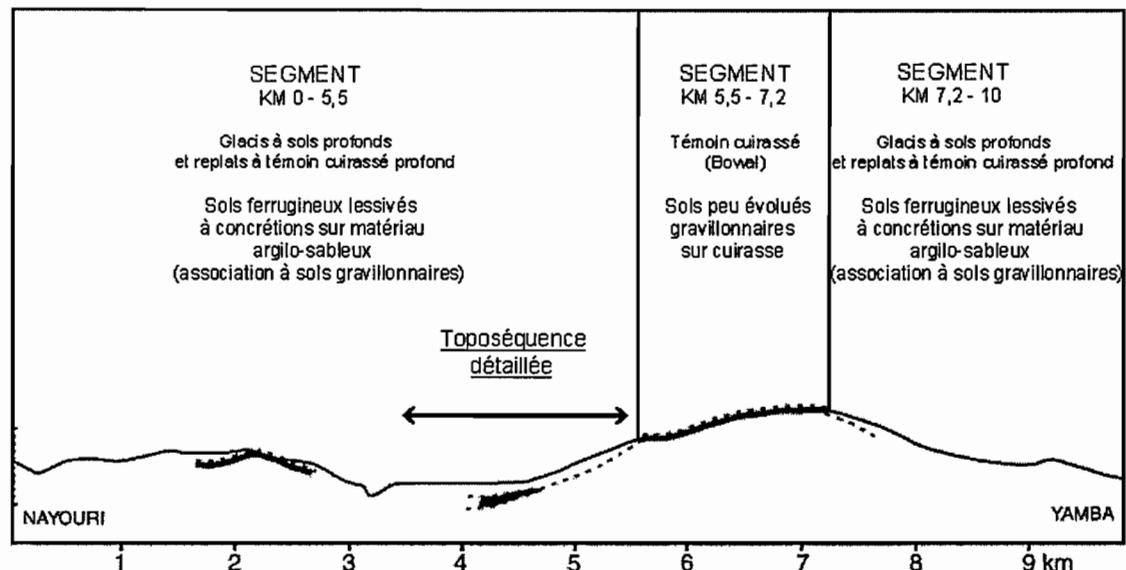
Le grand paysage regroupe donc des successions de types de paysages géographiquement voisins les uns des autres et ayant pour dénominateur commun un type pétrographique.

Paysage

Cette notion, déjà ancienne en géographie, peut être définie comme une unité de modelé caractérisée par une phyto-toposéquence, ou plus simplement par une toposéquence. Une toposéquence est une coupe transversale d'un modelé partant du point le plus élevé vers le point le plus bas. Elle peut traverser les différents segments constitutifs du paysage ou ne concerner qu'un seul d'entre eux.

Le paysage est donc caractérisé par sa forme (en cuvette, ondulé, rectiligne,...), sa dénivelée et différentes associations de sols et de végétations.

Séquence d'un paysage à « amont cuirassé » (Burkina-Faso)

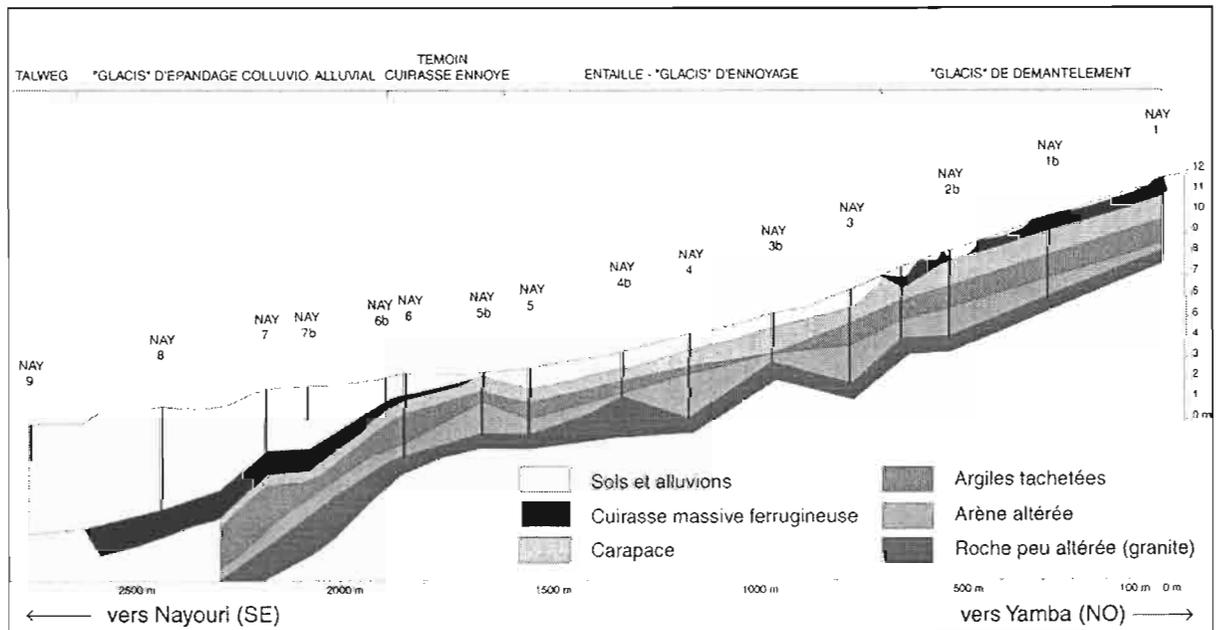


Segment

Un segment est une portion de paysage possédant une ou plusieurs caractéristiques de sols, de végétation et/ou de topographie (valeur et longueur de la pente, formes en plan et en profil). C'est donc une « unité d'environnement » qui est en fait l'unité élémentaire du paysage. Les limites d'un segment de paysage correspondent souvent aux lignes de rupture ou d'inflexion de pente. Ces limites et les unités qu'elles déterminent peuvent faire l'objet d'une restitution cartographique à l'échelle régulière du 1/100.000 ou du 1/200.000 dans les régions sahéliennes.

Les unités des cartes pédologiques du Burkina-Faso peuvent se rattacher à ce niveau d'observation bien que cette notion n'existait pas en 1968-69 (années d'édition des cartes).

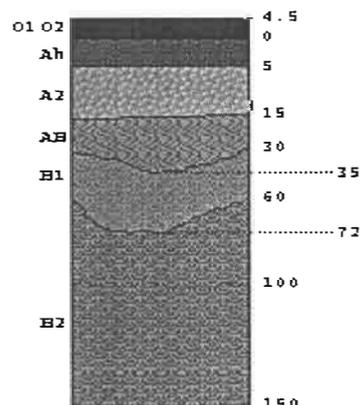
Toposéquence d'un segment de paysage avec ses profils (Burkina-Faso)



Profil

Un segment de paysage est décrit par un ou plusieurs profils. Le profil est une coupe verticale qui permet d'observer le sol, de la roche mère à la surface. Il est défini par des caractères morphologiques et par sa classification.

Schéma d'un profil et de ses horizons



Horizon

Les horizons sont des couches d'épaisseur et de nature variables approximativement parallèles à la surface du sol. Leur succession et leurs caractéristiques permettent de définir un sol.

Analyse

Des échantillons sont prélevés sur le terrain par horizon, puis analysés en laboratoire afin de préciser les caractéristiques physico-chimiques du sol. Les analyses permettent aussi d'évaluer et de préciser les potentialités agricoles du sol.

Profils, horizons et analyses synthétiques

Le profil synthétique est un profil moyen défini à partir de données provenant de profils réels. Un ou plusieurs profils synthétiques caractérisent une unité cartographique de segment.

Les profils synthétiques sont subdivisés en horizons synthétiques, caractérisés par des analyses synthétiques. Aux profils, horizons et analyses synthétiques sont associées des valeurs moyennes encadrées le plus souvent par des valeurs minimales et maximales.

3^{ème} partie

CONSTITUTION DU SIG BURKINA-FASO SUR LES SOLS

Le SIG Burkina-Faso a été motivé par la volonté de rassembler un maximum de données spatialisées sur l'environnement et les sols du Burkina-Faso (cartes, séquences de paysage, segments, profils ...) dans un système géographique commun.

Ce chapitre expose la mise en place du SIG ainsi que ses perspectives d'évolution en relation avec la base de données sol-environnement « Valsol ». Mais il ne s'étend pas sur la phase d'exploitation du SIG (analyse des données, comparaison des thèmes en vue d'une synthèse de l'environnement du Burkina-Faso).

3.1. DEFINITION DU SIG

La finalité d'un SIG est de structurer l'information géographique de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles au thématicien et à l'aménageur (M. Didier, 1990). Un SIG regroupe les fonctionnalités de collecte, de traitement et de restitution d'information géographique. Un logiciel SIG doit donc savoir stocker de l'information, répondre à des requêtes et faire des cartes. Contrairement à la cartographie automatique et à tout autre logiciel graphique, l'organisation de l'information dans un SIG se distingue par le lien avec une base de données ou des tables attributaires. A chaque objet ou primitive géométrique est associé des informations thématiques.

3.2. LA COLLECTE DES DOCUMENTS

Les informations géographiques (cartes papiers, cartes numériques) et les informations documentaires (textes et dessins) ont été collectées auprès des différents services IRD à Montpellier et à Bondy.

Cartes papiers

- Cartes pédologiques au 1/500.000 du Burkina-Faso, centre ORSTOM de Dakar-Hann, prospections réalisées par R. Boulet, J.C. Léprun, B. Kaloga, R. Moreau et J.M. Rieffel (1968, 1969, 1970).
- Carte géologique de l'Afrique de l'Ouest au 1/2.000.000 réalisée par le BRGM, prospections réalisées par A. Blanchot, J.P. Dumas et A. Papon (1972).
- Carte routière au 1/1.000.000 réalisée par l'IGN France (1994).

Cartes déjà numérisées

- Cartes pédologiques au 1/500.000 numérisées et vectorisées avec le logiciel FORBAN par P. Faure au centre IRD de Bondy.
- Couches cartographiques (routes, rivières, villes) récupérées sur le site de " Digital Chart of the World ". (<http://www.maproom.psu.edu/dcw>)

Documents scientifiques

- Notices explicatives des cartes pédologiques au 1/500.000, Centre ORSTOM de Dakar-Hann, J.C. Leprun, R. Boulet, B. Kaloga, R. Moreau et J.M. Rieffel (1968 1969, 1970).
- Notice de la carte géologique au 1/2.000.000, BRGM, A. Blanchot et al (1972).
- Séquences morpho-pédologiques réalisées sur papier calque (J.C. Leprun et R. Boulet).
- Atlas du Burkina-Faso, éd. Jeune Afrique (1975).

3.3. L'INTEGRATION DES DONNEES SPATIALES DANS LE SIG

La numérisation

La carte routière et la carte géologique ont été scannées au format A0 et enregistrées au format TIFF.

Le géoréférencement

Les cartes scannées ont été référencées dans un même système de projection cartographique (projection Mercator UTM 1983 – zone 30) et dans un même référentiel géodésique (ellipsoïde de Clarke 1880) afin de les rendre superposables dans le SIG. Le géoréférencement s'est appuyé sur des points d'amer (points de la carte dont on dispose des coordonnées géographiques).

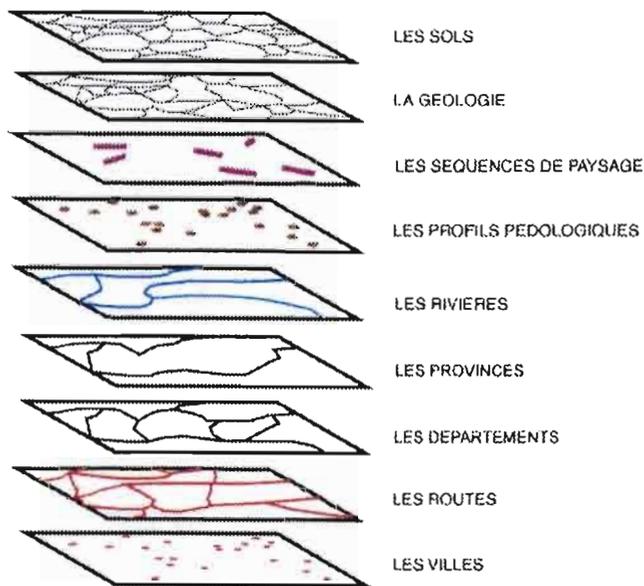
La vectorisation

La vectorisation permet de récupérer la géométrie des objets (contours, repères graphiques...) disposés sur un plan. Pour le Burkina-Faso, la vectorisation a consisté à dessiner la couche géologique du SIG à l'aide de la carte scannée et géoréférencée en arrière-plan.

Dans le logiciel de SIG ArcView, les objets spatiaux (ponctuels, linéaires, surfaciques) sont rangés dans des fichiers « de formes » : les shapefiles, et sont décrits par :

- leur position (les objets sont des entités géométriques autonomes, localisées dans l'espace par des coordonnées géographiques).
- leurs attributs (caractères non spatiaux).

Composition thématique du SIG Burkina-Faso



3.4. LES CORRECTIONS GEOMETRIQUES

La vectorisation des entités (polygones, polygones) n'est jamais parfaite et il subsiste toujours des problèmes de juxtaposition de limites entre polygones, de fermetures de contours... Par défaut, ArcView ne possède pas d'outil permettant de remédier à ce problème car il ne gère pas la topologie, c'est à dire les relations spatiales des objets les uns par rapport aux autres : les intersections, les inclusions, l'adjacence, la proximité.

Un utilitaire (extension d'ArcView) du domaine public (Edit Tool) a donc été installé pour reconstruire une topologie. Les intersections et les adjacences sont calculées et conduisent à la définition de sommets (ou nœuds), d'arcs et de faces. Dans ce mode topologique, deux arcs quelconques ne peuvent se couper. Edit Tool est donc capable de corriger des incohérences topologiques comme les chevauchements entre polygones, l'existence de trous dans le graphe.

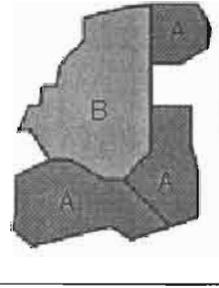
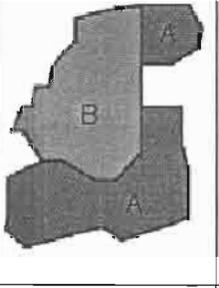
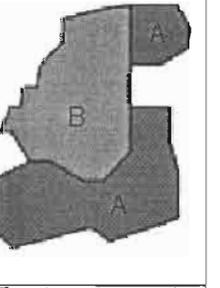
Exemples de fonctionnalités d'Edit Tool

Les options de nettoyage « Clean » avec Edit-Tool

Situation de départ	Option Clean and Join		Option Clean
Chevauchements entre polygones de types 1 et 2	Les zones de chevauchement sont englobées dans les polygones de type 1	Les zones de chevauchement sont englobées dans les polygones de type 2	Les zones de chevauchement deviennent des polygones à part

A l'échelle du 1/2.000.000 (carte géologique de l'Afrique de l'Ouest), les zones de chevauchement d'une surface inférieure à 1,5 km² sont des erreurs de vectorisation. Il est donc nécessaire de les rattacher au polygone voisin à l'aide de l'option "Clean and Join".

Les options d'agrégation d'entités avec Edit-Tool

Situation de départ	Option Dissolve	Option Geoprocessing Wizard
		
Les polygones de type A possèdent les mêmes attributs	Les polygones de type A adjacents sont englobés dans une même entité	Tous les polygones de type A adjacents ou non adjacents sont englobés dans un polygone "multipart" composé de 2 parties

3.5. LA CREATION DES TABLES ATTRIBUTAIRES

Caractéristiques des tables attributaires d'ArcView

Dans ArcView, à chaque couche d'informations vectorisée (sols, géologie, villes, départements...) correspond une table attributaire. Celle-ci contient des informations relatives à chaque entité polygonale, linéaire ou ponctuelle (exemples : identifiant, superficie du polygone, intitulés des unités pédologiques...). Les tables attributaires peuvent contenir de grosses quantités d'informations mais leur structuration reste limitée. Elles ne sont aucunement assimilables à une base de données relationnelles. En effet, ArcView ne peut être considéré comme un SGBDR (système de gestion de base de données relationnelle) car les tables ne suivent pas le modèle relationnel. ArcView n'a pas été conçu pour effectuer des croisements et des interrogations complexes de données inter-tables et propose peu d'outils pour contrôler la validité des données.

Cependant, la fonction SQL d'ArcView permet de se connecter sur un serveur de base de données (Oracle, Ingres, Informix, Sybase, PostgreSQL) via une liaison ODBC. Le serveur peut se trouver sur une poste distant à condition d'être en réseau.

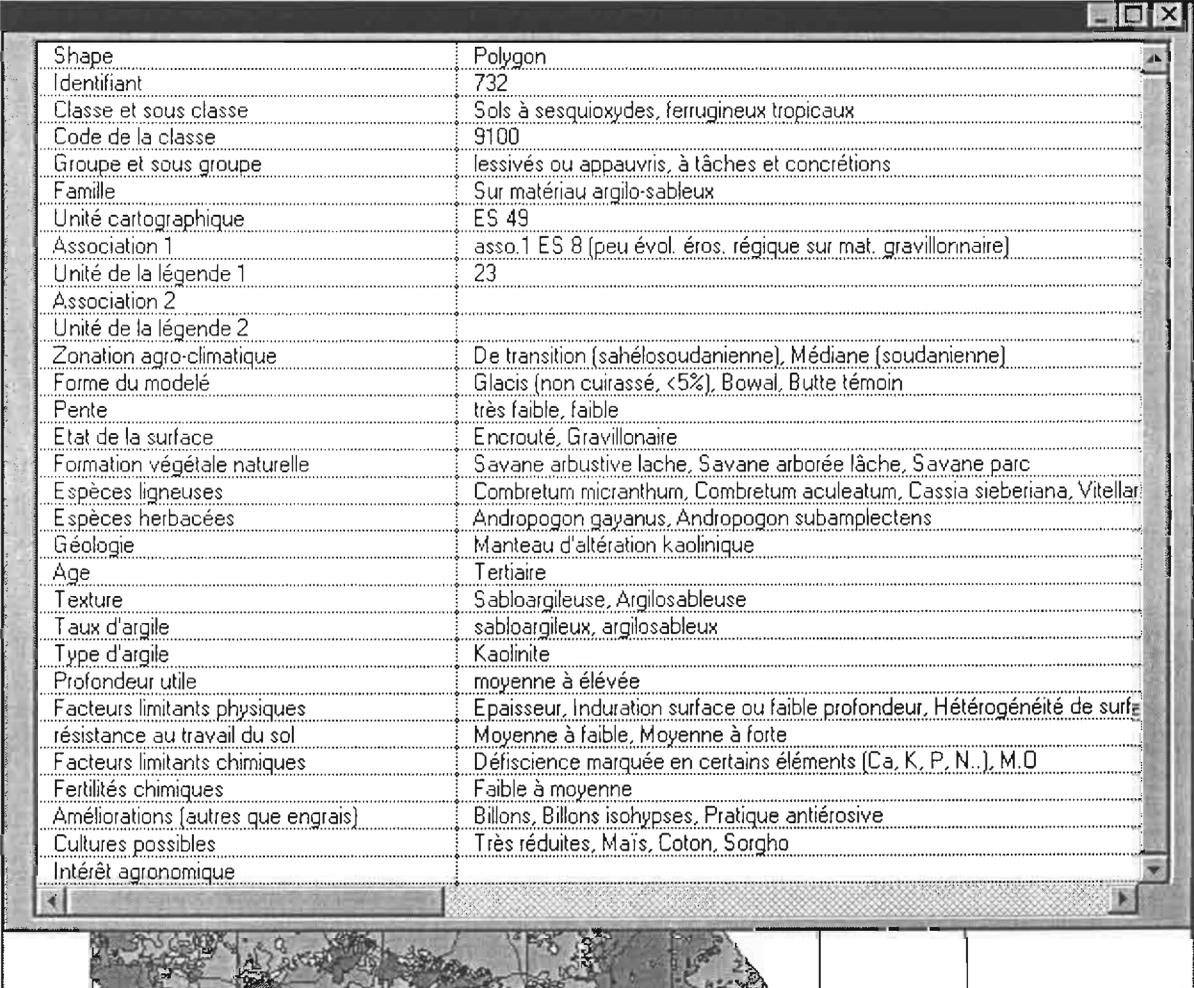
Pour terminer, des jonctions sont possibles entre les tables attributaires dBase (DBF) d'ArcView et les fichiers aux formats Excel, dBase, texte et INFO (format de données tabulaires utilisé dans ARC INFO). Les données au format Excel doivent être converties au format texte avant insertion dans ArcView.

Insertion des données attributaires

Avec ArcView, les données attributaires peuvent être confectionnées sous Excel puis intégrées dans le SIG. Ainsi une grille de données remplie par J.C. Leprun, pédologue, a permis de renseigner chaque entité sol de la carte. Une jonction a ensuite été opérée entre la table dBase (DBF) qui contient l'identifiant du polygone et le fichier Excel enregistré au format texte.

Plusieurs informations ont ainsi pu être attachées à chacune des entités de la carte en relation avec la classification pédologique (classe, groupe, famille...), les zones agroclimatiques, la topographie, la végétation (espèces ligneuses et herbacées), la géologie, la fertilité physique (texture, type d'argile, profondeur utile...), la fertilité chimique et l'agronomie (cultures possibles, intérêt agronomique..).

Attributs d'une entité spatiale de la carte du Burkina-Faso (région Est). Logiciel ArcView



Shape	Polygon
Identifiant	732
Classe et sous classe	Sols à sesquioxides, ferrugineux tropicaux
Code de la classe	9100
Groupe et sous groupe	lessivés ou appauvris, à tâches et concrétions
Famille	Sur matériau argilo-sableux
Unité cartographique	ES 49
Association 1	asso.1 ES 8 (peu évol. éros. régique sur mat. gravillonnaire)
Unité de la légende 1	23
Association 2	
Unité de la légende 2	
Zonation agro-climatique	De transition (sahélosoudanienne), Médiane (soudanienne)
Forme du modelé	Glacis (non cuirassé, <5%), Bowal, Butte témoin
Pente	très faible, faible
Etat de la surface	Encrouté, Gravillonnaire
Formation végétale naturelle	Savane arbustive lâche, Savane arborée lâche, Savane parc
Espèces ligneuses	Combretum micranthum, Combretum aculeatum, Cassia sieberiana, Vitellaria
Espèces herbacées	Andropogon gayanus, Andropogon subamplectens
Géologie	Manteau d'altération kaolinique
Age	Tertiaire
Texture	Sabloargileuse, Argilosableuse
Taux d'argile	sabloargileux, argilosableux
Type d'argile	Kaolinite
Profondeur utile	moyenne à élevée
Facteurs limitants physiques	Epaisseur, Induration surface ou faible profondeur, Hétérogénéité de surf
résistance au travail du sol	Moyenne à faible, Moyenne à forte
Facteurs limitants chimiques	Déficience marquée en certains éléments (Ca, K, P, N...), M.O
Fertilités chimiques	Faible à moyenne
Améliorations (autres que engrais)	Billons, Billons isohypses, Pratique antiérosive
Cultures possibles	Très réduites, Mais, Coton, Sorgho
Intérêt agronomique	

Néanmoins, cette structuration (en tables simples) ne permet pas de gérer efficacement des informations plus complexes. Il sera nécessaire d'y adjoindre **une base de données relationnelle** afin de faciliter les comparaisons, la gestion et l'organisation des données pédologiques. Les bases de données relationnelles apportent une solution aux problèmes de redondance de l'information, sources de problèmes pour les mises à jour...

Quelques notions élémentaires concernant la conception des bases de données relationnelles

Base de données

Structure de données permettant de stocker et de fournir, à la demande, des données à de multiples utilisateurs indépendants. Une base de données :

- garantit l'indépendance entre données et programmes d'application
- permet une administration centralisée des données
- réduit au maximum les redondances de données
- garantit la cohérence et l'intégrité des données
- autorise le partage des données et des accès concurrents en toute sécurité

Dans une base de données relationnelle, les données contenues dans les tables sont mises en relation. Cela permet de réaliser de nouveaux enregistrements de données en combinant les données prélevées dans plusieurs tables.

Table

Chaque table est à deux dimensions :

- les lignes représentent des tuples (ou enregistrements) indépendants les uns des autres.
- les colonnes représentent les attributs concernant chaque table.

Attribut

Une propriété décrivant (partiellement ou complètement un tuple).

Clé

Un attribut qui sert à identifier de manière unique un tuple pris parmi tous les tuples possibles dans la table considérée

Langage de requête SQL

SQL est le plus répandu des langages de requête de bases de données en usage aujourd'hui. Il ne comporte pas uniquement des commandes de requête, c'est à dire d'extraction de données d'une base de données. Il permet un grand nombre de calculs relationnels, ainsi que des opérations d'ajout et de modification de données, de création de tables. Une requête SQL très simple est du type :

Select	liste des attributs (qu'on veut en résultat)
From	liste de tables (ou relations)
Where	condition de sélection des tuples dans la liste d'attributs

3.6. LE LIEN AVEC LA BASE DE DONNEES « VALSOL » (SOL ENVIRONNEMENT)

La base de données « VALSOL » a été développée au cours des années 1999 et 2000 afin de structurer, stocker et restituer les informations pédologiques collectées par l'IRD dans les pays tropicaux. Un Système de Gestion de Base de Données sur les sols avait déjà été élaboré par l'INRA, mais celui-ci s'était révélé inadapté aux sols tropicaux.

La constitution de cette base a fait l'objet d'un effort important de normalisation des données pédologiques et morpho-pédologiques car celles-ci doivent s'inscrire dans un schéma appelé « modèle conceptuel de données ». Le modèle retenu est structuré en plusieurs niveaux d'information du paysage à l'horizon du sol en passant par le segment et le profil (cf. Notions de morpho-pédologie, chap.2).

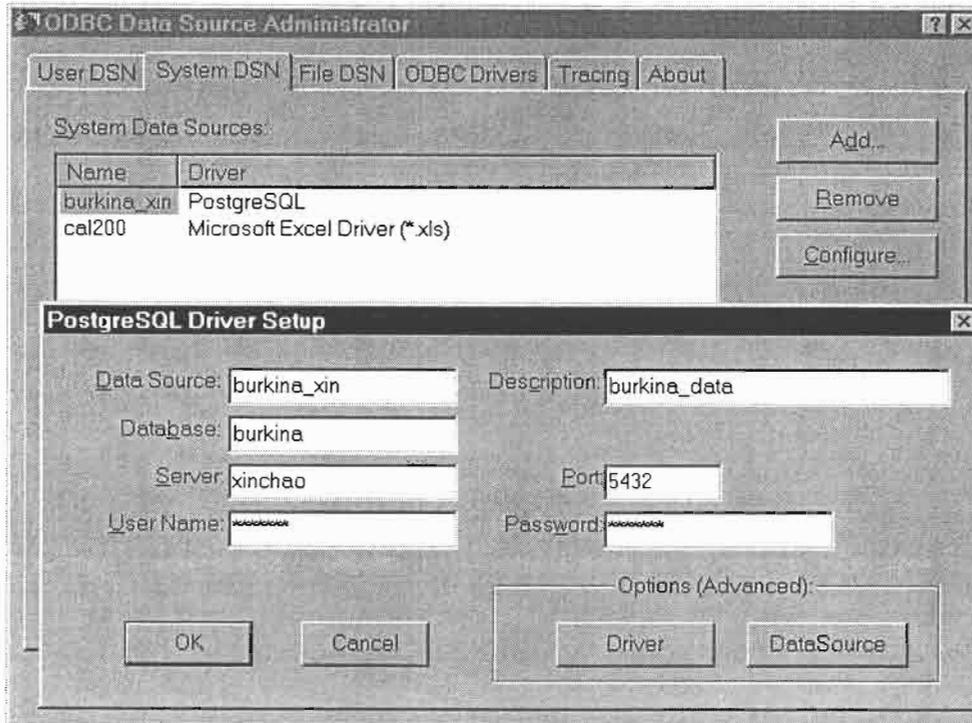
La réalisation de ce modèle s'est heurtée à deux grands problèmes :

- L'évolution depuis 50 ans des sciences de l'environnement et des méthodes de cartographie des sols. Il est donc très difficile (voire impossible) de créer un modèle adapté à la fois aux études anciennes (de 1950 à 1980) et aux études récentes. Ce problème est particulièrement présent pour le Burkina-Faso car les études pédologiques ont été menées avant les développements récents de la morpho-pédologie qui ont influencé profondément les sciences du sol. En effet, en 1969, les notions de segment et de paysage n'étaient quasiment pas pris en compte par les pédologues.
- La complexité des informations morpho-pédologiques descriptives ou physico-chimiques qui se rapportent à des échelles différentes d'une étude à l'autre. Certaines études s'attachent à décrire les paysages morpho-pédologiques d'une région et ne descendent pas à l'échelle du segment. D'autres études, au contraire, étudient dans le détail les segments sans préciser les paysages auxquels ils se rattachent. Enfin, pour d'autres études (exemple de la région Est du Burkina-Faso), l'échelle de la carte ne correspond ni tout à fait aux paysages, ni aux segments. Toutefois, l'auteur pédologue, J.C. Leprun, possède une grande connaissance du terrain qui l'autorise à réactualiser son étude.

En conclusion, il s'avère très difficile d'intégrer les données de l'étude pédologique de la région Est du Burkina-Faso dans la base de données car l'étude ne prend pas suffisamment en compte les notions de paysage et de segment. Les données pédologiques sur les profils et les horizons ont toutefois été intégrées dans la base de données et exploitées dans le SIG sur le Burkina-Faso.

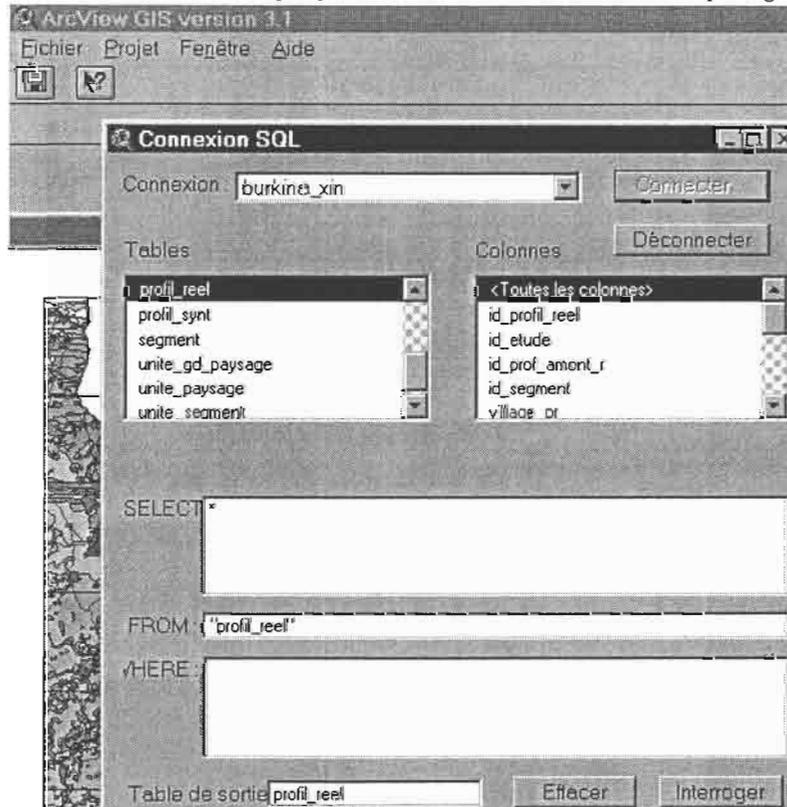
Une liaison ODBC a été installée pour connecter le PC sous lequel fonctionne le SIG Burkina-Faso avec le serveur de base de données "xinchao" administré sous PostgreSQL. Abréviation de « Open Data Base Connectivity », ODBC est une interface développée par Microsoft en 1992, qui permet l'accès à différents systèmes de bases de données. Ci-dessous le pilote PostgreSQL est installé dans le système d'exploitation pour avoir accès à partir d'un programme d'application (ArcView) à la base de données.

Configuration de ODBC / Système DSN



Contrairement à ArcView, postgresQL interprète le langage SQL. L'utilisateur ArcView peut donc se connecter au serveur de base de données postgresQL et extraire de cette base une table ou des champs par requêtes SQL.

Connexion SQL à la table profil_reel de la base de données postgresQL



La table profil_reel contient une vingtaine d'attributs en relation avec les caractéristiques morphologiques et la classification pédologique des sols et une dizaine d'attributs en relation avec leurs localisations (Village de référence, Segment de référence, Coordonnées en degrés-minutes-secondes, Altitude). Les coordonnées géographiques des profils peuvent être exploitées pour créer un nouveau thème de localisation.

La table profil_reel s'affiche dans une fenêtre ArcView

Id profil	Id étude	Village	Coord_deg lat	Coord_min lat	Coord_sec lat	nord_sud	Coord_deg_lng	Coord_min_lng	Coord_sec_lng	est_ouest	Date
BE-HVM04	BE	Tansarga	11	52	10	N				N	
BE-HVM38	BE	Namounou	11	52	40	N	1	42	40	E	
BE-HVN97	BE	piste Kaabougou	12	2	40	N	2	15	40	E	
BE-HVP25	BE	Nassougou	12	4	30	N	1	8	20	E	
BE-HVR38	BE	Gountouré	13	21	30	N	0	25	30	E	
BE-HVS11	BE	Gayéri	12	34	20	N	0	25		E	
BE-HVT53	BE	Botou	12	24	40	N	0	9		E	
BE-NAY1	BE	Nayouri	12	20	0	N	0	20	0	E	1970-03-11
BE-NAY4b	BE	Nayouri	12	20	0	N	0	20	0	E	1971-11-22
BE-NAY7	BE	Nayouri	12	20	0	N	0	20	0	E	1970-10-11
BE-NK02	BE	Agali	12	51	50	N	3	10	20	E	
BE-NSG12	BE	Nassougou	12	6	20	N	1	1	20	E	1970-11-22
BE-NSG1b	BE	Nassougou	12	6	20	N	1	1	20	E	1970-11-22
BE-NSG4b	BE	Nassougou	12	6	20	N	1	1	20	E	1970-11-22
BE-NSG5	BE	Nassougou	12	6	20	N	1	1	20	E	1970-11-22

Dans la base de données « VALSOL », les coordonnées sont exprimées en degrés-minutes-secondes et dans les tables ArcView, les coordonnées sont exprimées en degrés décimaux. Il a donc été nécessaire de passer d'un système de référence à un autre pour avoir l'ensemble des coordonnées en degrés décimaux. La formule suivante a été utilisée : $(Coord_degre) + (Coord_min / 60) + (Coord_sec / 3600) = Coord\text{ décimaux}$

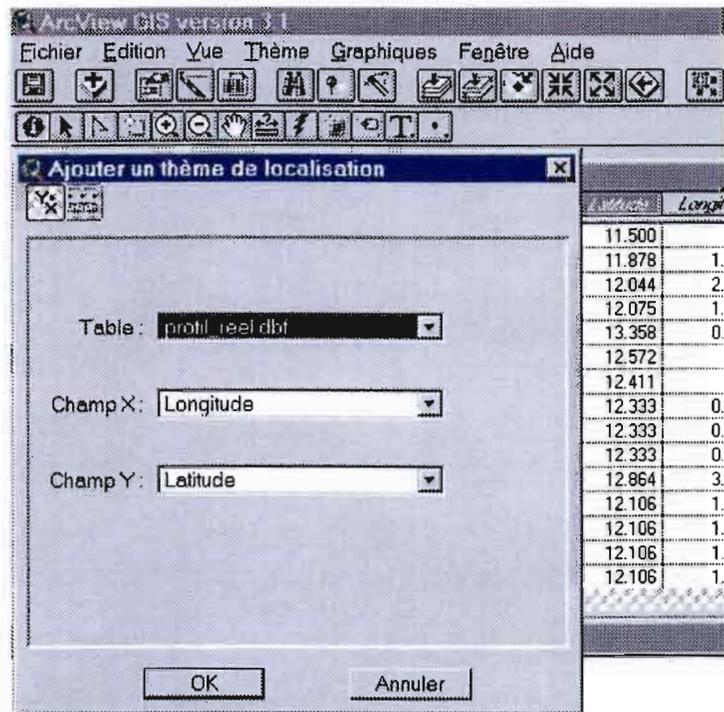
Le résultat de cette transformation est affichée dans la fenêtre ci-dessous.

Les attributs latitude et longitude sont exprimés en degrés décimaux

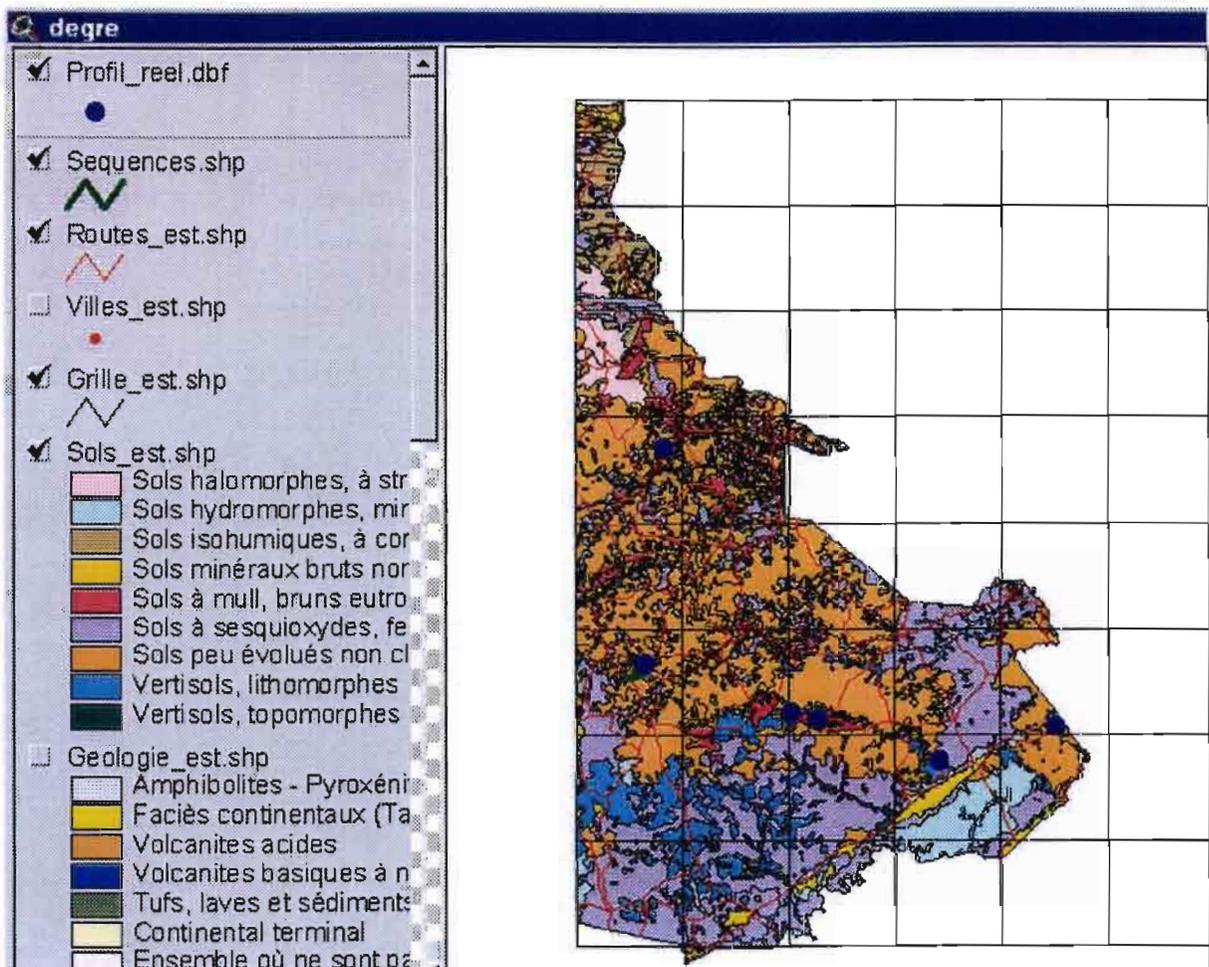
Id profil	Id étude	Village	Latitude	Longitude	Date	Coord_deg	Coord_min	Coord_sec	Nord_sud	Coord_deg_lng	Coord_min_lng	Coord_sec_lng	Est_ouest
BE-HVM04	BE	Tansarga	11.500			11	52	10	N				
BE-HVM38	BE	Namounou	11.878	1.711		11	52	40	N	1	42	40	E
BE-HVN97	BE	piste Kaabougou	12.044	2.261		12	2	40	N	2	15	40	E
BE-HVP25	BE	Nassougou	12.075	1.139		12	4	30	N	1	8	20	E
BE-HVR38	BE	Gountouré	13.358	0.425		13	21	30	N	0	25	30	E
BE-HVS11	BE	Gayéri	12.572			12	34	20	N	0	25		E
BE-HVT53	BE	Botou	12.411			12	24	40	N	0	9		E
BE-NAY1	BE	Nayouri	12.333	0.333	1970-03-11	12	20	0	N	0	20	0	E
BE-NAY4b	BE	Nayouri	12.333	0.333	1971-11-22	12	20	0	N	0	20	0	E
BE-NAY7	BE	Nayouri	12.333	0.333	1970-10-11	12	20	0	N	0	20	0	E
BE-NK02	BE	Agali	12.864	3.172		12	51	50	N	3	10	20	E
BE-NSG12	BE	Nassougou	12.106	1.022	1970-11-22	12	6	20	N	1	1	20	E
BE-NSG1b	BE	Nassougou	12.106	1.022	1970-11-22	12	6	20	N	1	1	20	E
BE-NSG4b	BE	Nassougou	12.106	1.022	1970-11-22	12	6	20	N	1	1	20	E
BE-NSG5	BE	Nassougou	12.106	1.022	1970-11-22	12	6	20	N	1	1	20	E

Les profils peuvent maintenant être localisés dans le SIG à l'aide des coordonnées latitude et longitude.

Vue / Ajouter un thème de localisation



Résultat de l'ajout du thème profil_reel dans le SIG sur le Burkina-Faso (région Est)



4^{ème} partie

VALORISATION DU SIG BURKINA-FASO SUR LES SOLS CREATION D'UN SITE WEB

4.1. LES OBJECTIFS DU SITE

Le site web sur le Burkina-Faso doit être **un outil de travail** permettant aux acteurs du développement d'avoir nombre de renseignements sans connaître la manipulation des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et des bases de données.

Le site web n'est pas uniquement un outil de présentation du SIG et de la base de données, c'est aussi **un outil de synthèse de l'information**. Le site web intègre dans un même ensemble homogène des données prélevées dans des systèmes différents (logiciels de dessin, de texte, logiciels de SIG et de base de données). L'utilisateur n'a donc pas besoin de passer d'un logiciel à l'autre. C'est un outil de synthèse car les auteurs réactualisent leurs travaux scientifiques. Contrairement aux documents papiers, l'articulation des informations sur le web n'est pas linéaire. L'information est structurée à l'intérieur d'une pyramide : les grandes lignes ou conclusions d'une étude doivent être exposées en premier, les développements de l'étude sont ensuite présentés dans des rubriques. Les paragraphes sont en général courts et n'exposent qu'une seule idée.

Le site web est **un outil adapté au travail de recherche** grâce aux fonctionnalités de l'hypertexte qui permet à l'utilisateur de comparer plusieurs documents, plusieurs thèmes, de revenir aisément sur n'importe quelle partie du site déjà visitée. Sa facilité d'accès sur internet favorise également le partage des connaissances et la critique des documents et travaux scientifiques menés par l'équipe.

Le site web sur le Burkina-Faso **n'est pas destiné à remplacer la base de données et le SIG** car il ne possède pas les mêmes fonctionnalités et la même finalité que ceux ci.

- Première restriction importante :

Le site web est destiné à la consultation. L'utilisateur du site web ne pourra donc pas modifier ou ajouter des données dans la base (à l'exception des utilisateurs munis d'un mot de passe).

- Deuxième restriction :

Le site web est un outil de synthèse. L'utilisateur n'aura donc qu'un choix limité de requêtes sur les données du SIG. Une sélection de requêtes a été paramétrée pour chacun des thèmes principaux du SIG (les sols, les séquences de paysage, les départements). Ces requêtes prendront des formes différentes (interrogations des attributs d'une entité sol, localisation d'une entité département, zoom sur une séquence de paysage...) et ne pourront pas être modifiées.

- Troisième restriction :

L'utilisateur ne pourra pas utiliser les fonctions d'analyse d'un SIG par croisement de thèmes.

4.2. LES TECHNIQUES UTILISEES

4.2.1. Les langages de programmation pour la construction de pages dynamiques (HTML, javascript, PHP)

HTML 4. : Hypertext Markup Language

HTML est un langage simple utilisé pour créer des documents hypertextes pour le web. C'est une implémentation de SGML (*Standard Generalised Markup Language*). HTML est un langage de description permettant de structurer et d'afficher différents objets sur un écran (ou "page"). Ces objets peuvent être du texte, des tableaux, des images mais aussi des éléments d'environnements graphiques comme des boutons, pop-listes, boîtes de dialogue, ...

Ce langage est essentiellement statique : le serveur envoie un fichier HTML à la demande d'un poste client. Le client (*browser* ou navigateur présent sur le poste de consultation) décode les instructions HTML et affiche la "scène" correspondante. Une application qui s'exécute dans le cadre d'un navigateur web fonctionnera aussi bien sous Windows, Windows NT, Unix, Mac, ...

HTML est le langage de base du Web, il est en constante évolution.

Structure générale d'un fichier HTML

Un document HTML est composé de différentes parties, appelées éléments. Un élément est une partie qui définit un aspect de la mise en forme du document. Chaque élément est délimité par des "balises". Un élément est généralement composé de trois parties : une balise début (<balise>), un corps (le texte à mettre en forme) et une balise de fin (</balise>). La balise de début est souvent accompagnée d'attributs qui précisent tel ou tel aspect de la mise en forme. Les éléments peuvent être imbriqués, mais ne s'entrelacent pas.

Syntaxe générale

```
<html>
```

```
<head>
```

```
text header - titre du document et contenu des balises script
```

```
</head>
```

```
<body>
```

```
text body - contenu du document, lequel peut-être composé de paragraphes, de titres, liens...
```

```
</body>
```

```
</html>
```

Quelques balises de mise en page

<p>	Fin de paragraphe
 	Saut de ligne (tout en restant dans le même paragraphe)
<hr>	Séparation horizontale
	Titre de la liste
	Élément 1 de la liste
	Élément 2 de la liste
	Fin de la liste

Spécification d'un lien hypertexte

texte à cliquer pour activer le lien

a est le nom de l'élément "lien hypertexte", et href est l'attribut suivi de la localisation du document cible (son url).

Exemple de listes et de liens hypertextes dans un fichier html (extrait du site sur le Burkina-Faso)

```
<html>
<head><title>cartes</title></head>
<body>
<p align="left"><i>Cartes déjà numérisées</i></p>
<ul>
<li>
Cartes pédologiques au 1:500 000 numérisées et vectorisées avec
<a href="biblio.html" target="_blank">le logiciel FORBAN</a>
par P. Faure au centre IRD de Bondy.
</li>
<li>
Couches cartographiques (routes, rivières, villes, départements, provinces)
récupérées sur le site de Digital Chart of the World.
( <a href=" http://www.maproom.psu.edu " target="_blank"> http://www.maproom.psu.edu/dcw </a> )
</li>
</ul>
</body>
</html>
```

Affichage du fichier html dans la fenêtre du navigateur (extrait du site sur le Burkina-Faso)

Cartes déjà numérisées

- Cartes pédologiques au 1:500 000 numérisées et vectorisées avec le logiciel FORBAN par P. Faure au centre IRD de Bondy.
- Couches cartographiques (routes, rivières, villes, départements, provinces) récupérées sur le site de "Digital Chart of the World" (<http://www.maproom.psu.edu/dcw>)

Insertion d'une image

src est l'attribut de l'élément image suivi de la localisation du document cible (son url).

Insertion d'un tableau

HTML permet de réaliser des tableaux avec réglage de l'encadrement, de la taille et de l'espacement des cellules. La définition d'un tableau est tout à fait comparable à celle des listes. On définit une balise de début de tableau <table>, puis on décrit le tableau ligne par ligne et enfin on indique la balise de fin de tableau </table>.

Les lignes sont définies à l'aide de la balise <tr>

Les cellules qui composent les lignes sont définies à l'aide de la balise <td>

Les balises <tr> et <td> peuvent être définies au moyen des attributs :

bgcolor	Spécifie une couleur
height	Spécifie une hauteur en nombre de pixels ou en pourcentage
width	Spécifie une largeur en nombre de pixels ou en pourcentage
align	Spécifie l'alignement du texte contenu dans la cellule

Exemple de tableau à une ligne et 6 cellules (extrait du site sur le Burkina-Faso)

```
<HTML>
<HEAD><TITLE>tableau</TITLE>
</HEAD>
<BODY>
<TABLE BGCOLOR="#B9F0DA" WIDTH="100%" BORDER="0"
CELLSPACING="0" CELLPADDING="2" HEIGHT="46">
  <TR>
    <TD BGCOLOR="#ffdead" HEIGHT="46" WIDTH="10%" ALIGN="CENTER">
      <A HREF="situation.html">SITUATION<BR>
      GEOGRAPHIQUE</A></TD>
    <TD HEIGHT="46" WIDTH="10%" ALIGN="CENTER">
      <A HREF="histoire.html">HISTOIRE</A></TD>
    <TD HEIGHT="46" WIDTH="10%" ALIGN="CENTER">
      <A HREF="climat.html">CLIMAT<BR>
      VEGETATION</A></TD>
    <TD HEIGHT="46" WIDTH="10%" ALIGN="CENTER">
      <A HREF="geologie.html">GEOLOGIE<BR>
      GEOMORPHOLOGIE</A></TD>
    <TD HEIGHT="46" WIDTH="10%" ALIGN="CENTER">
      <A HREF="sols.html">SOLS</A></TD>
    <TD HEIGHT="46" WIDTH="50%" ALIGN="CENTER">
      &nbsp;   </TD>
  </TR>
</TABLE>
</BODY>
</HTML>
```

Affichage du fichier html dans la fenêtre du navigateur (extrait du site sur le Burkina-Faso)

<u>SITUATION</u> GEOGRAPHIQUE	<u>HISTOIRE</u>	<u>CLIMAT</u> VEGETATION	<u>GEOLOGIE</u> GEOMORPHOLOGIE	<u>SOLS</u>
----------------------------------	-----------------	-----------------------------	-----------------------------------	-------------

Les cadres (frames)

Contrairement aux tableaux, les cadres n'organisent pas seulement les données, mais aussi la fenêtre d'affichage du navigateur. En fait, ils morcellent la fenêtre en petits panneaux et en petits cadres indépendants. Chaque cadre a son propre contenu HTML, et le contenu de chaque cadre peut défiler ou être changé indépendamment des autres. D'une certaine manière, c'est comme si chaque cadre avait son propre « mini navigateur ».

La structure d'un document divisé en plusieurs frames diffère de celle d'un document classique. Dans un document classique, le corps est inséré dans les balises

<body>...</body>. Dans le cas des frames, le corps du document est systématiquement inséré dans les balises <frameset>...</frameset>.

Insérées entre les balises <frameset>...</frameset>, on ne peut trouver que les trois balises suivantes :

<frameset>...</frameset>, qui permet de rediviser une sous-zone.

<frame...> qui est utilisée pour caractériser une sous-zone ; L'attribut src définit l'url (le fichier html) du contenu de la sous-zone (cadre)

<noframe>...</noframe>, qui permet d'afficher un texte à la place des frames si le navigateur n'est pas capable de les gérer.

Exemple d'un découpage en deux cadres de la fenêtre (extrait du site sur le Burkina-Faso)

```
<HTML>
<HEAD>
  <TITLE>Etude pedologique du Burkina-Faso</TITLE>
  <!-- Description des frames -->
</HEAD>
<FRAMESET ROWS="*,40" border="0" frameborder="0" width=800 height=700>
<FRAME SRC="introduction.html" NAME="f_top" SCROLLING=auto>
<FRAME src="../copyright3.html" name="bas" marginwidth=0 marginheight=0 frameborder=no scrolling=no>
</FRAMESET>
</HTML>
```

Pour la création du site web sur le Burkina-Faso, les cadres ont été préférés aux tableaux pour la raison suivante : Ils peuvent être nommés afin de devenir la cible de n'importe quel lien hypertexte. Ils sont donc très adaptés à la création de pages dynamiques. Il est possible de cliquer sur un lien dans un cadre pour changer le contenu d'un autre en nommant le cadre cible à l'aide des attributs name de la balise <frame> et target de la balise <a href>.

Javascript 1.3

Comme son nom l'indique, c'est un langage de script. Il garde, dans sa syntaxe les mêmes règles que Java. Il est interprété directement par le navigateur et permet d'améliorer les performances du langage HTML. Créé à l'origine par Netscape, ce langage de programmation est conçu pour traiter localement des événements provoqués par le lecteur (click de souris par exemple).

C'est un langage interprété, c'est à dire que le texte contenant le programme est analysé au fur et à mesure par l'interpréteur, partie intégrante du navigateur, qui va exécuter les instructions. Ce langage a fait l'objet d'une normalisation sous le nom de ECMAScript.

Les domaines d'applications du langage JavaScript peuvent être classés en trois grandes catégories :

- Petites applications simples (calculatrices, petits outils de conversion, édition automatique d'un devis par l'acheteur, jeu, etc...).
- Gestion de l'interface d'une application (création de fenêtres, modification de menus, aide contextuelle, etc...).
- Tests de validité des données sur les éléments de l'interface de saisie (pour vérifier qu'une valeur considérée comme obligatoire a bien été saisie, qu'un champ saisi correspond bien au type attendu, etc...).

Exemple d'insertion de code javascript dans un fichier html (extrait du site sur le Burkina-Faso)

```
<html>
<head><title>cartes</title>
<script>
var FenetreDef="";
var nomFenetre = "biblio";

function CreateWindowVide() {
var htmlpage= " ";
var win_opt= "toolbar=0,location=0,directories=0,status=0,menubar=0, ";
win_opt += "scrollbars=1,resizable=1,copyhistory=0, ";
win_opt += "width=" + 350 + ",height=" + 300;
win_opt += ",screenX=20,screenY=30";
FenetreDef = window.open("",nomFenetre,win_opt);
FenetreDef.creator= self;
FenetreDef.focus();
}
</script>
</head>
<body>
<p align="left"><i>Cartes déjà numérisées</i></p>
<ul>
<li>
Cartes pédologiques au 1:500 000 numérisées et vectorisées avec
<a href="biblio.html" target="biblio" onClick=CreateWindowVide()>le logiciel FORBAN</a>
par P. Faure au centre IRD de Bondy.
</li>
Couches cartographiques (routes, rivières, villes, départements, provinces)
récupérées sur le site de Digital Chart of the World.
( <a href= " http://www.maproom.psu.edu " target = "_blank"> http://www.maproom.psu.edu/dcw </a> )
</ul>
</body>
</html>
```

Dans l'exemple du haut, une fonction javascript est appelée quand on clique sur le lien hypertexte « le logiciel FORBAN ». Le click de la souris est un événement interprété par le navigateur. Il est possible d'indiquer au navigateur comment il doit interpréter un événement grâce aux fonctions javascript incluses entre les balises <script>.

Dans l'exemple, une fonction javascript (« CreateWindowVide() ») est utilisée pour créer une nouvelle fenêtre du navigateur contenant la description du logiciel FORBAN. Nous voulons que cette fenêtre respectent les propriétés suivantes :

- Une largeur de 350 pixels (attribut width)
- Une hauteur de 300 pixels (attribut height)
- Une barre de défilement (attribut scrollbars)
- Une taille redimensionnable (attribut resizable)
- Une barre de menu enlevée (attributs toolbar et menubar)

PHP 4

PHP est un langage dédié au développement de pages web dynamiques. Son code s'intègre directement dans du code HTML standard, dans une syntaxe proche du C et de Perl.

La première version de PHP a été mise au point par Rasmus Lerdorf en 1994 : PHP/FI. Six ans après, PHP est devenu un langage de référence dont le succès ne fait que croître. A l'heure actuelle, de nombreux fournisseurs d'accès ou hébergeurs de sites l'ont adopté,

autorisant les utilisateurs à développer leurs propres applications Web . PHP est gratuit, ainsi que son support technique.

Les possibilités de ce langage sont nombreuses :

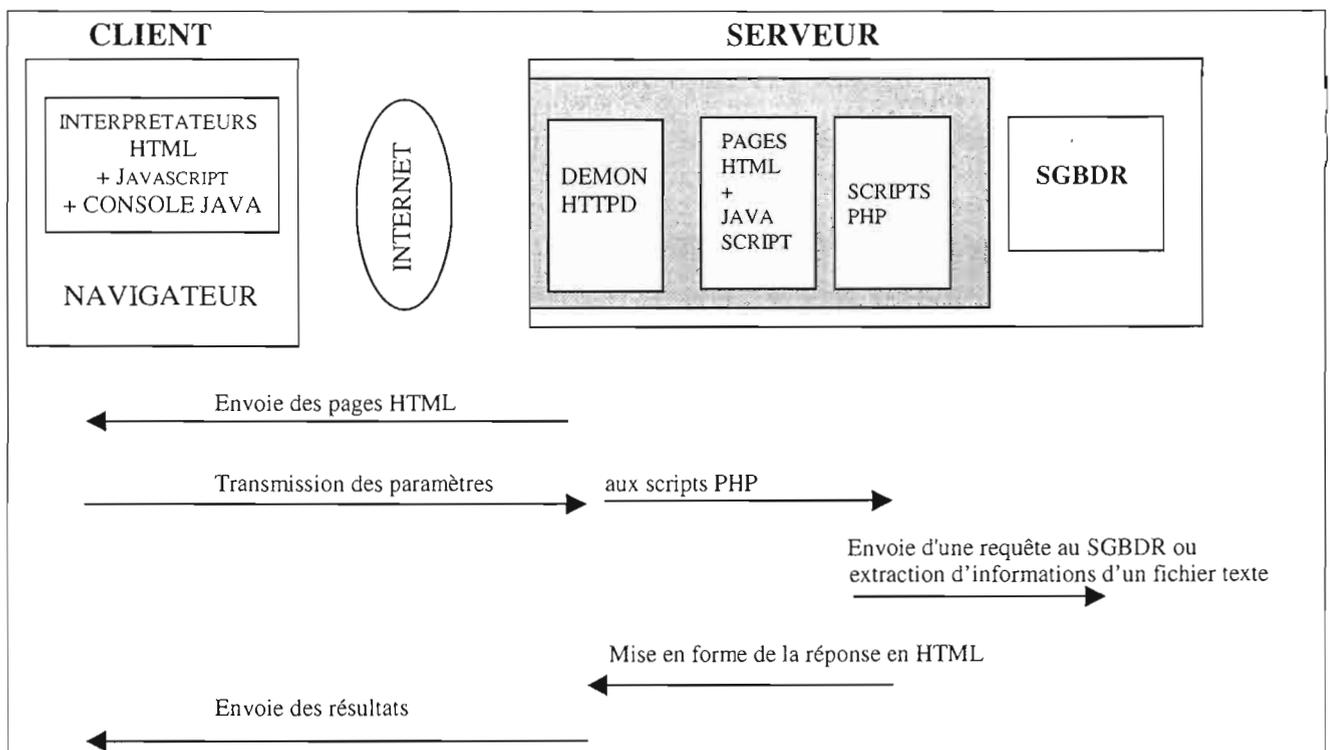
Un script PHP peut analyser les données soumises par un formulaire HTML, effectuer des calculs complexes à la volée et surtout communiquer avec des bases de données. PHP permet de se connecter à plusieurs SGBD : Oracle, PostgreSQL, MySQL, Access via des liaisons ODBC, ...

Il dispose en outre de nombreuses fonctions dont les grands groupes sont :

- la gestion des chaînes de caractères (longueur, comparaison, découpage, codage...),
- les fonctions mathématiques (minimum, maximum, valeur absolue, conversion...),
- la gestion des dates et des calendriers (traitement, contrôle, affichage),
- la gestion des images dynamiques,
- la gestion des répertoires et des fichiers (création, modification, suppression),
- les fonctions de messagerie (envoi d'un message électronique) ,
- les fonctions spécifiques pour l'Internet (cookies, accès, traitement URL...).

Un même script peut tourner sur différents systèmes d'exploitation (UNIX, Windows 95/98, Windows NT et Macintosh) et différents serveurs.

PHP est un module intégré au serveur web Apache, son code source est directement compilé dans le serveur. L'exécution de ces scripts ne nécessite aucune ressource supplémentaire, contrairement aux CGI (*Common Gateway Interface*), ce qui la rend particulièrement rapide.



4.2.2. Les techniques de traitement de l'image

Deux sortes de document image existent

Les fichiers vectoriels au format PDF (Portable Document Format)

Ils sont composés d'une description Postscript (format développé par Adobe pour présenter des éléments d'une page) de surfaces, de traits, d'angles, de courbes comme éléments géométriques.

Le format PDF nécessite l'installation d'un PLUG-IN (Adobe Acrobat) pour sa lecture. Au format vectoriel, la résolution n'a pas de sens, ce qui permet d'agrandir le document sans toucher à sa qualité. L'impression d'un document au format PDF est de bonne qualité. Par contre, les possibilités d'interactivité sont très limitées (sur une image PDF, il n'y a pas de zones actives contrairement aux images GIF et JPEG).

Nous avons choisi cette technique pour présenter les toposéquences car le niveau de détail important de ces images nécessite l'emploi d'un zoom. Les fichiers ont été créés avec le logiciel Adobe Illustrator.

Les fichiers bitmaps aux formats GIF et JPEG

L'unité élémentaire de ces images est le pixel (PictureElement). Il est codé en 8 bits sur chacun des trois canaux en mode RVB (format JPEG utilisé pour les photos). Il est codé en 8 bits maximum en mode indexé (format GIF utilisé pour les dessins). Le logiciel le plus couramment utilisé pour traiter des images bitmaps est Adobe Photoshop.

Le nombre de pixels d'un fichier bitmap est fixe quelque soit l'agrandissement ou la réduction qu'on lui fait subir. La fréquence des pixels par rapport au POUCE est ce que l'on nomme la **RÉSOLUTION** (nombre d'informations numérisées affectées à une surface donnée). Une image destinée à un affichage écran doit avoir une résolution de 72 PPI (points par pouce). Il est inutile de conserver une résolution supérieure: le document n'en sera que plus lourd et plus long à afficher, et le moniteur ne pourra pas restituer plus d'informations qu'en peut traiter l'écran. A l'inverse, une image destinée à l'impression est traditionnellement numérisée à 300 PPI pour s'assurer d'une qualité standard de reproductibilité. Notons qu'une image de même dimension à 300 PPI occupera un espace disque 16 fois plus élevé que l'image à 72 PPI.

Les fichiers au format GIF (Graphic Interchange Format)

Le format GIF est à privilégier pour enregistrer des images contenant peu de couleurs, pour conserver avec précision les contours de l'image (contours des horizons des sols par exemple) et pour réaliser des images à fond transparent. Avec ce format de fichier il est possible de choisir exactement le nombre de couleurs que l'on souhaite affecter à l'image. On utilise pour ce faire une palette avec un nombre de couleurs définis. Les couleurs sont cependant limitées à 256 au maximum. C'est donc un format adapté aux images comportant un nombre limité de couleurs. Passée cette limite, les images sont dégradées.

Les fichiers au format JPEG (Joint Photographic Expert Group)

Il convient d'utiliser le format JPEG pour enregistrer des images photos. Le format JPEG est intéressant puisqu'il propose différents taux de compression (de 0 : faible qualité à 10 : qualité maximale). Les images de faible qualité sont très dégradées mais très légères (de 30 à 60 Ko). Les images de qualité maximale sont au contraire très lourdes (de 200 à 500 Ko). Ce format dispose d'une palette de 16 millions de couleurs. Il est donc particulièrement bien adapté aux images photos et aux dessins qui comportent de nombreux dégradés.

4.2.3. Les techniques de mise en ligne de l'information géographique. Présentation de l'application jshape

Il existe deux grandes techniques de mise en ligne de l'information géographique

La solution côté serveur

Cette solution consiste à offrir au poste client la possibilité de sélectionner une zone géographique, de choisir des thèmes, d'effectuer des zooms etc... à travers une interface utilisateur (formulaire). Les paramètres transmis à l'aide du formulaire sont envoyés au serveur (CGI, PHP...). Le script ou programme traite la demande pour créer le document qui sera renvoyé au client sous forme d'un fichier GIF ou HTML.

Cette technique permet de faire transiter sur le réseau un minimum d'informations, en général une seule image résultat. Les fichiers peuvent être très volumineux sur le serveur et nécessiter des traitements importants suivant les capacités du serveur.

Exemple de ArcView Map Server

Avec ArcView Map Server, une interface utilisateur (sous forme de formulaires) permet d'envoyer des requêtes depuis le navigateur vers le serveur web. Pour générer la carte et les données correspondants à la requête, une session ArcView avec ses différents projets (Vues, Tables, Mises à jour...) doit tourner en permanence sur la machine où se trouve le serveur.

La solution côté client

A l'ouverture de la session, les programmes et les données sont téléchargés en intégralité. Les programmes sont des PLUG-IN ou des APPLETS JAVA qui offriront une interactivité maximum sur le poste client sans avoir à solliciter à nouveau le serveur. Les temps de chargement peuvent être très long au démarrage si le code et les données sont des fichiers volumineux. L'administrateur du site ne peut pas savoir à priori les caractéristiques du poste client et ne peut donc pas prévoir la qualité du résultat.

La solution choisie pour le site web sur le Burkina-Faso utilise principalement cette technique.

Présentation de l'application jshape

Jshape est un ensemble d'applets java disponibles gratuitement sur internet (<http://www.jshape.com>).

- Ce produit utilise directement les fichiers « de formes » du logiciel ArcView.
- Un ensemble de paramètres permettent de configurer la fenêtre d'affichage (menus, légende, taille de la fenêtre...), choisir les thèmes de la carte, préciser les fichiers de données associées aux thèmes etc.
- L'affichage des cartes est vectoriel, ce qui assure une bonne définition de l'image même lors des agrandissement.
- Ces applets java peuvent lancer des scripts javascripts et PHP et leurs passer des paramètres (exemple : informations concernant les unités de sol). Inversement, javascript peut agir sur l'applet (exemple : zoom sur un département à partir d'un menu déroulant).

Pour ces raisons, nous avons adopté jshape pour présenter sur le web les thèmes du SIG.

Mais jshape présente un inconvénient : Au démarrage de la session, le temps de chargement du programme et de tous les fichiers « de formes » ArcView est long. Deux solutions s'offrent à l'utilisateur pour réduire la taille des fichiers :

- Découper la zone d'étude (le Burkina-Faso) en plusieurs régions pour obtenir des cartes avec moins d'entités.
- Compresser les fichiers DBF et SHP de ArcView aux formats TXT et CSP à l'aide de l'utilitaire fshape (la taille des fichiers est réduite de 3/4).

Nous avons utilisé ces deux dernières méthodes.

4.3. LA PREPARATION DES DOCUMENTS EN VUE DE LEUR INTEGRATION DANS LE SITE WEB

4.3.1. Les documents papiers (textes, photos, paysages, toposéquences)

Le site web intègre dans un même ensemble homogène des documents prélevés dans des systèmes différents (logiciels de dessin, de texte, logiciels de SIG et de base de données). Mais ces documents ne peuvent pas être insérés dans une page HTML sans traitements préalables car ils doivent obéir à certaines contraintes liées à l'internet (formats, poids des fichiers, mise en page du texte...).

Les textes

Les textes doivent être courts, concis et visuellement « balayables » (la taille des pages ne doit pas dépasser trois grands écrans). Les lignes principales doivent être exposées en premier et les idées exposées dans de courts paragraphes.

Les textes inclus dans le site sur le Burkina-Faso ont été écrits en collaboration avec les thématiciens pédologues avec un logiciel de traitement de texte (Microsoft Word) et enregistrés au format HTML. La mise en page finale a ensuite été effectuées avec l'éditeur de texte Ultra Edit (insertion de balises HTML).

Les caractères accentués ont été remplacés par des chaînes de caractères compréhensibles par les navigateurs.

« é » est remplacé par « é » « è » est remplacé par « è » « à » est remplacé par « à »

Les photos

Une vingtaine de diapositives ont été numérisées à l'aide d'un scanner diapo. La résolution élevée (600 PPI) du scanner permet une très bonne restitution sur papier des diapos. Après agrandissement, on obtient des photos de 11,32 cm de largeur et 17,67 cm de hauteur avec une résolution de 72 PPI.

Les propriétés des photos (luminosité et contraste) ont été modifiées à l'exception de la couleur (la teinte des sols a une grande importance en pédologie). Toutes les photos ont la même taille afin d'être intégrées plus facilement dans les pages web. Leurs poids n'excèdent pas 60 Ko.

Les séquences de paysage

Deux séquences de paysage ont été dessinées avec le logiciel Adobe Photoshop. Ces séquences sont extraites de la notice de la carte pédologique de la région Est au 1/500.000. Elles ont été numérisées avec un scanner A4 (résolution : 72 PPI) puis importées dans Adobe Photoshop. Les contours (profils en long des versants) ont été dessinés à l'aide de l'outil plume. Au final, les images ont été indexées avec une palette de 256 valeurs de couleurs et enregistrées au format GIF (poids des images : 12 Ko).

Les toposéquences

Deux toposéquences ont été vectorisées à l'aide du logiciel Adobe Illustrator. Ces toposéquences étaient dessinées sur de grandes feuilles de papiers calques (56 et 80 cm de côtés). Celles-ci ont été numérisées à l'aide d'un scanner A0 (résolution : 72 PPI) puis importées dans Adobe Illustrator. L'ensemble des contours (profils en long du versant, limites des horizons, emplacements des profils) ont été reproduits avec en fond de plan l'image scannée. Les renseignements (types de sols et de modelé, pentes, localisations géographiques, légende) ont été réécrits.

Au final, les toposéquences sont composées de plusieurs calques (un calque pour l'image scannée, un autre pour les contours et un troisième pour le texte). Avant insertion dans le site web, l'image scannée est rendue transparente, les calques sont fusionnés et les toposéquences enregistrées au format PDF (poids : 200 Ko).

4.3.2. Les documents issus du SIG

Le traitement des fichiers du SIG en vue de leur intégration dans jshape

La superposition des thèmes

Les différents thèmes peuvent se combiner pour former des cartes.

La carte pédologique de la région Est du Burkina-Faso (carte présentée en annexe) a été obtenue en combinant les thèmes « Villes », « Routes », « Rivières », « Départements », « Grille (longitude-latitude) », « Séquences de paysage » et « Sols ».

Cette carte respecte les principes de la sémiologie graphique en cartographie :

- Positionnement des toponymes et d'une grille de référence pour les coordonnées géographiques.
- Choix d'une échelle pertinente en relation avec l'information présentée.
- Choix des couleurs en tenant compte de certaines conventions d'usage (éviter l'abondance des couleurs ainsi que l'emploi de couleurs trop proches).

Le découpage en zones

Afin de réduire sur le web le temps d'accès aux informations pédologiques, la carte a été sectionnée en quatre zones (province de Séno, partie nord de la province de Gourma, partie sud de la province de Gourma, province de Tapoa). Chaque zone est composée d'un fichier « de formes » pour les données géométriques et d'un fichier dBase pour les données attributaires.

Le découpage en zones s'effectue à l'aide des outils de géotraitement d'ArcView. Un nouveau fichier « de formes » est créé en croisant les entités de deux thèmes. Un de ces thèmes doit être un thème de polygones (appelé « thème de recouvrement »), qui sert à définir la zone de découpage. Le processus de découpage utilise la zone de découpage de la même manière qu'un emporte-pièce. Seules les entités de l'autre thème (appelée « thème d'entrée ») comprises dans la zone de découpage sont stockées dans le nouveau fichier de formes. Dans notre cas, le « thème d'entrée » contient les entités sols.

La compression des fichiers

Pour réduire le temps de chargement sur internet des fichiers « de formes » et des fichiers dBase, il est nécessaire de les compresser à l'aide d'un utilitaire nommé fshape. fshape est une application java et non une applet (contrairement à jshape) qui nécessite un interpréteur java. La syntaxe de base utilisée pour compresser les fichiers de « formes » et les fichiers dBase est la suivante :

```
java fshape fichierdeformes.shp compress  
java fshape fichierdBase.dbf export
```

Les fichiers « de formes » (SHP) sont transformés en fichiers CSP.
Les fichiers dBase (DBF) sont transformés en fichiers TXT.

Avant insertion des fichiers dans les applets java de jshape, il est utile de vérifier si le nombre d'enregistrements (de lignes) dans les fichiers TXT correspond au nombre d'entités décrits dans les fichiers « de formes ».

4.4. CONSTRUCTION FINALE DU SITE

4.4.1. Les règles générales à respecter

La navigation

L'utilisateur du site web doit trouver la navigation intuitive pour se sentir à l'aise sur le site et pouvoir se concentrer pleinement sur le contenu. Elle doit donc être simple et facile à mémoriser.

Le site web sur le Burkina-Faso est divisé en **trois grandes rubriques** :

- Introduction
- Généralités
- Etude pédologique

Ces rubriques sont présentées dans un ordre logique : Avant de visiter la partie sur les sols, il est nécessaire de prendre connaissance de l'introduction et de quelques généralités.

Ces grandes rubriques sont affichées dans **une barre de navigation** en bas de la fenêtre pour offrir à l'utilisateur la possibilité de changer de rubrique sans remonter jusqu'à la page d'accueil.

Deux autres fonctions sont également proposées dans la barre de navigation :



Un click sur cette icône permet de retourner à la page d'accueil.



Un click sur cette icône permet de remonter d'un niveau dans l'arborescence de navigation.

Les rubriques « Généralités » et « Etude pédologique » sont divisées en sous-rubriques.

La rubrique « Généralités » est divisée en 5 sous-rubriques

Généralités



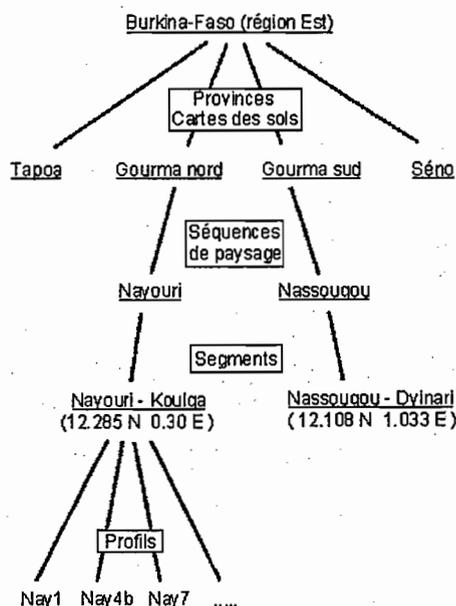
La rubrique « Pédologie » est divisée en 3 sous-rubriques

Etude pédologique du Burkina-Faso



La sous-rubrique « WEB » présente l'étude pédologique de la région Est du Burkina-Faso.

Organisation de l'information pédologique dans la sous-rubrique « WEB »



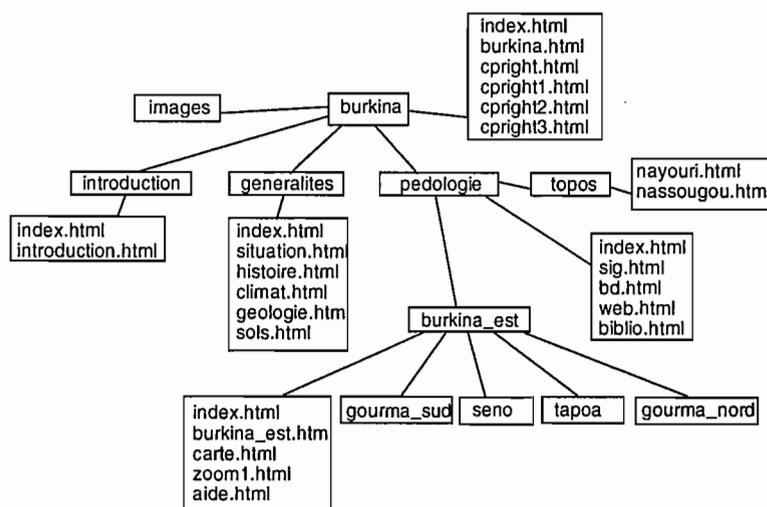
L'arborescence physique

Fréquemment, une confusion est faite entre l'arborescence physique (l'emplacement des répertoires et fichiers sur le serveur) et l'arborescence de navigation. Or, ces deux arborescences sont rarement identiques. Dans notre exemple, les images sont toutes rangées dans un même répertoire situé à la racine du site. Cela facilite sa maintenance car une même image peut être appelée par de nombreuses pages HTML.

Nous avons respecté les règles suivantes :

- Les noms des fichiers sont en minuscules et ne dépassent pas 10 caractères.
- Dans chaque rubrique, les fichiers qui définissent les cadres de la page ont comme nom index.html.
- Les images utilisées pour la charte graphique sont rangées à la racine du site dans un répertoire « /images »

*burkina est le répertoire racine de toute l'arborescence
(l'arborescence complète est en annexe)*



La charte graphique

La charte graphique constitue l'ensemble des éléments communs à toutes les pages du site. Déterminer avec précision chaque paramètre (couleurs dominantes, police...) participe à renforcer l'harmonie générale du site. Nous avons choisi de ne pas dépasser deux couleurs dominantes et deux polices de caractère afin de renforcer l'unité d'ensemble du site.

Deux couleurs dominantes ont été sélectionnées :

- Orange (les références RVB sont R=255 V=222 B=173)
- Vert clair (les références RVB sont R=233 V=240 B=218)

Les polices de caractère sélectionnées sont :

- Times New Roman
- Arial

Le site web sur le Burkina-Faso fait partie de la base de connaissance MIRURAM VALPEDO dans laquelle figurent déjà d'autres sites (Sénégal, Nouvelle-Calédonie). Il est donc important de signaler l'origine commune de ces sites par un logo (le logo de l'IRD) ainsi que par le nom MIRURAM qui figure en bas à gauche de chaque page. Nous avons également adopté, pour l'ensemble de ces sites, la même barre de navigation qui figure en bas de l'écran.

4.4.2. Insertion des documents

Prise en compte de l'organisation de l'information pédologique

L'information pédologique est découpée en plusieurs niveaux :

- Une carte des sols contient plusieurs séquences de paysage.
- Une séquence de paysage est formée de plusieurs segments et de une ou plusieurs toposéquences.
- Une toposéquence est étudiée au moyen de plusieurs profils.
- Un profil est décrit par plusieurs horizons.

Cette hiérarchie est importante car les horizons, les profils et les séquences ont permis de dresser les cartes des sols. Seules deux séquences de paysage (Nayouri et Nassougou) et deux toposéquences ont été insérées dans le site web.

Insertion des cartes et paramétrage de l'application jshape

Toutes les applets jshape sont copiées dans un même répertoire. Ces applets seront accessibles grâce à la commande CODEBASE = « chemindurépertoire ». Les fichiers CSP (fichiers « de formes » compressés) et TXT (fichiers dBase compressés) sont copiés dans un autre répertoire.

Les paramètres définis dans un fichier INI permettent de personnaliser l'interface.

Exemples :

- Intégrer les fichiers CSP et TXT.
- Donner une couleur aux entités de chaque thème.
- Définir des symboles pour les entités point.
- Définir une légende.
- Personnaliser l'environnement de l'interface (taille de la fenêtre, affichage de boutons...).

Les paramètres de définition du projet

Paramètres du projet tapoa (extrait du fichier tapoa.ini)

```
cmdfile=click.cmd
mbcolor=white
MouseMoveScript=Move Villes
maplegendmode=on
legendwindowwidth=160
actlayer=5
list=1,2,3,4,5,6
```

click.cmd est un fichier commande (texte ASCII) qui contient tous les scripts jshape utilisés par le projet.

mbcolor spécifie la couleur d'arrière plan de la carte (« map window »).

MouseMoveScript est un script jshape qui permet de gérer un événement (un passage de souris sur la carte).

actlayer est un script jshape qui définit lequel des thèmes sera interactif par défaut.

list spécifie le nombre de thèmes que contient la carte.

Les paramètres de définition des thèmes

Paramètres des thèmes du projet tapoa (extrait du fichier tapoa.ini)

```
layer1=villes.csp
info1=villes.txt
title1=Villes
size1=5
fcolor1=red
label1=off

layer2=rivieres.csp
info2=rivieres.txt
title2=Rivieres
fcolor2=blue
label2=off

layer3=departements.csp
info3=departements.txt
title3=Departements
fcolor3=white
bcolor3=transparent
lcolor3=black
label3=off
enable3=on

layer4=grilles.csp
info4=grilles.txt
title4=Grille et Routes
fcolor4=red
label4=off

layer5=sols.csp
info5=sols.txt
title5=Sols
Identify5=1, Identify Sols
fcolor5=black
bcolor5=transparent
thematic5=sols.tmt
tmenable5=on
label5=off

layer6=echelle.gif
xmin6=1.50
ymin6=11.23
xmax6=2.19
ymax6=11.35
title6=Echelle
```

Chaque thème est paramétré. Le script *Identify* associé au thème sols permet d'afficher les attributs des entités sols dans une frame ou dans une fenêtre externe.

layer spécifie le nom des fichiers « de formes » compressés.

info spécifie le nom des fichiers texte.

fcolor spécifie la couleur des entités.

sols.tmt est un fichier texte ASCII qui permet de créer une légende à partir des classes de sols. Il contient les informations suivantes :

- Le numéro du champ discriminant.
- La description de chacune des classes.
- La couleur en codes hexadécimaux de chaque classe.

La manipulation des données

Les scripts *jshape* permettent de manipuler les données spatiales (fichiers « de formes » compressés) et les données attributaires (fichiers texte).

Les applets java peuvent aussi lancer des scripts javascript pour extraire des informations de fichiers texte (exemple : fichier texte avec les noms des villes). Les applets peuvent lancer des scripts PHP pour accéder aux fichiers restés sur le serveur (exemple : fichier texte avec les caractéristiques des sols : classes, groupes et familles, types de roches et de végétation associés à ces sols, caractéristiques chimiques...).

\$\$ (« Answer String ») est la variable utilisée comme paramètre qui sera transmis aux scripts PHP et javascript.

A l'inverse, des scripts peuvent agir sur les applets java.

Le menu déroulant et les boutons zoom agissent sur les applets jshape

Etude pédologique de la région Est du Burkina-Faso

Province de Gourma (partie sud)

Gourma sud - Zoom :

Département Comin-Yanga

Séquences Nayoun, Nassougou

Gourma sud - Localisation :

Département Yamba

Ville KOULGA

Coordonnées en degrés décimaux

Longitude E 0.294

Latitude N 12.285

Villes

Rivieres

Departements

Grille et Routes

Sequences et Profils

Sols

sols bruns eutrophes

sols à sesquioxides

sols halomorphes

0 25 50 km

Museum Burkina-Faso © I.D. - 2000 IRD

Introduction Généralités IRD

CONCLUSION

Ce rapport a permis de montrer l'intérêt d'une réactualisation des données pédologiques par les nouveaux outils informatiques (bases de données relationnelles, Systèmes d'Information Géographique, sites web).

Un grand nombre de documents d'origines variées (images, textes, cartes, données) produits par l'Institut de Recherche pour le Développement peuvent aujourd'hui être réexploités, réinterprétés, être mis en relation, et donc valorisés. L'informatique ouvre donc un nouveau champ de travail qui nécessitera de nouvelles compétences et une étroite collaboration entre informaticiens et thématiciens pédologues, géologues ou géographes.

ANNEXES

Bibliographie

Pédologie, morpho-pédologie

BOULET R. (1968). Etude pédologique de la Haute-Volta. Région Centre Nord.- Rapport ORSTOM, Centre de Dakar, 349p., 1 carte 1/500.000 h.t.

BOULET R. (1974). Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédo-bioclimatique. Thèse Sciences. Strasbourg et , 85, 1978, 272p.

BOULET R., FAUCK R., KALOGA B., LEPRUN J.C. (1970). Etude pédologique de la Haute-Volta. Rapport de synthèse. Rapport multigr. ORSTOM, Centre de Dakar, 30p., multigr. 5 cartes, 1 carte h.t.

BOULET R., FAUCK R., KALOGA B., LEPRUN J.C., VIEILLEFON et J. RIQUIER. (1971). Carte pédologique à 1/500.000 de l'Afrique de l'Ouest avec notice explicative.- Atlas intern. ouest afric., Comm. Sci. Techn. rech. O.U.A.

BOULET R., LEPRUN, J.C. (1970). Etude pédologique de la Haute-Volta. Région Est.- Rapport multigr. ORSTOM, Centre de Dakar, 331p., 1 carte 1/500.000 h.t.

KALOGA B. (1969). Etude pédologique de la Haute-Volta. Région Centre Sud.- Rapport multigr. ORSTOM, Centre de Dakar, 247p., 1 carte 1/500.000 h.t.

LEPRUN J.C. (1975). Les sols de Haute-Volta. In : Les atlas Jeune Afrique (Haute-Volta).- Ed. J.A., Paris, 47p., 3 cartes.

LEPRUN J.C. (1979). Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique occidentale sèche. Genèse. Transformations. Dégradation. Thèse Doctorat Etat Sci. Strasbourg, 222p. et Mém. Sci. Géol., Strasbourg, 224p.

LEPRUN J.C., MOREAU R. (1968). Etude pédologique de la Haute-Volta. Région Ouest-Nord.- Rapport multigr. ORSTOM, Centre de Dakar, 341p., 1 carte 1/500.000 h.t.

LEPRUN J.C., R. TROMPETTE.(1969). Subdivision du Voltaïen du massif de Gobnangou (République de Haute-Volta) en deux séries discordantes séparées par une tillite d'âge éocambrienne probable.- C.R. Acad. Sci., Paris, t. 269, pp. 2187-2190, sér. D.

RIEFFEL J.M., MOREAU R. (1969). Etude pédologique de la Haute-Volta. Région Ouest Sud.- Rapport multigr. ORSTOM, Centre de Dakar, 221p., 1 carte 1/500.000 h.t.

SIG, bases de données, web

BROWN M., HONEYCUTT J. (1998). HTML 4, Le Macmillan, CampusPress, 1034p.

CHALEAT P., CHARNAY D. (1999). Programmation HTML et Javascript. Eyrolles, 450p.

ATKINSON L. (1999). Programmation en PHP. CampusPress France, 436p.

GARDARIN G. (2000). Bases de Données objet et relationnel. Eyrolles, 788p.

RENAUD P. (1992). Fichiers et Bases de Données. Séminaire MTI septembre, pp 14-15.

DENEGRE J., SALGE F. (1996). Les Systèmes d'Information Géographique. Presses universitaires de France, Que sais-je ?, 127p.

ESRI. (1998). Utilisation d'ArcView GIS. The Geographic Information System for Everyone. Environmental Systems Research Institute, INC, 363p.

ESRI France. (1997). ArcView Niveau Avancé. Support de cours avec exercices pratiques et données, ESRI France.

ESRI France. (1998). Extensions ArcView, ArcView Map Server, Description fonctionnelle. Les documents techniques d'ESRI France, février, 6p.

SHIUHLIN. (2000). Jshape Software Home Page (<http://jshape.com>).

Arborescence physique du site sur les sols du Burkina-Faso

Répertoire "burkina"

 generalites	
 images	
 introduction	
 pedologie	
 auteurs.html	2 Ko
 burkina.html	1 Ko
 cpright.html	1 Ko
 cpright0.html	3 Ko
 cpright1.html	2 Ko
 cpright2.html	2 Ko
 cpright3.html	2 Ko
 index.html	1 Ko

Répertoire "introduction"

 index.html	1 Ko
 introduction.html	3 Ko

Répertoire "generalites"

 climat.html	20 Ko
 geologie.html	14 Ko
 histoire.html	3 Ko
 index.html	1 Ko
 situation.html	4 Ko
 sols.html	11 Ko

Répertoire "pedologie"

 burkina_est	
 toposequences	
 bd.html	4 Ko
 biblio.html	2 Ko
 index.html	1 Ko
 sig.html	9 Ko
 web.html	5 Ko

Répertoire "images"

 afrique13.gif	7 Ko
 afrique7.gif	22 Ko
 arborescence2.gif	22 Ko
 barre_haut.gif	3 Ko
 burkina3.gif	4 Ko
 echelle.gif	1 Ko
 exemple_sig3.gif	14 Ko
 generalites.gif	2 Ko
 geologie.gif	76 Ko
 introduction.gif	2 Ko
 logo1.gif	3 Ko
 maison.gif	1 Ko
 pedologie.gif	3 Ko
 sols.gif	36 Ko
 titre.gif	3 Ko
 titre2.gif	2 Ko
 cuirasse.jpg	72 Ko
 date_deb_pluie2.jpg	47 Ko
 date_fin_pluie2.jpg	52 Ko
 etp_moy_an2.jpg	49 Ko
 kay2.jpg	54 Ko
 marche.jpg	63 Ko
 nay_paysage.jpg	68 Ko
 paysage_cases.jpg	67 Ko
 precipit_moy_an2.jpg	52 Ko
 precipitation_aout2.jpg	46 Ko
 precipitation_janvier2.jpg	47 Ko
 temp_moy_an2.jpg	45 Ko

Répertoire "burkina_est"

 fshape_2x	
 gourma_nord	
 gourma_sud	
 images	
 jshape_2x	
 seno	
 tapoa	
 resultat.php	4 Ko
 aide.html	1 Ko
 burkina_est.html	1 Ko
 carte.html	1 Ko
 index.html	1 Ko
 zoom1.html	2 Ko
 fshape_2x.zip	25 Ko
 jshape.zip	66 Ko

Répertoire "toposequences"

 images	
 nassougou.html	1 Ko
 nay1.html	5 Ko
 nayouri.html	1 Ko
 nayouri_imagette.h...	1 Ko

burkina/pedologie/burkina_est/

Répertoire "gourma_nord"

 jshape_2x	
 departements.txt	1 Ko
 grilles.txt	1 Ko
 provinces.txt	1 Ko
 rivieres.txt	1 Ko
 sequence.txt	1 Ko
 sols.txt	2 Ko
 villes.txt	7 Ko
 departements.shp	13 Ko
 grilles.shp	21 Ko
 provinces.shp	7 Ko
 rivieres.shp	28 Ko
 sequence.shp	1 Ko
 sols.shp	634 Ko
 villes.shp	7 Ko
 departements.csp	4 Ko
 grilles.csp	6 Ko
 provinces.csp	2 Ko
 rivieres.csp	8 Ko
 sequence.csp	1 Ko
 sols.csp	160 Ko
 villes.csp	3 Ko
 departements.dbf	2 Ko
 grilles.dbf	1 Ko
 provinces.dbf	1 Ko
 rivieres.dbf	1 Ko
 sequence.dbf	1 Ko
 sols.dbf	2 Ko
 villes.dbf	15 Ko
 departements.shx	1 Ko
 grilles.shx	1 Ko
 sequence.shx	1 Ko
 sols.shx	1 Ko
 villes.shx	2 Ko
 sols.tmt	1 Ko
 echelle.gif	2 Ko
 aide.html	3 Ko
 gourma_nord.html	1 Ko
 jshape.html	2 Ko
 zoom_departement...	2 Ko
 zoom_provinces.html	2 Ko
 gourma_nord.ini	2 Ko
 click.cmd	2 Ko
 jshape.zip	66 Ko

Répertoire "gourma_sud"

 jshape_2x	
 departements.txt	2 Ko
 grilles.txt	1 Ko
 provinces.txt	1 Ko
 rivieres.txt	1 Ko
 sequences.txt	1 Ko
 sols.txt	2 Ko
 villes.txt	10 Ko
 departements.shp	18 Ko
 grilles.shp	15 Ko
 provinces.shp	7 Ko
 rivieres.shp	31 Ko
 sequences.shp	1 Ko
 sols.shp	359 Ko
 villes.shp	10 Ko
 departements.csp	5 Ko
 grilles.csp	4 Ko
 provinces.csp	2 Ko
 rivieres.csp	9 Ko
 sequences.csp	1 Ko
 sols.csp	91 Ko
 villes.csp	4 Ko
 departements.dbf	3 Ko
 grilles.dbf	1 Ko
 provinces.dbf	1 Ko
 rivieres.dbf	1 Ko
 sequences.dbf	1 Ko
 sols.dbf	3 Ko
 villes.dbf	20 Ko
 departements.shx	1 Ko
 grilles.shx	1 Ko
 sequences.shx	1 Ko
 sols.shx	1 Ko
 villes.shx	3 Ko
 sols.tmt	1 Ko
 echelle.gif	2 Ko
 aide.html	3 Ko
 gourma_sud.html	1 Ko
 jshape.html	2 Ko
 zoom_departement...	3 Ko
 zoom_provinces.html	2 Ko
 gourma_sud.ini	2 Ko
 click.cmd	2 Ko
 jshape.zip	66 Ko

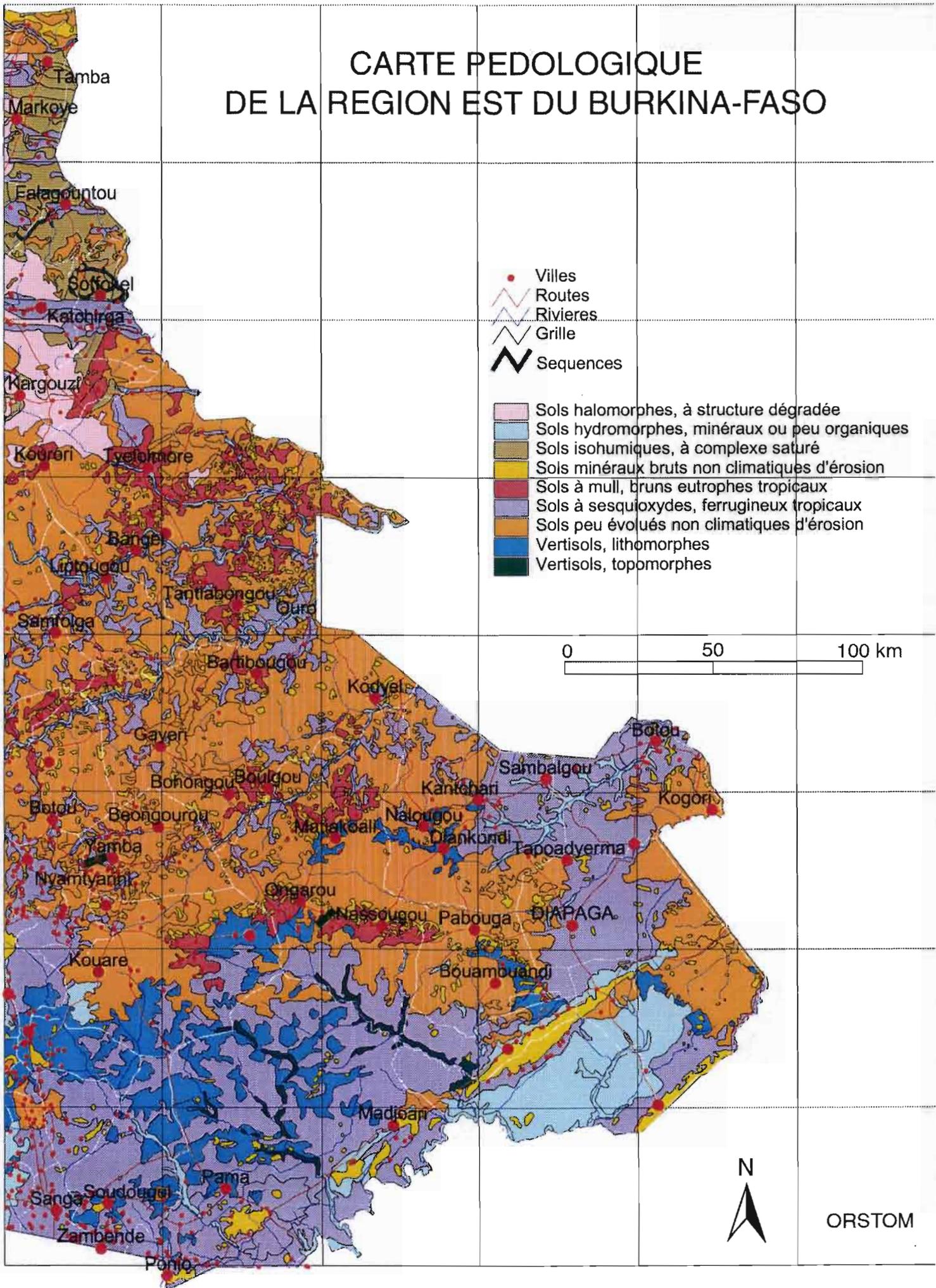
Répertoire "seno"

 jshape_2x	
 departements.txt	1 Ko
 grilles.txt	1 Ko
 provinces.txt	1 Ko
 rivieres.txt	1 Ko
 sols.txt	2 Ko
 villes.txt	3 Ko
 departements.shp	9 Ko
 grilles.shp	10 Ko
 provinces.shp	6 Ko
 rivieres.shp	13 Ko
 sols.shp	247 Ko
 villes.shp	3 Ko
 departements.csp	3 Ko
 grilles.csp	3 Ko
 provinces.csp	2 Ko
 rivieres.csp	4 Ko
 sols.csp	63 Ko
 villes.csp	2 Ko
 departements.dbf	2 Ko
 grilles.dbf	1 Ko
 provinces.dbf	1 Ko
 rivieres.dbf	1 Ko
 sols.dbf	3 Ko
 villes.dbf	7 Ko
 departements.shx	1 Ko
 grilles.shx	1 Ko
 sols.shx	1 Ko
 villes.shx	1 Ko
 sols.tmt	1 Ko
 echelle.gif	2 Ko
 aide.html	2 Ko
 jshape.html	2 Ko
 seno.html	1 Ko
 zoom_departement...	2 Ko
 zoom_provinces.html	2 Ko
 seno.ini	2 Ko
 click.cmd	2 Ko
 jshape.zip	66 Ko

Répertoire "tapoa"

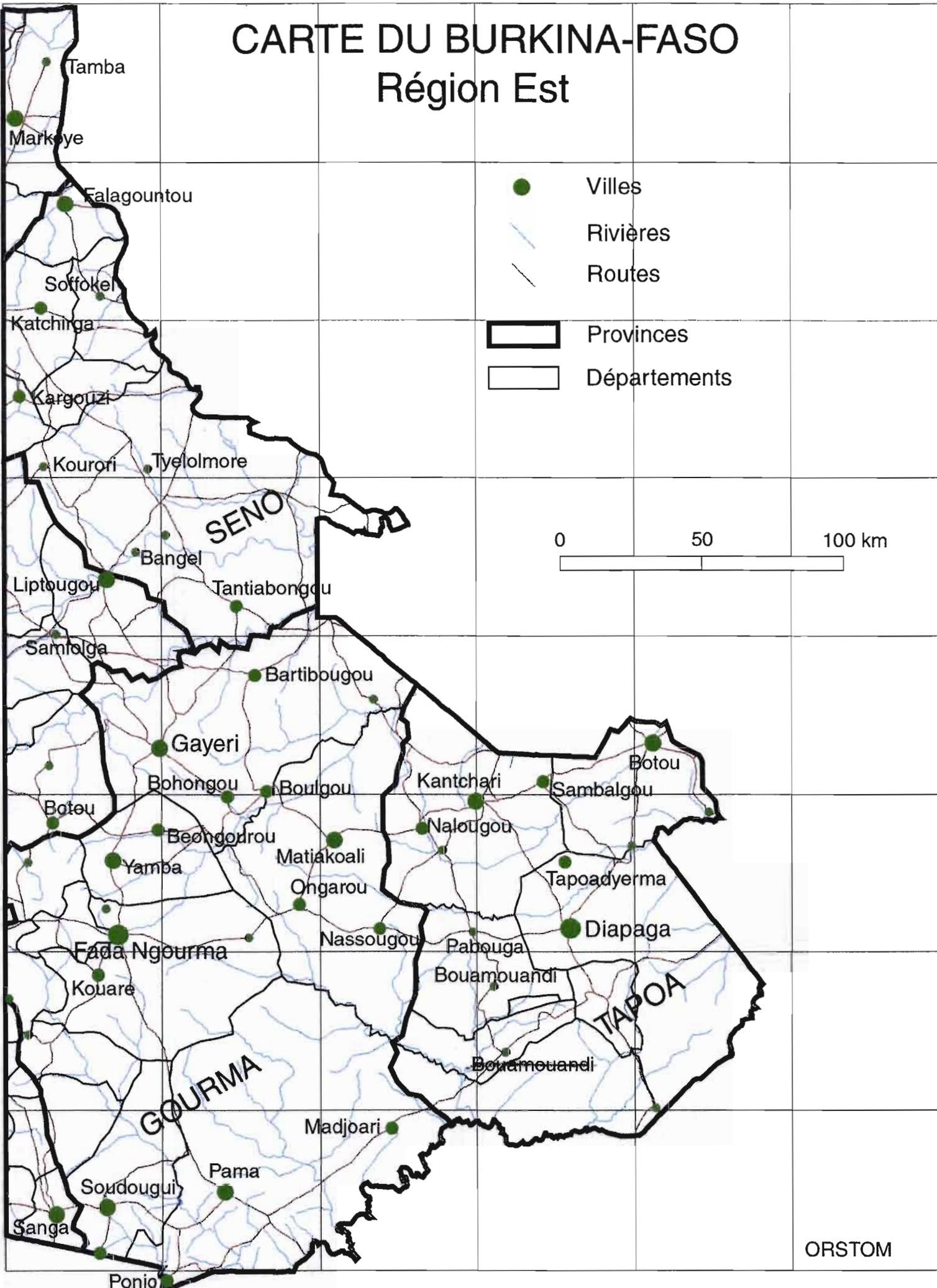
 jshape_2x	
 departements.txt	1 Ko
 grilles.txt	1 Ko
 provinces.txt	1 Ko
 rivieres.txt	1 Ko
 sols.txt	2 Ko
 villes.txt	3 Ko
 departements.shp	16 Ko
 grilles.shp	12 Ko
 provinces.shp	9 Ko
 rivieres.shp	21 Ko
 sols.shp	265 Ko
 villes.shp	3 Ko
 departements.csp	4 Ko
 grilles.csp	4 Ko
 provinces.csp	3 Ko
 rivieres.csp	6 Ko
 sols.csp	67 Ko
 villes.csp	1 Ko
 departements.dbf	2 Ko
 grilles.dbf	1 Ko
 provinces.dbf	1 Ko
 rivieres.dbf	1 Ko
 sols.dbf	2 Ko
 villes.dbf	5 Ko
 departements.shx	1 Ko
 grilles.shx	1 Ko
 sols.shx	1 Ko
 villes.shx	1 Ko
 sols.tmt	1 Ko
 echelle.gif	2 Ko
 aide.html	2 Ko
 jshape.html	2 Ko
 tapoa.html	1 Ko
 zoom_departement...	2 Ko
 zoom_provinces.html	2 Ko
 tapoa.ini	2 Ko
 click.cmd	2 Ko
 jshape.zip	66 Ko

CARTE PEDOLOGIQUE DE LA REGION EST DU BURKINA-FASO



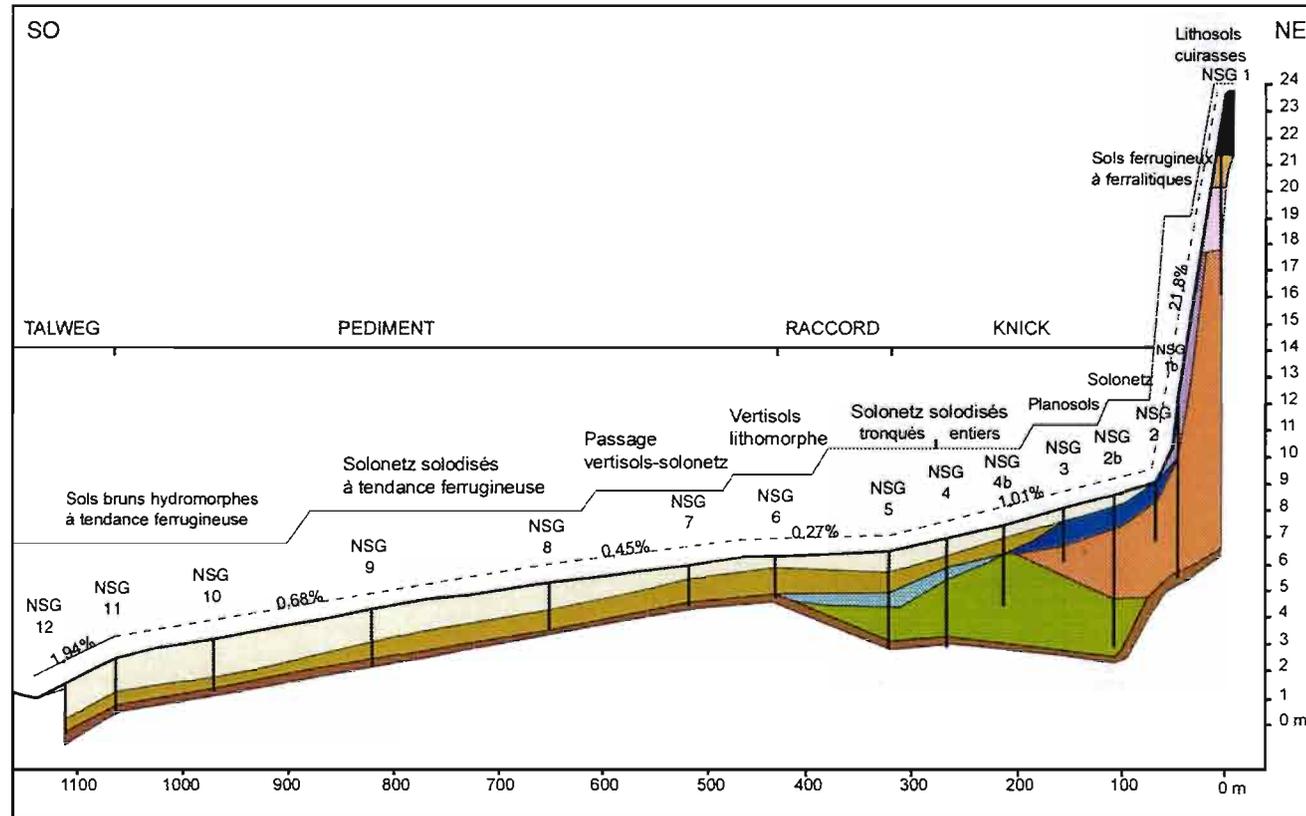
CARTE DU BURKINA-FASO

Région Est



Toposéquence de Nassougou

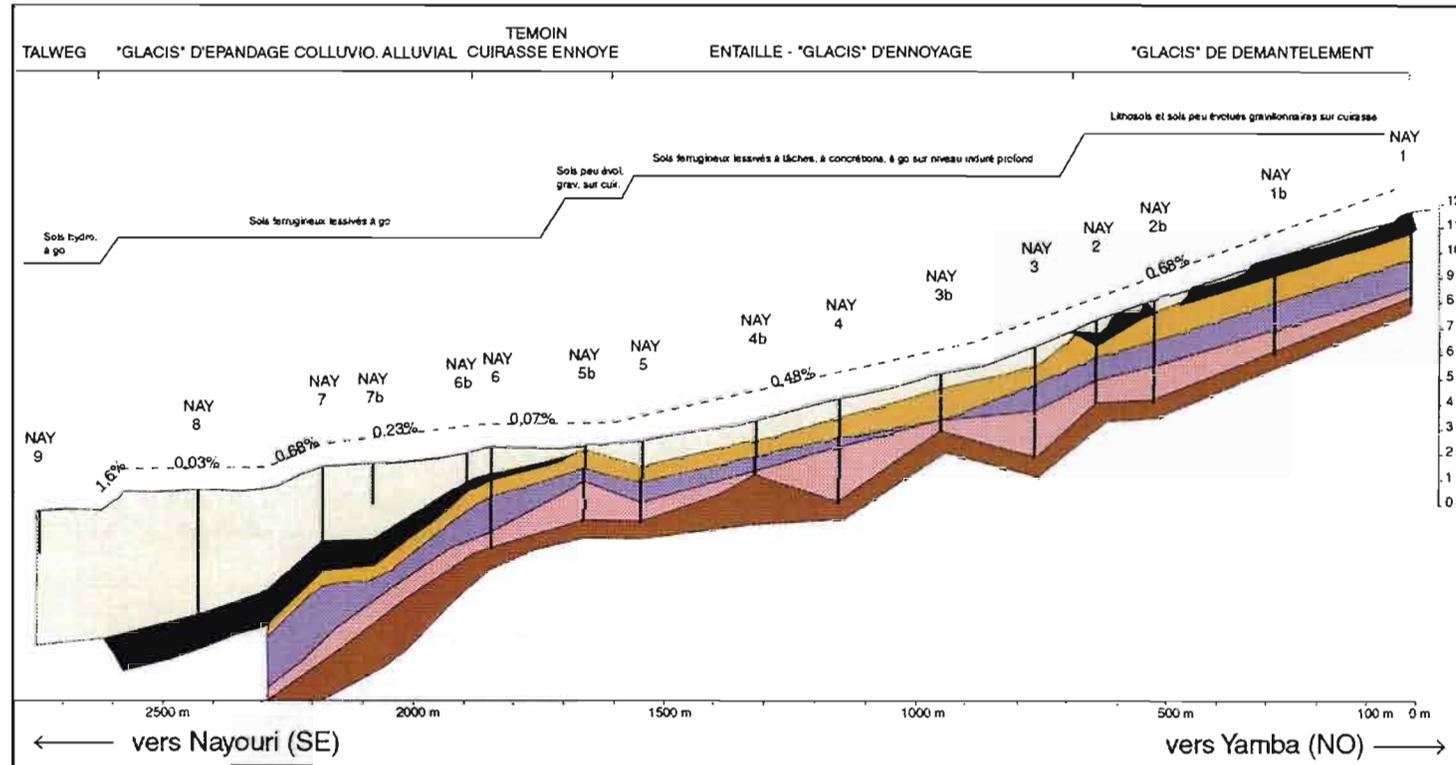
Pluviosité annuelle: 850 mm
 Orientation: 55. 60 Gr NE
 Roche mère: Granite migmatitique hétérogène à biotite et amphibole
 Longitude: 1°01'20" Est
 Latitude: 12°06'20" Nord



- LEGENDE**
- | | |
|---|---|
| Talweg, glacis, raccord | Knick et rebord |
| <ul style="list-style-type: none"> Horizons supérieurs Horizon vertique à nodules calcaires Altération "pistache" Roche peu altérée - migmatite | <ul style="list-style-type: none"> Cuirasse ferrugineuse Carapace Nodules ferrugineux et gravillons Argiles tâchées à poches rouges argileuses Horizon argileux structuré Argiles bariolées |

Toposéquence de Nayouri (route km 3 - 5,5)

Pluviosité annuelle: 900 mm
 Orientation: 75 Gr NE
 Roche mère: Granite fin à biotite monzonitique
 Longitude: 0°17'00" Est
 Latitude: 12°16'30" Nord



LEGENDE

- | | |
|---|---|
|  Sols et alluvions |  Argiles tachetées |
|  Cuirasse massive ferrugineuse |  Arène altérée |
|  Carapace |  Roche peu altérée (granite) |