

MIRURAM/VALSOL :

Un système d'information et une base de données pour représenter les sols tropicaux et leurs environnements

A. Beaudou⁽¹⁾ et H. Le Martret⁽²⁾

(1) IRD, Unité de Service « Valpédo », 32, avenue Varagnat, 93143 Bondy Cedex

(2) IRD, Unité de Service « Valpédo », 911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5

RÉSUMÉ

Les données pédologiques, qui représentent un capital très important pour tous les pays de la zone intertropicale, sont le plus souvent difficiles d'accès et peu pratiques à utiliser mais surtout risquent de disparaître.

Pour répondre à la demande actuelle de nos partenaires et également aux préoccupations internationales concernant le devenir de la planète et la gestion durable des ressources, la connaissance des sols et des milieux semble un point de passage obligé.

Deux étapes ont donc été envisagées : 1) la mise en place d'outils permettant de rassembler et transcoder les informations existantes afin de répondre à une première nécessité de sauvegarde d'un patrimoine scientifique, 2) l'actualisation et la valorisation de toutes ces données afin de répondre aux préoccupations majeures de gestion durable des milieux.

Afin de satisfaire ces demandes nous avons donc mis en place un système d'information comprenant trois volets principaux :

1) une base de données sols et environnement VALSOL permettant de rassembler par pays, sous une forme accessible, les données existantes. Pour réaliser VALSOL nous avons, dans un premier temps bénéficié de l'expérience de l'INRA dans le domaine des bases de données (DONESOL). Toutefois l'analyse préalable s'appuyant sur les travaux de cartographie réalisés par l'ORSTOM nous a conduit à une approche conceptuelle tenant compte du découpage spatial et de la spécificité des données des milieux intertropicaux. VALSOL se caractérise par des interfaces WEB d'intégration, de modifications et de gestion de la base pour faciliter son utilisation et s'appuie sur des logiciels du domaine public afin d'être largement diffusée.

Dans le but de rassembler un maximum de données pédologiques de façon automatique des programmes de transfert des données ont été mis en place ou sont en cours de réalisation (STIPA vers VALSOL, DONESOL vers VALSOL et réciproquement).

Plus qu'un simple outil de stockage, la base de données est également le moyen de valoriser les données analytiques anciennes : carbone, phosphore, éléments traces métalliques...

2) Des Systèmes d'Information Géographique qui offrent la possibilité, en transformant les cartes existantes, de rattacher chaque unité spatiale aux informations présentes dans les bases de données.

3) Une base de connaissances « MIRURAM-VALPEDO ». La base de connaissance est l'ensemble des pages Web de présentation de l'information pédologique s'appuyant sur des accès à la base de données VALSOL. Les documents cartographiques sont interactifs (zoom,

sélection, requête...) et permettent d'afficher les données de la base VALSOL par une entrée spatiale.

Mots clés

Base de données, système d'information géographique, base de connaissances, WEB, sols, pédologie, paysages

SUMMARY

MIRURAM/VALSOL : an information system and a data base for the representation of tropical soils and their environment

Soil data, representing a very important resource for all tropical countries, are often difficult to access and impractical to use ; but worst of all , they are in danger of getting lost.

To respond to the current requests from our partners and also to the international fears for the future of the planet and the sustainable management of resources, a knowledge of soils and environments would seem to be critical.

Two stages have therefore been envisaged : 1) the introduction of tools to assemble and interpret existing information so as to respond to a vital need to safeguard a scientific heritage, 2) updating and validating all these data so as to respond the main concerns for sustainable management of the environment.

In order to satisfy these demands we have therefore put in place an information system comprising three main parts :

1) a soil and environment database (VALSOL) which brings together the existing data by countries, in an accessible form. To create VALSOL we have, in the first instance, made use of INRA experience in the field of databases (DONESOL). However the preliminary analysis based on the mapping done by ORSTOM led us to a conceptual approach taking account of spatial division and the specific nature of data from tropical environments. VALSOL has a web interface, and has been modified for ease of use. It uses public domain software so as to ensure wide distribution.

So as to bring together the maximum amount of soil data automatically, data transfer programs have been installed during its creation (STIPA to VALSOL, DONESOL to VALSOL and vice-versa).

More than a simple storage device, the database is also a means of adding value to old analytical data – carbon, phosphorus, metallic trace elements etc.

2) Geographical information systems which offer the possibility, by the transformation of existing maps, to associate each spatial unit with information from the database.

3) a knowledge base « MIRURAM-VALPEDO » is all the web pages containing the soil information based on access to the VALSOL database. The maps are interactive (zoom, select, request..) and enable the VALSOL data to be access via spatial coordinates.

Key-words

Database, GIS, Knowledge base, WEB, soils, pedology, landscape

RESUMEN

MIRURAM/VALSOL :

Un sistema de información y un banco de datos para representar los suelos tropicales y su medio ambiente

Los datos pedológicos que representan un capital muy importante para todos los países de la zona inter-tropical, son a menudo, difícil de acceso y poco prácticos a utilizar pero sobre todo pueden desaparecer.

Confrontado a la demanda actual de nuestros asociados y igualmente a las preocupaciones internacionales que concierne el provenir de la planeta y la gestión sostenible de los recursos, el conocimiento de los suelos y de los medios parece un paso obligatorio.

Frente a este hecho, era indispensable, en un primer tiempo, prever la instauración de herramientas que permiten reunir y moder-nizar las informaciones existentes para contestar a una primera necesidad de protección de un patrimonio científico. En la segunda etapa, se necesitaba actualizar y valorizar todos los datos para responder a las preocupaciones mayores de gestión sostenible de los medios.

Para satisfacer estas demandas hemos establecido un sistema de información que contiene tres aspectos principales

- Un banco de datos suelos y medios ambientes VALSOL que permite reunir por país bajo una forma accesible los datos existentes. Para realizar VALSOL hemos largamente beneficiado de la experiencia del INRA (banco de datos DONESOL), pero se necesito tener en cuenta la especificidad de los datos ligados al mundo tropical así que las limitantes de uso. El banco de datos VALSOL se caracteriza por inter-

faces WEB de intégration, de modification y de gestión del banco para facilitar su uso y se apoya sobre programas informáticos del ámbito público para ser ampliamente difundido.

Con el objetivo de reunir un máximo de datos pedológicos de manera automática, se establecieron programas de transferencia de datos o son en curso de realización (STIPA hacia VALSOL, DONESOL hacia VALSOL y recíprocamente).

Más que una simple herramienta de almacenamiento el banco de datos es igualmente un medio de valorizar los datos analíticos viejos: carbono, fósforo, elementos trazas metálicos, (ejemplo de la distribución del carbono en Burkina Faso en función de los tipos de suelos, de vegetación, de paisajes...)

Sistemas de información geográfica que ofrecen la posibilidad, transformando los mapas existentes, de ligar cada unidad espacial a las informaciones presentes en los bancos de datos.

Un banco de conocimientos que ofrece, por el intermediario de un sitio WEB (MIRURAM-VALPEDO), un acceso fácil y práctico a la información. Es igualmente el medio para usar fácilmente el banco de datos (consultación, interrogación) y a través de mapas vectoriales al formato SVG extraídos de sistemas de información geográficos consultar la información pedológica contenida en la base de datos por una entrada espacial.

Palabras claves

Banco de datos, sistema de información geográfico, banco de conocimiento, WEB, suelos.

Il existe actuellement, de la part des pays dans lesquels l'ORSTOM (puis l'IRD) a travaillé pendant de longues années (DOM TOM : -Nouvelle Calédonie, Martinique, Guyane... -, Afrique : -Burkina Faso, Mali, Côte d'Ivoire, Centre Afrique, Gabon, Congo...), une forte demande d'inventaire, de stockage, d'utilisation et de valorisation des données concernant les sols et leur utilisation dans un souci de protection et de conservation de ce capital naturel. Plus d'un demi-siècle d'étude des sols, de leur environnement et de leur mise en valeur, sur toute la zone intertropicale et méditerranéenne, a produit une masse de données considérable. La nature de ces données est extrêmement variée. Leur accessibilité est limitée et leur exploitation sous leur forme actuelle reste peu pratique, voire pratiquement impossible. Si leur qualité intrinsèque est indéniable, il convient de les réhabiliter et de les inscrire dans la somme des connaissances recueillies actuellement.

Notre objectif est donc de construire un « outil informatique » d'aide au développement, s'appuyant sur des logiciels du domaine public, afin de permettre une large diffusion aux pays partenaires du Sud. Il doit permettre aussi bien de saisir, stocker, organiser et interpréter les données, que de rechercher des règles de modélisation structurale des composantes paysagiques et des paysages. Pour cela deux phases principales sont à envisager :

- La saisie et le stockage des données existantes sous une forme plus facilement accessible (Système de Gestion des Bases de Données Relationnelles, Système d'Information Géographique)
- Le traitement des données, la valorisation et la présentation des informations en facilitant les moyens de consultation afin de satisfaire aux besoins de communication et de transmission de l'information.

Dans ces domaines de collecte des données pédologiques les références sont nombreuses (Batjes, 2000, Coote et MacDonald K.B., 2000, Legros *et al.*, 1992, Jamagne *et al.*, 1995., Lytle, 2000, Petersen *et al.*, 2000, Van Engelen, 2000) et plusieurs grandes institutions proposent des accès libres ou par mots de passe à des systèmes d'informations géographiques ainsi qu'aux données pédologiques associées. Parmi ceux-ci, nous pouvons citer la FAO qui propose des informations en ligne et des cartes simplifiées, le NASIS (National American Soil Information System), la CanSIS (Canadian Soil Information system), l'INRA... Exceptée la FAO tous ces systèmes demeurent localisés à des régions précises (Amérique du Nord, France...).

Notre objectif est quelque peu différent dans la mesure où il s'agit de mettre à disposition de chaque pays partenaire du Sud un moyen de récupérer ses données anciennes et de les valoriser mais aussi d'intégrer les études en cours. Pour cela nous disposons d'une structure de base de données pédologiques et environnementales, à laquelle peuvent être rattachés des SIG et une base de connaissance MIRURAM (abréviation de Milieu RURAL et AMénagement)

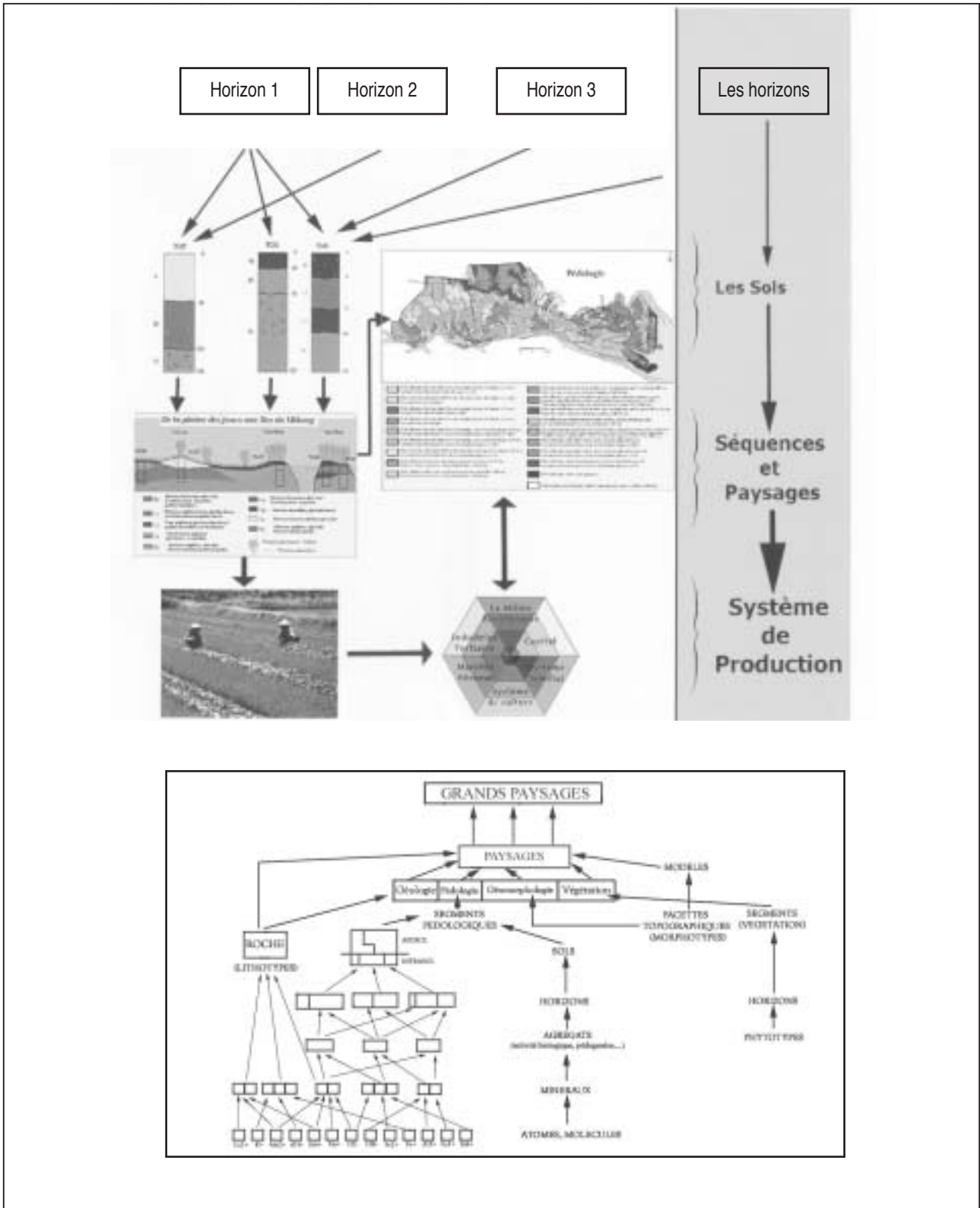
La base de connaissance hypertexte MIRURAM est constituée de l'ensemble des pages web interactives de présentation de l'information pédologique s'appuyant sur des accès à la base de données VALSOL.

Les fonctionnalités d'affichage des documents cartographiques proposées à l'utilisateur sont le zoom, le déplacement, le choix des thèmes affichés.

L'utilisateur peut « cliquer » sur une entité et avoir ainsi un accès aux données de la base VALSOL par une entrée spatiale.

Figure 1 - Synthèse et agrégation des données

Figure 1 - Synthesis and data aggregation



L'interactivité est assurée par le langage Javascript et la gestion des événements dans les pages vectorielles au format SVG.

Le langage utilisé pour construire les requêtes à la base de données et créer la page HTML en retour est le PHP. Des modules d'analyse spatiale sont en cours de développement et permettront d'effectuer des opérations de type Intersection entre couches, calcul de zone tampon, sélection d'entités appartenant à un périmètre choisi...

La réalisation de MIRURAM est le résultat d'une recherche théorique et méthodologique associée à un développement informatique. Ces deux aspects se succèdent et/ou se font simultanément en fonction des nécessités.

LA RECHERCHE MÉTHODOLOGIQUE

Cette recherche s'est fixée comme principaux objectifs :

- mettre à la disposition des utilisateurs des informations scientifiques concernant plusieurs thématiques. Ceci à différentes échelles de perception et de restitution, selon un schéma défini pouvant conduire, par niveaux successifs, de la donnée élémentaire au système de production ;
- réaliser un système d'aide à la décision et à l'expertise s'appuyant sur des bases de données, des SIG et des hypertextes ;
- rechercher des indicateurs de « qualité des sols et du milieu », de sensibilité à la dégradation, de protection de l'environnement, etc.

En tenant compte des observations précédentes la phase méthodologique est guidée par deux lignes directrices :

- passer de la donnée sol au « grand paysage » ;
- formaliser sous forme informatique les différentes étapes en suivant un schéma scalaire et thématique.

Les bases théoriques

La synthèse et l'agrégation des données

Le point de départ est une observation « de terrain » simple. La couverture pédologique se caractérise, de la plus grande à la plus petite échelle, par des « horizons », qui se regroupent en « sols », les sols en « segments », les segments en « paysages », les paysages en « grands paysages » (Beudou 1990, Beudou, Le Martret 1996). Segments, paysages et grands paysages peuvent se représenter sous forme de cartes (*figure 1*). Ils sont les supports de « systèmes de production » qui font intervenir l'homme et ses diverses activités socioculturelles et socio-économiques.

Quelques définitions

Le **grand paysage** rassemble des paysages similaires en termes de géologie qui est le critère principal d'identification. Sont également prises en compte la couverture végétale, la forme dominante du relief et les principales cultures.

L'**unité de grand paysage** ou unité cartographique de grand paysage représente la traduction cartographique du grand paysage.

Le **paysage** est défini principalement par un modelé (colline convexe, plateau et glacis cuirassé, plaine côtière...) associé à des caractères géologiques, pédologiques et de couverture végétale. C'est en fait une toposéquence. Le paysage peut être composé de un à plusieurs segments.

L'**unité de paysage** ou unité cartographique de paysage est la représentation spatiale du paysage.

Le **segment** ou segment de paysage est une « portion » du paysage caractérisé par une forme morphologique précise. Les ruptures de pente ou autres accidents morphologiques le long d'une séquence marquent les limites des segments. Ces modifications de la forme morphologique sont associées à des variations pédologiques. On parle le plus souvent de segment morpho-pédologique. La caractérisation du segment tient également compte de sa relation avec un segment amont s'il existe, de la nature la roche ou de celle du matériau d'origine, des types de sols présents sur ce segment... Un à plusieurs profils peuvent être décrits le long de ce segment. Le segment peut être représenté par une polygone.

L'**unité de segment** ou unité cartographique de segment permet de relier les données sémantiques aux entités géographiques et sera caractérisé par les mêmes attributs que le segment avec une notion de spatialisation des données. L'unité de segment sera représentée par un à plusieurs polygones.

Le **profil** est défini par ses caractéristiques générales, sa classification... Le profil sera, de plus, décrit horizon par horizon. Chaque **horizon** pouvant être **analysé** ou non.

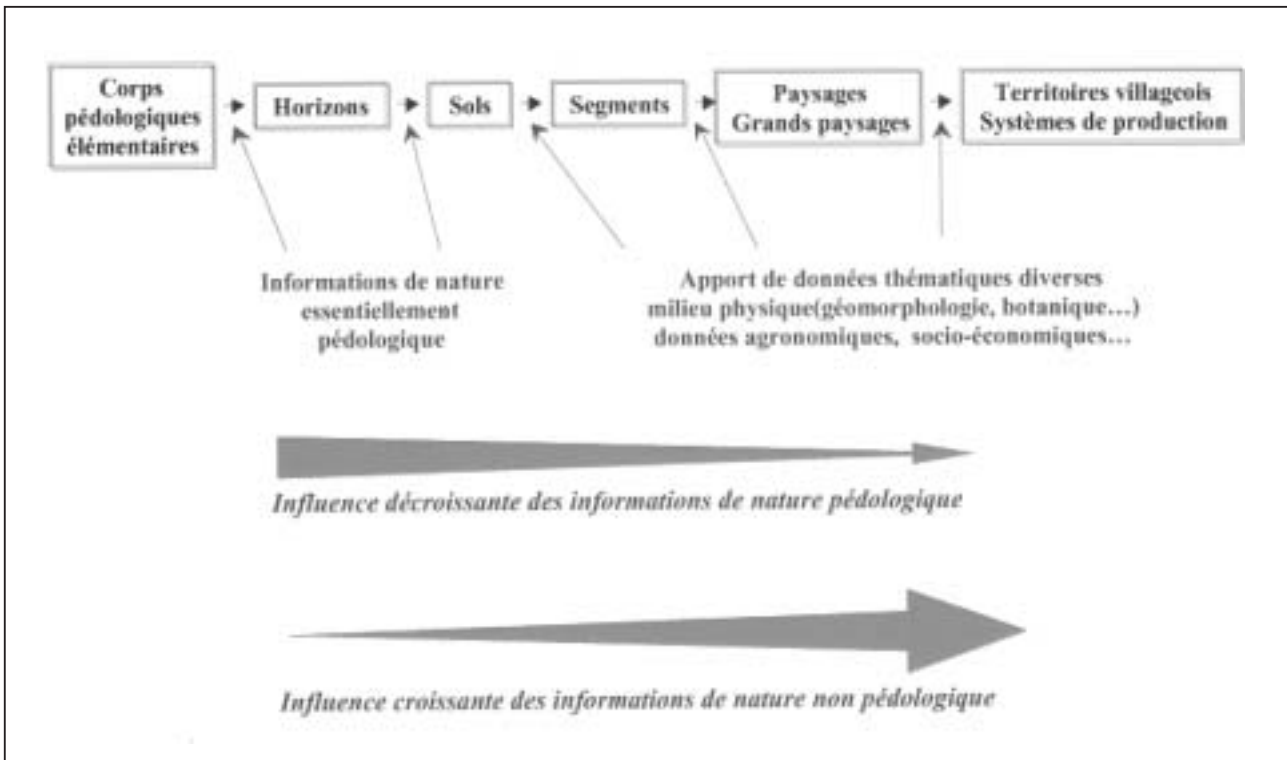
Les grands paysages, paysages et segments tiennent compte de l'échelle à laquelle on se place et de la complexité des organisations qui les composent (sols, surface du sol, modelé, géologie...). On s'attachera, dans ces tables, à donner des indications sur le climat, la géologie, la géomorphologie et ceci avec de plus en plus de précision lorsque l'on passe du grand paysage au paysage puis au segment.

Cette agrégation progressive des objets reflétant des changements d'échelle successifs montre bien la complexité de l'information.

Des structures élémentaires au système de production : vers une nouvelle information

L'illustration de cette relation « changement d'échelle / transformation de l'information » est représentée par la *figure 2*.

Si dans une première étape l'information dominante est surtout pédologique, lorsque l'on passe au segment, paysage et système de production les apports de données d'autres natures prennent de plus en plus d'importance.

Figure 2 - Changement d'échelle et information**Figure 2** - Scale transformation and information

La formalisation informatique

Afin de répondre aux objectifs fixés il faut transposer ces schémas en « termes informatiques » afin de produire un outil de recherche et d'aide à la décision, c'est-à-dire :

- mettre les données à la disposition des chercheurs ;
- faciliter la recherche d'indicateurs (qualité des sols, sensibilité à l'érosion, etc.). C'est l'aspect « outil de recherche »
- mettre les connaissances ainsi produites à la disposition des responsables du développement. C'est l'aspect « outil d'aide à la décision et d'aide à l'expertise » (figure 3).

Cette formalisation informatique doit impérativement veiller à :

- la qualité des données stockées et des informations produites ;
- l'accessibilité aux données et aux informations ;
- l'exhaustivité des informations (dans la mesure du possible).

Il faut donc, en suivant le schéma précédent :

- acquérir et organiser des données pédologiques et environnementales (ou d'autres natures) ;
- exploiter les données ;
- diffuser l'information destinée essentiellement à certains spécialistes (pédologues, géographes..., aux acteurs du développement et aux partenaires du sud. Cette diffusion qui n'est donc

pas « tout public » se doit de préserver une image de qualité scientifique certaine.

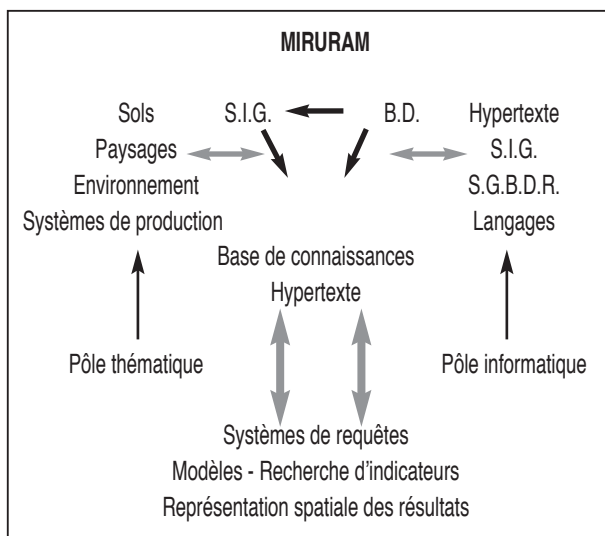
Pour réaliser cela il est indispensable de s'appuyer sur différents outils permettant de construire les points d'ancrage d'un triptyque représenté par une base de données, un système d'information géographique et une base de connaissance hypertexte.

La figure 3 met en évidence l'existence de deux pôles (thématique et informatique) qui ne peuvent fonctionner indépendamment l'un de l'autre. Nous avons ainsi défini un modèle de base de données relationnel, ses relations avec les systèmes d'information géographiques et la structure conceptuelle de l'hypertexte (charte graphique, cheminements et interactivité, représentation des informations spatiales, etc.).

LE DÉVELOPPEMENT INFORMATIQUE

Il correspond à 3 niveaux :

- la saisie et le stockage des données existantes (Système de Gestion des Bases de Données Relationnelles, Système d'Information Géographique) ;
- le traitement des données par interrogation des bases de don-

Figure 3 - MIRURAM : La formalisation informatique**Figure 3 - MIRURAM : computer pattern**

nées classiques ou géoréférencées (système d'information géographique) afin de mettre en évidence les processus et leur distribution spatiale ;

- la valorisation et la présentation des informations en développant les chemins d'accès et en facilitant les *moyens de consultation*.

Le développement informatique se fera en trois étapes échelonnées dans le temps, tout au moins en ce qui concerne les deux premières et la troisième :

- construire et renseigner les Bases de données et les Systèmes d'Information Géographique.

- élaborer des systèmes de requêtes pour répondre aux problèmes de mise en valeur, d'évolution des paysages, (érosion, occupation du sol, etc.) en s'appuyant essentiellement sur les connaissances des sols et des milieux et sur les interrogations de nos partenaires.

- les traduire dans une base de connaissance hypertexte avec une représentation spatiale.

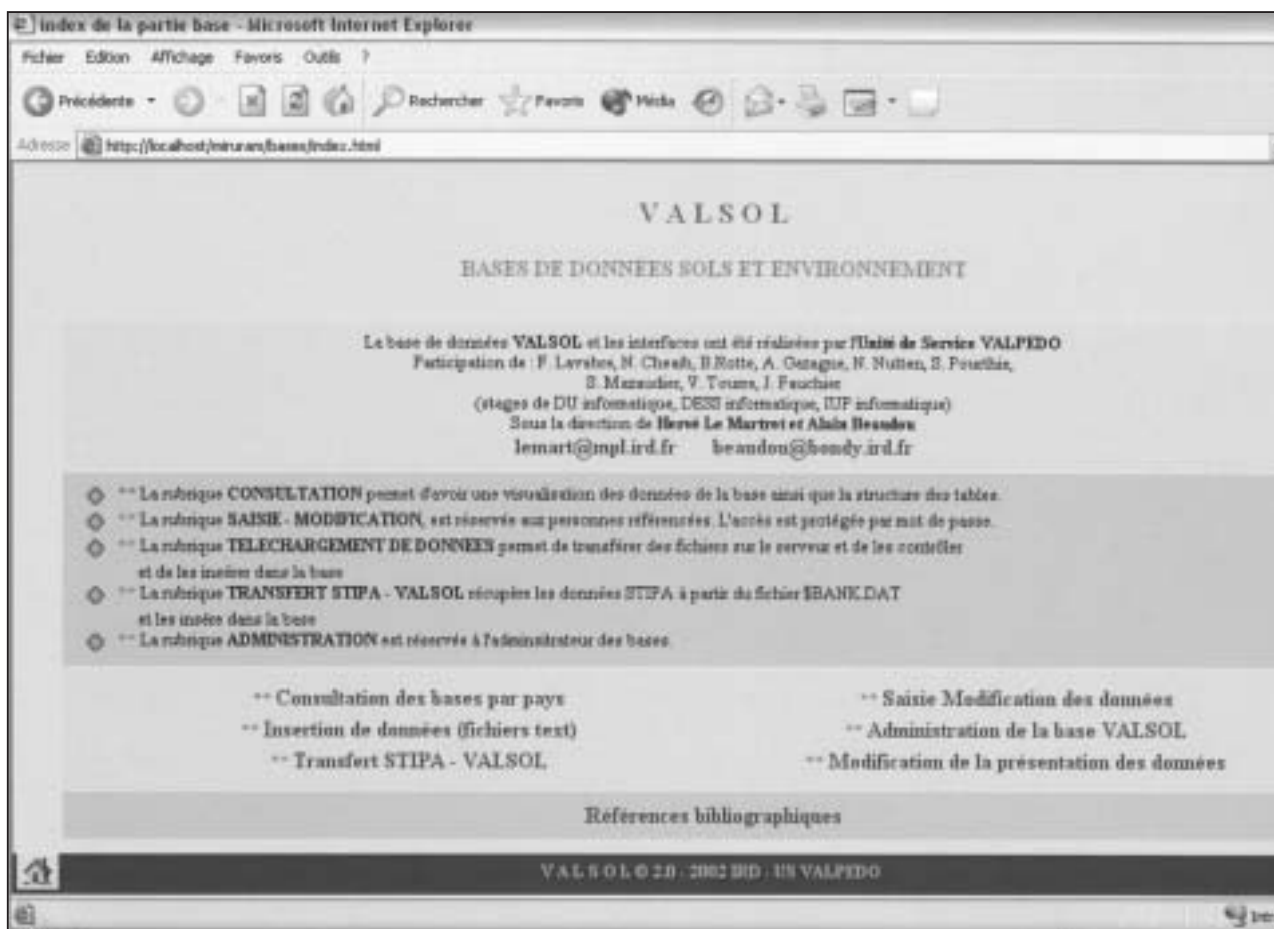
Figure 4 - Page d'accueil de VALSOL : Les menus principaux**Figure 4 - VALSOL first page : main menus**

Figure 5 - L'exemple du formulaire de saisie d'un profil réel
Figure 5 - Example of soil data capture form (part 1)

The screenshot shows a web browser window with the title "SAISIE D'UN PROFIL REEL (Base : Vichava, Zone : BE)". The main form contains the following sections:

- Reference du profil**: A text input field containing "BE-".
- Reference du profil assent**: A text input field with a "Sélectionner" button.
- Reference de la station mère**: A text input field with a "Sélectionner" button.
- Reference du segment**: A text input field with a "Sélectionner" button.
- CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU PROFIL**:
 - LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DU PROFIL**:
 - Village proche**: A text input field.
 - Date (DDMMAAAA)**: A text input field.
 - Saison**: A text input field.
 - COORDONNÉES (en m)**:
 - X**: A text input field.
 - Y**: A text input field.
 - Type projection, Zone utm...**: A text input field.
 - COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES (degré, minute, seconde)**:
 - Latitude**: A text input field with "Nord / Sud" radio buttons.
 - Longitude**: A text input field with "Est / Ouest" radio buttons.
 - ALTITUDE (en m)**: A text input field.
- LOCALISATION DU PROFIL**:
 - sur le segment**: A dropdown menu with "Pas de réponse" selected.
 - sur la station**: A dropdown menu with "Des données" selected.

The help window on the right, titled "AIDE : SAISIE D'UN PROFIL", contains the following text:

- * Référence :** La référence du profil systématique correspond au maximum 8 caractères. Elle est constituée de la référence de l'étude, suivie d'un "." puis d'une référence alphanumérique. L'ensemble ne dépasse pas 8 caractères. Exemple: TWT-IL, BE-ANHT
- * Référence du profil assent :** Sélectionner
- Cliquer sur ce bouton pour afficher la liste des profils déjà présents dans la base. Sélectionner éventuellement le profil assent.
- Spécifique aux profils réels**:
 - * Référence du segment :** Sélectionner
 - Cliquer sur ce bouton pour sélectionner la référence du segment au lequel est rattaché le profil. Une liste des segments déjà existants pour la même étude apparaît à droite.
 - Cliquez sur une référence pour la sélectionner.
 - Si le segment n'apparaît pas dans la liste, cliquez sur le bouton "Nouvelle référence"
 - * Saisissez les caractéristiques du segment à gauche.
 - * Validez.
 - * Sélectionnez la référence du segment existant dans la liste de droite.
 - vider le cache**
 - Une fois les champs saisis, cliquez sur ce bouton pour que les informations soient insérées dans la base.
 - Une flèche apparaît pour indiquer si l'insertion s'est bien passée.
 - ATTENTION !** Il faut valider avant de choisir les profils systématiques.
- Spécifique aux profils réels**:
 - Choisir les profils systématiques**
 - Cliquer sur ce bouton pour indiquer les profils systématiques qui correspondent éventuellement au profil qui vient d'être saisi.

La base de données pédologique et environnementale (VALSOL)

Une base de données (BD) est un ensemble organisé de données non indépendantes modélisant les objets d'une partie du monde réel. C'est le premier volet du triptyque qui constitue MIRU-RAM.

Le choix du Système de Gestion de Base de Données

La base de données VALSOL a été conçue pour :

- répondre à des besoins de stockage des données pédologiques et environnementales anciennes et récentes collectées par l'ORSTOM puis par l'IRD.
- faciliter l'accès à ces données et à leur utilisation.
- être mises à la disposition de nos partenaires ainsi que le système

lui-même. C'est pourquoi nous avons choisi le SGBDR "PostgreSQL" (logiciel gratuit téléchargeable sur www.postgresql.com). La qualité et l'évolution de ce SGBDR ont beaucoup influencé ce choix.

De la donnée aux modèles conceptuel et physique de données (MCD, MPD)

La réalisation du modèle conceptuel s'appuie sur le schéma de la figure 1 et résulte d'un long travail associant pédologues et informaticiens. Pour réaliser VALSOL nous avons bénéficié de l'expérience de l'INRA (base de données DONESOL, - Bertrand, 1984; Bornand, 1989; Jamane *et al.*, 1989; Favrot *et al.*, 1994; Jamane *et al.*, 1995; Legros, 1992; Falipou et Legros, 2002-). Cependant, dans le cadre de VALPEDO, il a fallu tenir compte du plus grand nombre possible de données pédologiques existantes à l'IRD. Leur analyse a mis en évidence la spécificité de ces données liées au monde tropical (dic-

Figure 6 - L'exemple du formulaire de saisie d'un profil réel (suite)**Figure 6** - Example of soil data capture form (part 2)

Classe de la sous-classe	Arbre au groupe et sous-groupe ...
10100	Défilent désaturés en B
10200	meurtrissés désaturés en B
10300	fortement désaturés en B
10400	Bordiques
10500	stériles

tionnaire de données différent, - Legros et. Nortcliff, 1990-) et de leur organisation.

Nous avons donc retenu, pour modéliser la base de données, un schéma spatial et cartographique :

- profils, segments, paysages, et grands paysages pour les données ponctuelles ;
- unités de segments, de paysages et de grands paysages pour les informations cartographiques.

Les modèles conceptuel et physique de données reflètent donc les spécificités des données de l'ORSTOM.

De plus, dans un but de convivialité, d'adaptabilité et de transmission des méthodes et des savoirs, nous avons choisi d'utiliser les technologies du domaine public (serveur HTTP apache, serveur SGBDR PostgreSQL, langages PHP, HTML, Java, JavaScript, SVG...).

Les données sont regroupées selon plusieurs types avec une première grande subdivision :

- les données générales concernent les études, les auteurs, les cartes, les organismes, avec les tables correspondantes. Elles sont indépendantes des données thématiques et peuvent se rattacher aux métadonnées.
- les données thématiques séparées en deux ensembles :

- les données morphologiques regroupant les caractéristiques des grands paysages, paysages et segments
- les données pédologiques (description des sols et horizons et caractères analytiques)

Les données thématiques ont été ensuite subdivisées en deux groupes en fonction de leur nature :

1- les données réelles décrivent des objets observés sur le terrain, ponctuels ou linéaires (grands paysages ou transects, paysages ou séquences, segments, profils, horizons), spatialement localisés et représentés par des polygones, ou des points sur une carte. Elles se retrouvent dans les tables suivantes : gd_paysage, paysage, segment, profil_réel, horizon_réel.

2- les données cartographiques correspondent à une représentation spatiale d'un ensemble de sols, d'un sol et de ses composants (unité de grand paysage, unité de paysage, unité de segment). Et sont représentées par un polygone. Ces données sont présentes dans les tables : unité_gd_paysage, unité_paysage, unité_segment.

3- les données synthétiques sont le résultat d'un travail de synthèse associant plusieurs sources d'informations. Elles sont construites à partir des données réelles (moyennes) et permettent de caractériser les sols (profils, horizons, analyses synthétiques). Les

Figure 7 - Liste des profils de l'étude BE (Burkina Faso) et affichage de la description d'un profil
Figure 7 - Soils list of study BE (Burkina Faso) and soil description (BE-NAY1)

Profil	Coordonnées	localisation	analysé
Sols minéraux bruts			
BE-NAY1	0° 18' 70" E, 12° 16' 13" N	Nayoun	oul

PROFIL BE-NAY1		DESCRIPTION DES HORIZONS DU PROFIL BE-NAY1	
Classification française sols minéraux bruts non climatiques d'érosion lithosols : sur roche dure		0 - 3cm s1	Couleur : gris Code Munsell (humide : 10YR 4/2) (Profil sec) ; Taches : pas de tâches ; Éléments grossiers : 10% , graviers (0,2 à 2 cm) , gravillons ferrugineux ; Éléments figurés : 0% ; Texture : ; Structure lamellaire , peu nette , taille : 3mm ; Activité biologique : Moyenne , Termite ; Fragile : friable ; Enracinement : nombreuses , fin ; Teneur en matière organique : moyenne (1 à 4 %) ; Transition : nette et irrégulière
		3 - 75cm ouïrasse	Couleur : rouge brun Code Munsell (humide : 5YR 4/6) (Profil frais) ; Taches : tâches, concrétions et nodules jaune et rouge vifs , tâches d'oxydation nombreuses (15 à 40 %) , tache de réduction peu nombreuses (2 à 5 %) , tache d'altération pas de tâches ; Éléments grossiers : 30% , blocs (> 20 cm) ; Éléments figurés : 50% ; tâches, nodules et concrétions ferrugineuses ; Activité biologique : Faible ; Parasité : Peu poreux (2 à 3 %) ; Non fragile ; Enracinement : très peu nombreuses , fin ; Teneur en matière organique : faible (< 1 %) ; Transition : nette et irrégulière Commentaires : ouïrasse ferrugineuse indurée sans terre fine
		75 - 93cm ouïrasse	Couleur : brun rouge Code Munsell (humide : 5YR 5/5) (Profil frais) ; Taches : tâches, concrétions et nodules ferrugineux , tâches d'oxydation très nombreuses (40 à 80 %) , tache de réduction peu nombreuses (2 à 5 %) ; Éléments grossiers : 67% , graviers et cailloux , gravillons et nodules ferrugineux 0,5 à 5 cm arrondis ; gravillons et nodules ferrugineux 0,5 à 5 cm arrondis ; Texture : Sa ; Structure polyédrique , peu nette , taille : 0,5mm ; Activité biologique : Faible ; Parasité : Moyennement poreux (5 à 15 %) ; Non fragile ; Non friable ; Enracinement : nombreuses , fin et moyen ; Teneur en matière organique : faible (< 1 %) ; Transition : nette et irrégulière
		93 - 130cm gravillons	Couleur : brun rouge foncé Code Munsell (humide : 5YR 4/4) (Profil frais) ; Taches : tâches, concrétions et nodules ferrugineux , tâches d'oxydation nombreuses (15 à 40 %) , tache de réduction très peu nombreuses (< 2 %) , tache d'altération pas de tâches ; Éléments grossiers : 60% , graviers (0,2 à 2 cm) , gravillons ferrugineux ; tâches, gravillons et nodules ferrugineux 0,5 à 5 ; Texture : Sa ; Structure polyédrique , nette , taille : 0,5mm ; Activité biologique : Faible ; Parasité : Moyennement poreux (5 à 15 %) ; Non fragile ; Friable ; Enracinement : peu nombreuses , fin ; Teneur en matière organique : faible (< 1 %) ; Transition : nette et irrégulière

données sont regroupées dans les tables : profil_synt, horizon_synt, analyse_synt.

Les tables associées aux unités (unité de paysage, de segment...) permettent d'intégrer dans la base toutes les données synthétiques liées à la carte des sols et décrites dans la notice. Les liens entre le SIG et la BD (unité de polygone/unité cartographique) sont réalisés par des requêtes à la base de données à travers ODBC (open data base connection). La base de connaissance (site WEB) sera alimentée par ces deux sources de données : cartes vectorielles au format SVG, scripts d'interrogation de la base de données en PHP.

Les spécificités de la base de données VALSOL

VALSOL s'appuie sur le système de bases de données relationnelles PostgreSQL. L'extension PostGIS offre les fonctions principales de manipulations des entités graphiques (géométrie). Cette extension a été implémentée pour VALSOL (sous linux et cygwin).

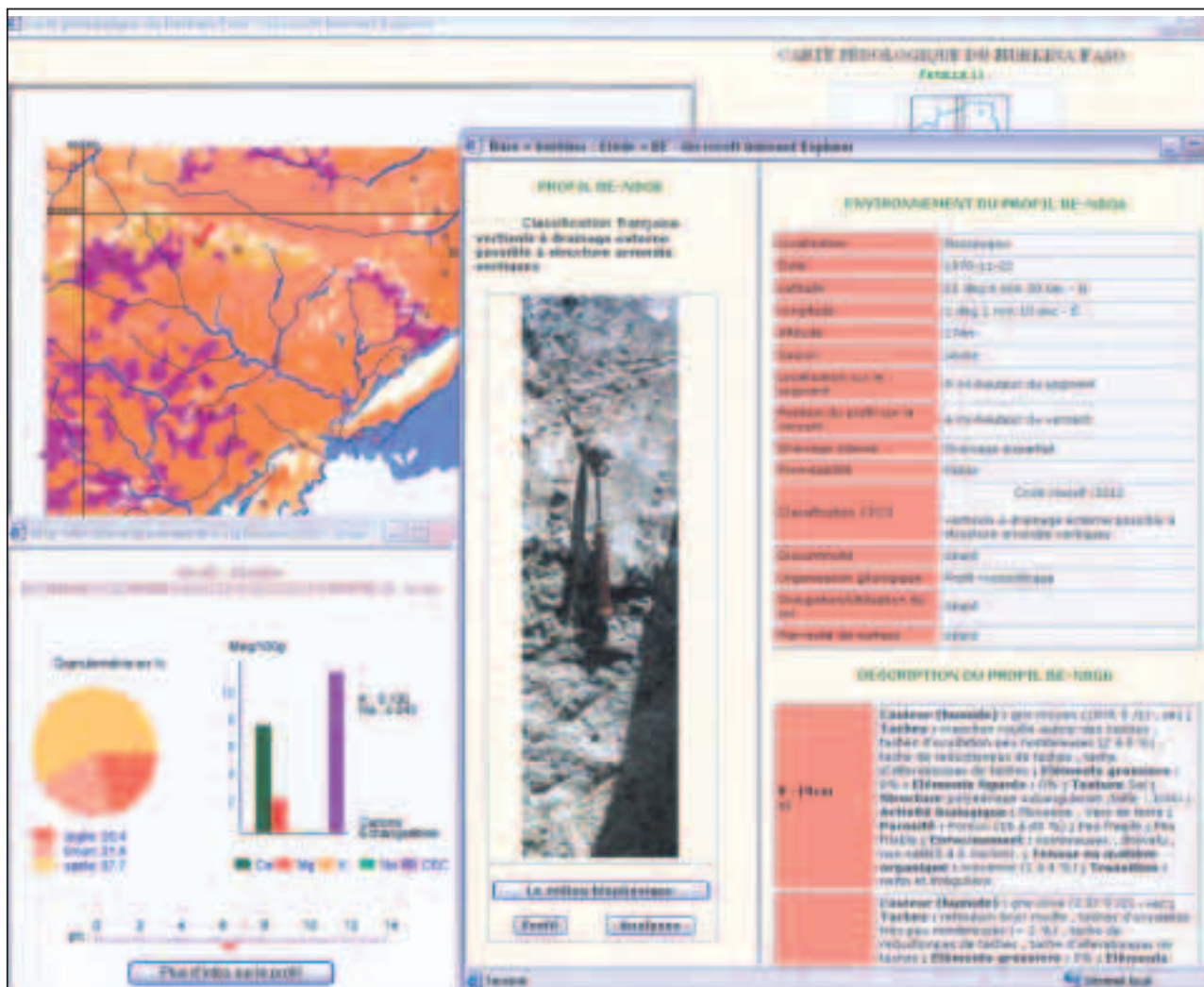
Les interfaces utilisateurs sont en cours de développement. Actuellement nous intégrons des données cartographiques à partir des Shapefiles (ArcView). Un module est en cours de développement pour ArcGIS.

VALSOL permet de rassembler par pays les données pédologiques existantes et d'intégrer les études encours. Les dictionnaires de données, en mode « texte », sont modifiables par l'administrateur de la base et peuvent ainsi être rapidement adaptés aux spécificités d'une région.

Les interfaces de saisie, de modification et de gestion de la base sont bâties avec les technologies du WEB. Les bases de données implémentées sont accessibles par le réseau à toute personne autorisée par l'administrateur des bases ou du site.

Un ensemble de modules permettant une consultation simple des données de la base VALSOL est actuellement disponible.

Figure 8 - Les interactions entre VALSOL et les cartes vectorielles
Figure 8 - Interaction between VALSOL and vector Maps (SVG)



Les interfaces WEB de VALSOL

Le principe du fonctionnement des interfaces WEB

La base de données est accessible sur le WEB et des interfaces ont été conçues en PHP, HTML et Javascript. Une succession de pages Html, accessibles sur internet ou en intranet permet l'utilisation de la base VALSOL

- La page d'accueil (figure 4) : permet l'accès aux différentes opérations de gestion et de consultation de la base. Les accès aux différentes rubriques de VALSOL peuvent être protégés par mot de passe.

- Les formulaires de saisie et de modification des données (figure 5) : les formulaires sont conçus pour faciliter l'entrée des données et leur modification dans la base (menu déroulant associé

au dictionnaire de données) et contrôler les données (type, clé primaire ou étrangère). Ces formulaires peuvent être paramétrés selon les nécessités.

A chaque formulaire est associée une aide en ligne. La page de droite peut aussi afficher des renseignements sur le type d'information à saisir ou présenter des listes permettant de sélectionner la donnée à entrer dans la base. La suite du formulaire de saisie d'un profil, affiché ci-dessous (figure 6) montre, en page de droite, une aide à la saisie de la classification. Les sous-classes des sols ferrallitiques avec accès possible aux groupes et sous-groupes sont affichés et, par un simple « clic ». le code et le libellé s'inscrivent dans les cases correspondantes de la page de gauche.

Les formulaires de modification : ils sont identiques à ceux affichés lors de la saisie. La couleur de fond est différente, tous les

Figure 9 - Distribution des sols en fonction des teneurs en argile
Figure 9 - Soil distribution according to clay content



champs sont affichés (pas de paramétrage du formulaire) et la fenêtre droite permet de sélectionner, dans la liste des enregistrements déjà saisis, l'entité que l'on veut modifier.

L'insertion de données à partir d'un fichier texte

Cette interface essentiellement conçue pour faciliter l'importation des données analytiques dans les tables analyses de la base de données peut toutefois s'appliquer à toutes les tables. Le programme vérifie si les champs du fichier sont présents dans la table et quels sont les champs obligatoires (non nuls). Le fichier est ensuite parcouru pour tester le type de valeur de chaque cellule (Entier, Réel, Chaîne de caractères, date, booléen). Les erreurs sont affichées à l'écran avec le numéro de ligne concernée. Si aucune erreur n'est détectée, le fichier est transféré sur le serveur. Les modules « inser-

tion dans la base » et « modification » reprennent ce fichier pour une insertion ou une mise à jour des données de la base.

L'interface de consultation de la base

Cet outil offre trois possibilités :

- l'affichage de la structure des tables de la base de données. Ceci est indispensable pour pouvoir interroger la base, savoir quel type de données on manipule, connaître le nom des attributs... ;
- une interface de requêtes SQL ;
- un aperçu du contenu de la base : cette procédure affiche toutes les études de la base sélectionnée. Chaque étude est présentée dans un tableau avec son titre, les auteurs, etc. Deux liens permettent de visualiser soit les données environnementales, soit la liste des sols triés en utilisant la classification CPCS. Il est pos-

sible de dérouler ainsi l'information jusqu'aux analyses d'un échantillon sans avoir à taper une seule requête SQL. L'information est structurée pour une lecture compréhensible des données de la base.

Interface d'administration de la base de données

Cette rubrique est réservée à l'administrateur et doit être protégée par mot de passe (configuration de http). Ce module permet :

- d'exporter vers des fichiers textes la structure des tables (attributs, type, longueur d'un champ) ;
- d'exporter les données d'une ou plusieurs tables vers des fichiers « texte » ;
- de détruire des données (les enregistrements ou tuples d'une table) ;
- de modifier une clé primaire (gestion en cascade) ;
- d'effectuer des calculs sur les données analytiques pour synthétiser l'information et faciliter l'affichage à partir des cartes interactives sur le WEB ;
- de créer une nouvelle base de données conforme au schéma de VALSOL ;
- de consulter l'entête des fichiers programmes s'ils sont commentés.

VALORISATION DES DONNÉES : LA BASE DE CONNAISSANCE HYPERTEXTE

L'exploitation de la base de données et des SIG associés, reste le plus souvent réservée à des "spécialistes" ou à des thématiques familiers de ces outils. Nous avons fait le choix de présenter, sur le WEB, dans la partie que nous appelons **base de connaissance**, les informations sols et environnement provenant de la base et du SIG.

Les informations, extraites de la base, sont couplées à des graphiques, des commentaires, des photos, des cartes... L'interrogation de la base est "transparente" pour l'utilisateur. Les liens permettent une navigation dans les pages HTML pour aller de l'information générale à la plus spécifique (*figure 7*).

Accès à l'information sur le WEB par des cartes vectorielles

Les différents chapitres, Généralités, Climatologie..., permettent d'avoir des informations générales sur le pays ou la région étudiée. Ces informations, assez succinctes, sont indépendantes de notre thématique et de VALSOL. L'aspect le plus important de MIRURAM repose sur les possibilités d'interaction entre la Base de Données VALSOL et les cartes vectorielles au format SVG extraites du SIG. La *figure 8* illustre ceci en affichant un extrait de la carte pédologique du Burkina Faso au 1/500 000 et les informations associées aux uni-

tés cartographiques. Deux types d'informations seront extraits de la base de données :

- les informations liées aux unités de sol (flèche 1), par un clic sur une zone de la carte ;
- les informations concernant les sols (flèche 2), par un clic sur le point représentant le sol (profil BE-NAY1) qui ouvre une nouvelle fenêtre.

La distribution spatiale des données analytiques

L'exemple de la *figure 9* montre la possibilité d'interroger la base de données VALSOL et d'afficher ensuite sur la carte en SVG le résultat de la requête. Le choix de l'information dont on souhaite connaître la répartition spatiale se fait de façon dynamique. La *figure 9* présente la distribution des profils en fonction de leur teneur en argile (classes choisies *a priori*).

CONCLUSION

Les pages précédentes exposent l'état actuel de notre travail dans ce domaine mais une base de données et une base de connaissance sont des outils en perpétuelle évolution.

Nous travaillons actuellement, en collaboration avec l'INRA-Orléans (INFOSOL), à la conception d'un programme permettant d'échanger, avec DONESOL, des données sur les DOM/TOM.

Chaque demande, par sa spécificité, est à l'origine de nouvelles questions concernant les fonctionnalités de VALSOL.

MIRURAM constitué de l'ensemble VALSOL, SIG, WEB représente, dans sa configuration actuelle une Base de connaissance sur les sols et leur environnement accessible à un grand nombre d'utilisateurs après accord de l'administrateur de la base et obtention d'un mot de passe.

MIRURAM permettant alors :

- de consulter et modifier rapidement les informations via Internet,
- d'intégrer des informations variées : cartes, analyses chimiques et physiques, caractères de fertilité, d'érosion, photos et interprétations graphiques...
- d'organiser les données selon des schémas scalaires et thématiques (grands paysages, paysages, segments, profils et horizons),

Enfin, "Miruram Valpédo" est un outil pour la formation et un support d'enseignement à tous niveaux.

BIBLIOGRAPHIE

- Batjes N.H., 2000 - Development of a 0.5° by 0.5° resolution global soil database. In: Hand book of soil science. Malcolm E. Summer (Ed.) CRC Press, Boca Raton, pp. 29-40.
- Beaudou A.G., 1990 - Recherche d'un système d'information pour le milieu phy-

- sique. Une méthode de saisie et de traitement des données géopédologiques appliquée aux régions tropicales - Thèse Doctorat d'Etat Es Lettres et Sciences humaines Géographie physique, 2T., 567 p., 244 p., 5 pl. h.t., ORSTOM, Paris, TDM, n° 63. Réédition 1991
- Beaudou A.G., Le Martret H., 1996 - Miruram : Analyse intégrée des systèmes villageois. Un logiciel de suivi des paysages ruraux et de l'aménagement. CD Rom, ORSTOM-Departemen Transmigrasi et PPH.
- Bertrand R., Bonneric P., Falipou P., Legros JP., Navarro R., 1984 - Réseau International de Traitement de Données Sols, STIPA, Système de Transfert de l'Information Pédologique et Agronomique. Agence de coopération culturelle et technique, Paris - Notices, 2 volumes, 83 et 136 p.
- Bornad M., Arrouays D., Baize D., Jamagne M., 1989 - Cadre méthodologique d'une cartographie régionale des sols au 1/250 000. Science du Sol n° 271, pp. 17-20.
- Coote D.E. et Macdonald K.B., 2000 - The canadian soil database. In : Hand book of soil science. Malcolm E. - Summer Ed. CRC Press, Boca Raton, pp. 41-51.
- Falipou P. et Legros JP., 2002 - Le système STIPA-2000 d'entrée et édition des données pour la base nationale de sols DONESOL II. Etude et Gestion des Sols, Volume 9, 1, pp.55-70.
- Favrot J.C., Arrouays D., Bornand M., Girard M.C., Hardy R., 1994 - Informatisation et spatialisation de la ressource sol : le programme inventaire-gestion et conservation des sols. Cahiers Agricultures. 1994, n°3.
- Jamagne M., Begon J.C., Bornand M., Hardy R., 1989 - Evolution dans la conception et dans l'utilisation des données du milieu physique. C.R. Acad. Agric Fr. 75 : pp.83-46.
- Jamagne M., Hardy R., King D., Bornand M., 1995 - n° 2-3 : La base de données géographique des sols de France. Etude et gestion des sols 1995, pp. 153-172.
- Legros JP., Nortcliff S., 1990 - Conception d'un vocabulaire pour la description du milieu naturel et des sols : Pédologie XL, 2, pp.195-213.
- Legros JP., Falipou P., Dunand-Divol F., 1992 - Vérification de la qualité de l'information dans les bases de données de sols. Science du Sol, Vol 30, 2, pp. 117-131.
- Lytle D.J., 2000 - United state soil survey database. In : Hand book of soil science. Malcolm E. Summer Ed. CRC Press, Boca Raton, pp. 53-67.
- Petersen G.W., Nizeyimana E., Miller D.A. et Evans B.M., 2000 - The use of soil databases in resource assessment on land use planning. In : Hand book of soil science. Malcolm E. Summer Ed. CRC Press, Boca Raton, pp. 69-94.
- Van Engelen V.W.P., 2000 - Soter : the world soils and terrain database. In : Hand book of soil science. Malcolm E. Summer Ed. CRC Press, Boca Raton, pp. 19-28.