Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier
Département Informatique et Gestion
860, rue de st Priest
34 090 Montpellier
Tél : 67-63-50-65

Laboratoire de zooécologie du sol
CNRS
route de Mende
34 090 Montpellier
Tél : 67-61-32-59

EXEMPLAIRE RÉSERVÉ

Projet de troisième année

Projet ROLUMBRIC

Rôle des lombriciens

Du Système Expert au Système d'Explicitation

Rapport de synthèse

Tuteur : P. JANSSEN

K. CHAIGNEAU
S. LEMETAYER
N. VALENCIA

Octobre 1990 - Février 1991

AVERTISSEMENT

L'étude présentée dans ce rapport concerne un domaine pointu de la recherche en écologie. Aussi faut-il souligner que l'utilisation de termes spécifiques à cette discipline s'est avérée indispensable. Afin d'en faciliter la compréhension, un glossaire est disponible à la fin de ce rapport.

Cette étude correspond à un projet de fin de troisième année de la filière Informatique et Gestion de l'ISIM, réalisé pour le laboratoire de zooécologie du sol du centre d'écologie du CNRS de Montpellier.

Tous les membres de ce laboratoire ont contribué à rendre ce projet enrichissant, passionnant : inoubliable.

Nous avons apprécié la participation de M. BOUCHE, Maître de Recherches à l'Institut National de la Recherche Agronomique et Directeur de ce laboratoire. Il fut pour nous et pour ce projet un expert motivé, disponible et un interlocuteur passionnant.

P. SOTO, Ingénieur Informatique de l'équipe, nous a apporté son aide et ses conseils avec beaucoup de gentillesse. Le dialogue qui s'est établi entre nous a favorisé le bon déroulement de ce projet.

Les renseignements fournis avec beaucoup d'amabilité par R. ALIAGA, technicienne du laboratoire, nous ont été précieux pour une meilleure compréhension du domaine étudié.

P. JANSSEN, tuteur de ce projet, nous a assisté et conseillé tout au long de notre étude en faisant preuve d'une grande disponibilité.

Les outils informatiques fournis par M. BERRADA, étudiant en Thèse de troisième cycle au CRIM, nous ont été précieux pour la réalisation d'un prototype puis pour le développement d'une application.

Nous ne saurions oublier les nombreux enseignants ou membres de la filière qui nous ont apporté leur aide, leur expérience ou leurs connaissances, en particulier J.P. MAGNIER et D. HERIN-AIME qui nous ont aidé par leurs conseils techniques, ainsi que M. DOURIS, secrétaire de la filière, qui a toujours fait preuve de gentillesse et de bonne humeur.

Que tous ceux qui nous ont apporté leur collaboration, leur aide et leurs conseils pour le bon déroulement de ce projet et la mise en oeuvre de ce rapport trouvent ici l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.

RESUME

Cette étude correspond à un projet de troisième année, de la filière Informatique et Gestion de l'ISIM, d'une durée de trois mois et réalisée pour le laboratoire de zooécologie du sol de Montpellier (INRA-CNRS), dirigé par M. BOUCHE. Elle avait initialement pour but l'élaboration d'un Système Expert ayant pour domaine d'application l'activité des lombriciens, plus communément appelés vers de terre.

M. BOUCHE, spécialiste dans ce domaine et initiateur du projet concevait ce système, baptisé ROLUMBRIC, comme un outil qui, outre la mise à disposition de conclusions d'expertises et la formalisation du raisonnemnt de l'expert, donnerait à d'autres spécialistes des précisions quant à la démarche suivie par l'expert et serait ainsi un outil qui faciliterait le dialogue et la critique entre spécialistes. EMICAT, langage de programmation et outil de développement de Système Expert sur gros système devait être utilisé pour sa réalisation.

Cependant, cette mission initiale fut quelque peu modifiée en raison d'aléas techniques mais surtout en raison du domaine d'application proposé par l'expert, peu propice à fournir des conclusions d'expertises et s'étant révélé faire appel à des traitements strictement algorithmiques.

L'étude que nous avons menée, ainsi que les nombreux entretiens que nous avons eus avec M. BOUCHE ou d'autres interlocuteurs, nous ont conduites à une redéfinition des moyens à mettre en oeuvre pour atteindre les objectifs fixés par l'expert. Nous avons ainsi développé sur micro-ordinateur un système plus "explicitatif" qu'"expert" qui calcule l'activité des lombriciens et dont la partie "explicitation" repose sur le concept d'hypertexte.

SOMMAIRE

I- INTRODUCTION 4

II- LES OBJECTIFS DU LABORATOIRE ET LA MISSION 6

III- LA DEMARCHE 8

Recherche d'une méthode 8

Grandes étapes 9

Déroulement du projet 17

Critique de la démarche 19

IV- LES RESULTATS 21

V- BILAN 23

BIBLIOGRAPHIE 25

GLOSSAIRE 28

ANNEXES 31

Lettre de mission

Le sous modèle d'activité des Lombriciens

Bilan du projet établi par M. BOUCHE

INTRODUCTION

"Les vers de terre sont connus de tous. Le campagnard les rencontre lors de ses promenades en déplaçant les feuilles mortes ou en écorçant quelque tronc mort; il constate leur activité par les multiples turricules qui parsèment le sol. Même le citadin, aujourd'hui si coupé d'un mode de vie normal, connaît ces animaux qui jonchent parfois la chaussée après de fortes pluies et se balancent souvent à l'hameçon du pêcheur." [BOUCHE 72].

Toutefois, comme le soulignait déjà E. PERRIER, naturaliste français, en 1972, dans un ouvrage intitulé "Recherches pour servir à l'histoire des lombriciens", "de tous les animaux, les lombriciens ou vers de terre sont peut-être ceux que l'on a le moins étudiés.". Et pourtant, ces animaux font non seulement partie des principaux éléments de notre milieu, mais sont d'une importance exceptionnelle dans la nature. L'étude des lombriciens constitue ainsi l'une des nombreuses disciplines des beaucoup plus vastes domaines que représentent l'écologie et l'environnement.

M. BOUCHE, un des rares chercheurs étudiant les lombriciens, soucieux de mener une introspection sur ses propres démarches scientifiques et d'expliciter les faits et hypothèses choisis par lui, a décidé de faire appel pour cela à l'informatique. C'est ainsi qu'il a envisagé la création d'un "Système Expert" qui, outre la mise à disposition de conclusions d'expertises, donnerait à d'autres spécialistes des précisions quant à son propre raisonnement et constituerait un outil qui faciliterait le dialogue et la critique entre spécialistes.

C'est donc dans cette optique que nous avons réalisé, durant trois mois, une étude pleine de rebondissements, pour le laboratoire de zooécologie du sol de Montpellier, en étroite collaboration avec M. BOUCHE.

Après une présentation plus précise des objectifs de ce laboratoire, sera présentée la mission initialement attribuée à ce projet, la démarche suivie au cours de cette étude, puis les résultats obtenus et enfin sera dressé le bilan de ce projet.

LES OBJECTIFS DU LABORATOIRE ET LA MISSION

M. BOUCHE, docteur ès Sciences et directeur de recherche à l'INRA dirige aujourd'hui le laboratoire de zooécologie du sol de Montpellier. Il étudie depuis 1965 le rôle écologique, agronomique et environnemental des lombriciens (plus communément appelés vers de terre). Tout travail réalisé au sein de son laboratoire s'inscrit dans une démarche scientifique et méthodologique qui vise à une perception synthétique des positions et des rôles des lombriciens dans les systèmes écologiques.

Le laboratoire a ainsi accumulé depuis 25 ans une masse importante de données sur support informatique à partir de préoccupations à la fois zoologiques, agronomiques, environnementales... Cet important volume de données, acquis autour de l'étude des lombriciens, a obligé à une rationalisation transdisciplinaire et a donné naissance à une base de données relationnelle, baptisée ECORDRE, implantée sur gros système au Centre National Universitaire Sud de Calcul (CNUSC). P. SOTO, informaticien à l'INRA est le concepteur, l'administrateur et le responsable technique de cette base de données à laquelle participent aujourd'hui plusieurs autres laboratoires ou organismes.

Consécutivement à la réalisation de cette base de données, M. BOUCHE et P. SOTO ont décidé de doter le laboratoire d'un nouvel outil informatique : un Système Expert.

C'est dans cette optique que M. BOUCHE, principal initiateur du projet, nous a demandé de réaliser un Système Expert qui permettrait d'expliciter le rôle des vers de terre dans un écosystème. Il s'agissait en fait de concevoir un "petit système opérationnel", déjà baptisé ROLUMBRIC par M. BOUCHE, qui traiterait des effets du travail du sol par les lombriciens ainsi que de leurs rôles dans les cycles de l'azote et du carbone.

La lettre de mission telle qu'elle fut signée le 3 décembre 1990 est présentée en annexe. Elle stipule que le projet consiste en fait en l'élaboration d'une base de connaissances, qu'EMICAT, langage de programmation extension objet de Prolog et outil de développement de Système Expert, sera utilisé et enfin que le système réalisé sera développé sur gros système IBM dans l'environnement VM/SP - CMS.

Cependant, comme nous allons le voir par la suite, la mission telle qu'elle fut définie initialement a dû évoluer au cours du temps et ceci en raison d'aléas techniques mais surtout en raison même du champ d'application proposé par l'expert.

LA DEMARCHE

Recherche d'une méthode

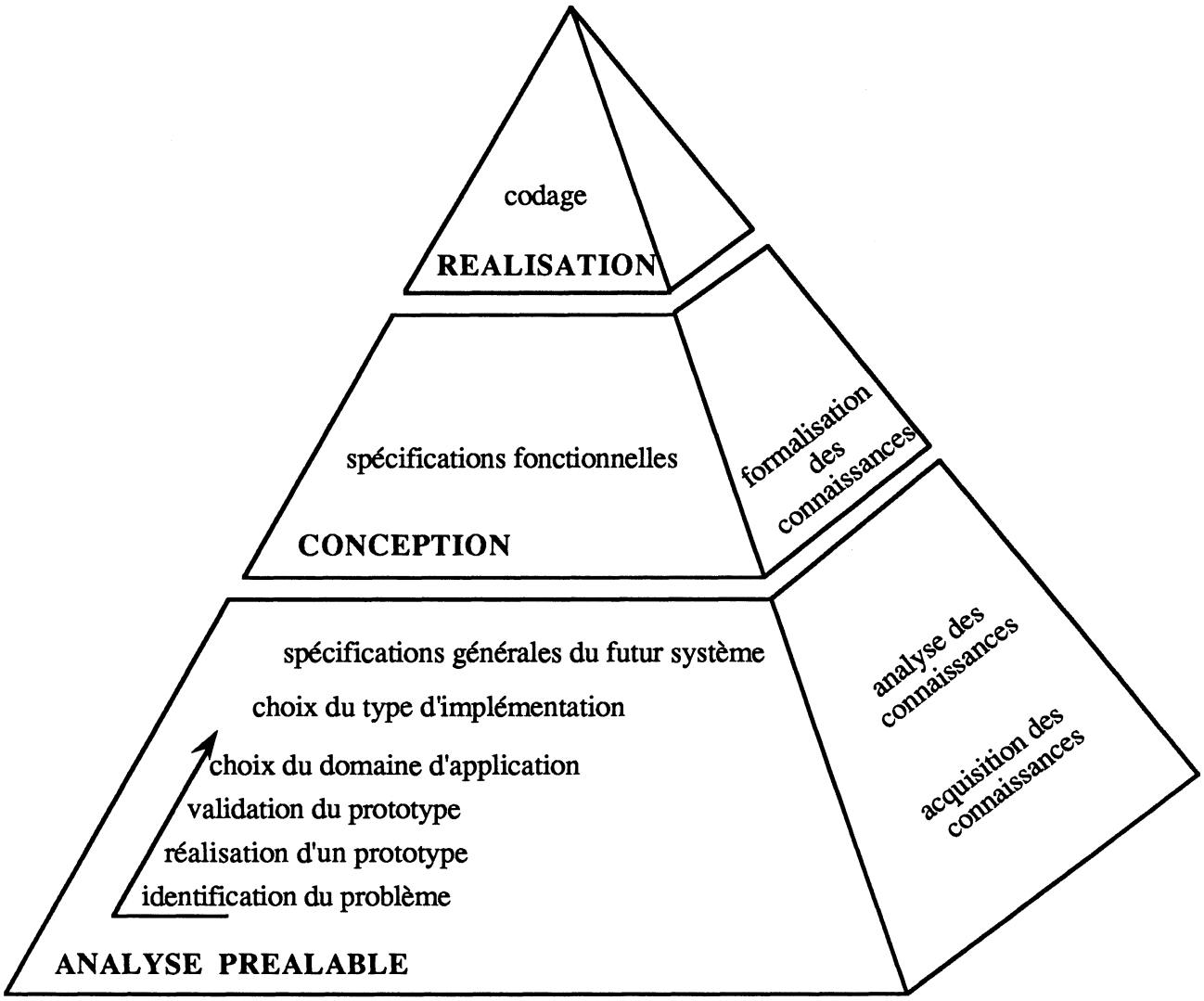
"Système Expert", "Cogniticien"... Voilà des termes qui, il y a encore trois mois, n'évoquaient pas pour nous un horizon bien précis. C'est pourquoi, avant toute rencontre avec l'expert avons nous cherché à nous documenter sur le sujet et plus particulièrement sur l'existence d'une méthode pour la conduite d'un projet de réalisation d'un Système Expert.

Nos recherches bibliographiques nous ont permis de découvrir deux ouvrages intéressants, répondant parfaitement à notre interrogation. Il s'agit de "Acquisition du savoir pour les Systèmes Experts" de A. Hart et de "Méthode de développement de Systèmes Experts" de R. Briand. Mais, comme le souligne l'auteur de ce dernier ouvrage, "le mot méthode est employé ici pour désigner ce qu'il faut faire pour développer un Système Expert et comment le faire. Il ne s'agit pas à proprement parler d'une méthode universelle comme la méthode MERISE, mais plutôt d'un ensemble de conseils et d'informations spécifiques à chaque étape du projet".

Ces conseils nous ont été fort utiles pour la mise en route de notre étude. Toutefois, il faut souligner que concevoir un Système Expert, c'est concevoir à la fois un système à base de connaissances et une application informatique. C'est pourquoi, la méthode que nous avons adoptée intégrait à la fois des notions propres au développement de la partie experte du système et des notions issues des méthodes plus connues du développement informatique comme MERISE ou REIX.

Grandes étapes

Le déroulement de ce projet s'est organisé autour de trois grandes étapes : Analyse préalable, Conception puis Réalisation. Ces différentes phases, ainsi qu'un aperçu de leur contenu, sont illustrés par le schéma suivant.



Les grandes étapes du projet

Les premiers entretiens que nous avons eus avec M. BOUCHE ou P. SOTO nous ont permis de définir les principaux points de la mission initiale et d'acquérir un minimum de connaissances dans les domaines de l'écologie et des lombriciens. Ils

nous ont permis d'élaborer la lettre de mission "initiale". Celle-ci constitue en fait le point de départ de l'analyse préalable, phase qui s'est avérée longue et pleine de rebondissements! Les comptes-rendus des entretiens que nous avons eus au cours de cette étape sont présentés dans le rapport technique.

Durant ces entretiens, au fur et à mesure que se précisait pour nous le rôle des lombriciens dans les écosystèmes sous gestion humaine, apparaissait de moins en moins clairement le pourquoi d'un Système Expert. En effet, si les deux premières fonctions qu'attribue M. BOUCHE au système se précisaient, à savoir être à la fois un outil d'introspection sur la démarche de l'expert et un moyen d'explicitation des choix effectués par ce dernier, la troisième fonction, la plus communément invoquée lors de la conception d'un Système Expert, à savoir fournir des conclusions d'expertise, devenait à nos yeux de plus en plus indéterminée. Quelles conclusions, pour quels utilisateurs? Quel est le type de problème à résoudre par le futur Système Expert ROLUMBRIC? S'agit-il en fait de simulation, de prévision, de diagnostic?

En dépit de nombreux essais de propositions de scénarios d'utilisation éventuels formulés à l'expert, ces questions ne trouvaient pas de réponse précise.

Parallèlement, nous nous sommes posé la question de savoir pourquoi une telle décision d'investigation pour un Système Expert avait été prise. Le plus souvent, ce type de décision est pris pour une des deux raisons suivantes [BRIAND 88] :

- ne pas savoir résoudre un problème par l'informatique classique,
- vouloir acquérir la technologie Système Expert sur un problème qui convient bien.

Il s'est avéré que ces deux raisons sont intervenues ici dans la décision prise par M. BOUCHE et P. SOTO. Ces derniers souhaitaient en fait tous les deux acquérir la technologie Système Expert mais dans des optiques différentes. En effet, M. BOUCHE pensait que le problème qu'il nous a exposé (rôle des lombriciens) ne pouvait se résoudre par l'informatique classique tandis que P. SOTO pensait faire développer un Système Expert sur un domaine d'application convenant bien et dont le choix était laissé à M. BOUCHE.

Les connaissances exposées par l'expert apparaissaient comme une série de formules mathématiques aux conditions d'application structurées. A ce stade, deux possibilités s'offraient à nous : poursuivre dans la voie proposée par M. BOUCHE ou bien trouver un autre champ d'application, d'une part plus favorable à la réalisation

d'un Système Expert (au sens le plus courant du terme) et d'autre part présentant un réel intérêt pour l'expert.

C'est pourquoi, afin de résoudre ce problème, avons nous procédé à un rapide recensement d'autres domaines d'applications potentiels; il s'est ainsi avéré que le problème de "classification" des lombriciens, c'est-à-dire leur identification à partir de caractères morphologiques ou physiologiques, et présenté par P. SOTO convenait bien. En effet, M. BOUCHE est parfois le seul expert en France à pouvoir identifier précisément un ver de terre. Ainsi, d'autres chercheurs lui envoient-ils parfois des lombrics récoltés par eux afin qu'il procède à leur identification. L'intérêt d'un Système Expert se dessine donc ici très nettement.

Le second domaine recensé concerne l'impact de traitements pesticides sur une population lombricienne, puis sur un sol ou même une région, domaine parfois abordé au cours des entretiens mais de façon très imprécise par M. BOUCHE.

Ces deux domaines d'applications potentiels recensés, nous avons abordé la question avec l'expert afin d'en faire avec lui une rapide évaluation et ceci dans le but de parvenir au choix d'un domaine. Les discussions que nous avons eues avec lui à ce sujet ont révélé que le problème de la "classification" ne faisait pas, pour le moment, partie de ses objectifs et qu'un Système Expert sur l'effet des pesticides n'était pas envisageable dans l'état actuel des connaissances en ce domaine. Il est ainsi peu à peu apparu que M. BOUCHE était davantage attaché à son domaine d'application initial (Rôle des lombriciens dans le cycle de l'azote et du carbone et leur effet sur le travail du sol) qu'à la technologie Système Expert proprement dite, du moins pour le moment.

Avant donc de nous lancer dans cette voie et afin de s'assurer de ce qui était attendu par M. BOUCHE, nous avons décidé de réaliser un prototype puis de soumettre cette maquette à une validation.

Ce prototype fut développé assez rapidement, sur micro-ordinateur, en Turbo-Pascal. Organisé sous forme de tableau de bord permettant la saisie et le réglage des différents paramètres, il calculait un des résultats demandés par M. BOUCHE, le débit d'azote pour un peuplement lombricien donné. Il offrait également à l'expert la possibilité de créer des explications associées à différentes données initiales (masse de vers de terre, température...). La présentation que nous fîmes à l'expert de ce prototype révéla qu'il répondait parfaitement à son attente. Il fallait toutefois améliorer

le système proposé pour "l'explicitation" et revoir avec lui les formulations mathématiques car les résultats obtenus étaient quelque peu inexacts.

La non concordance des domaines d'application potentiels proposés avec les objectifs de M. BOUCHE et la validation de ce prototype furent déterminantes dans l'orientation prise à ce stade par le projet; ainsi fut-il décidé que le problème considéré au cours de notre étude serait celui proposé initialement par l'expert. Le tableau ci-dessous illustre les différentes orientations envisagées dans cette phase d'analyse préalable, l'option C étant la solution ayant été retenue.

Orientation A	Orientation B	Orientation C
S. E. : oui Domaine : adapté à la réalisation d'un S.E. : voisin de celui décrit jusqu'à présent (produits chimiques, traitements pesticides).	S. E. : oui Domaine : adapté à la réalisation d'un S.E. : classification des lombriciens.	S. E. : non Domaine : celui décrit jusqu'à présent (Rôle des lombriciens, calcul des activités).

Les choix d'un domaine d'application

Une fois le choix du domaine d'application effectué, se posait le problème du type d'implantation. En effet, le domaine choisi ne nécessitait plus obligatoirement l'utilisation d'une technologie Système Expert proprement dite (EMICAT), comme cela avait été défini au début du projet. De plus, nous avons appris à ce moment là que le produit EMICAT, installé sur une machine du CNUSC, ne serait probablement pas conservé en 1991 et ceci pour des raisons essentiellement financières (changement de version Prolog plus changement de version d'EMICAT...). Ce dernier serait sans doute, dans les prochains mois, remplacé par un autre produit n'ayant a priori aucune compatibilité avec lui. Un choix s'imposait donc une nouvelle fois mais concernant cette fois la Conception et la Réalisation. Le tableau ci-après en présente les différentes possibilités; l'option 1 fut la solution retenue.

Solution 1 TURBO-PASCAL	Solution 2 EMICAT	Solution 3 SQL-PL/1
Avantages : - Rapidité du développement. - Grandes possibilités au niveau de l'interfaçage. - Utilisable du laboratoire puisqu'il possède un micro-ordinateur Goupil. - Il existe déjà de nombreuses applications sur micro-ordinateur dans le laboratoire.	Avantages : - Premier pas vers l'Intelligence Artificielle. - Pour nous : voir un langage de programmation, extension objet de Prolog : EMICAT.	Avantages : - Dans la lignée de tout ce qui a été fait sur ECORDRE. - Utilisable partout car sur "gros" système.
Inconvénients : - Peu favorable à l'exploitation directe d'ECORDRE.	Inconvénients : - Problème ne nécessitant pas l'utilisation d'un langage aussi sophistiqué. - Peu adapté à du calcul mathématique. - EMICAT ne sera pas conservé par le CNUSC en 1991.	Inconvénients : - Interfaçage ISPF peu performant. - Temps de réalisation long, rend peu probable la réalisation d'un produit fini dans le temps imparti au projet.

Les choix d'implémentation

Enfin, il faut souligner que pendant toute cette phase d'analyse préalable, conjointement à cette identification du problème, fut effectué un important travail d'acquisition des connaissances et de leur analyse aussi bien au niveau informatique (Système Expert, langage orienté objet...) qu'au niveau écologique et lombricien. Les différentes méthodes et moyens utilisés pour cela sont précisés dans le rapport technique.

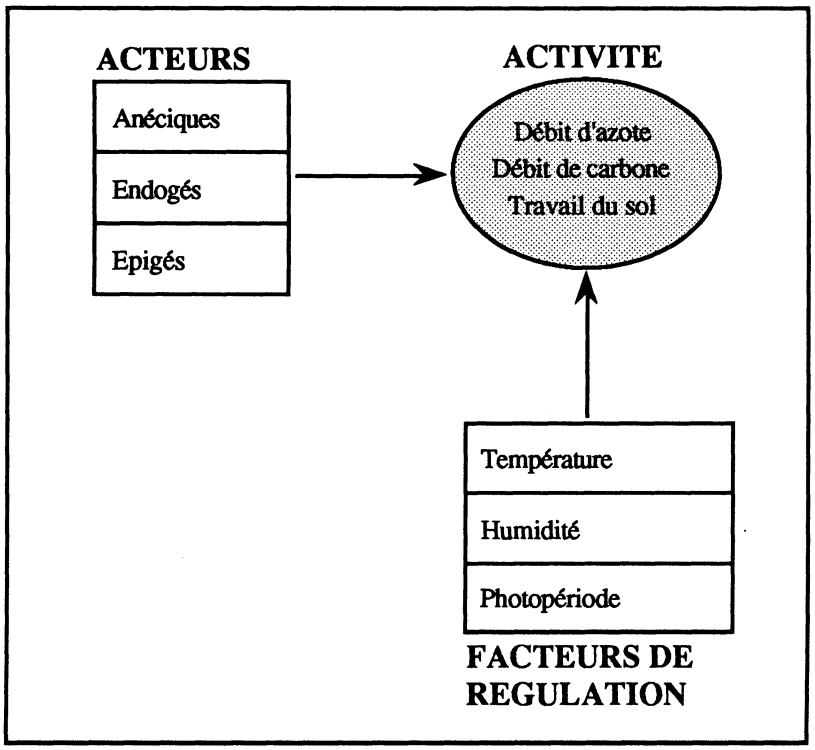
Il apparut donc à ce stade que le problème à traiter relevait davantage de la synthèse de plusieurs ouvrages et travaux de recherche sur les lombriciens et de leur formalisation mathématique puis de leur explicitation que d'un réel problème d'expertise ou de diagnostic.

Ainsi, les objectifs à remplir par l'application ROLUMBRIC pouvaient être définis comme étant :

- l'automatisation de calculs concernant l'activité des lombriciens (le débit d'azote, de carbone et le travail du sol). Il s'agissait en fait de formaliser à l'aide de l'expert un "modèle d'activité" (cf Annexe), modèle qui gère le fonctionnement des populations lombriciennes dépendant d'une régulation relative à l'humidité, la température et la photopériode et ceci pour les trois catégories écologiques de lombriciens : les anéciques, les endogés et les épigés,

- l'explicitation des hypothèses, des choix faits par l'expert, des données utilisées et ceci à chaque étape des calculs.

La figure ci-dessous schématise les fonctionnalités à remplir par le système ROLUMBRIC.



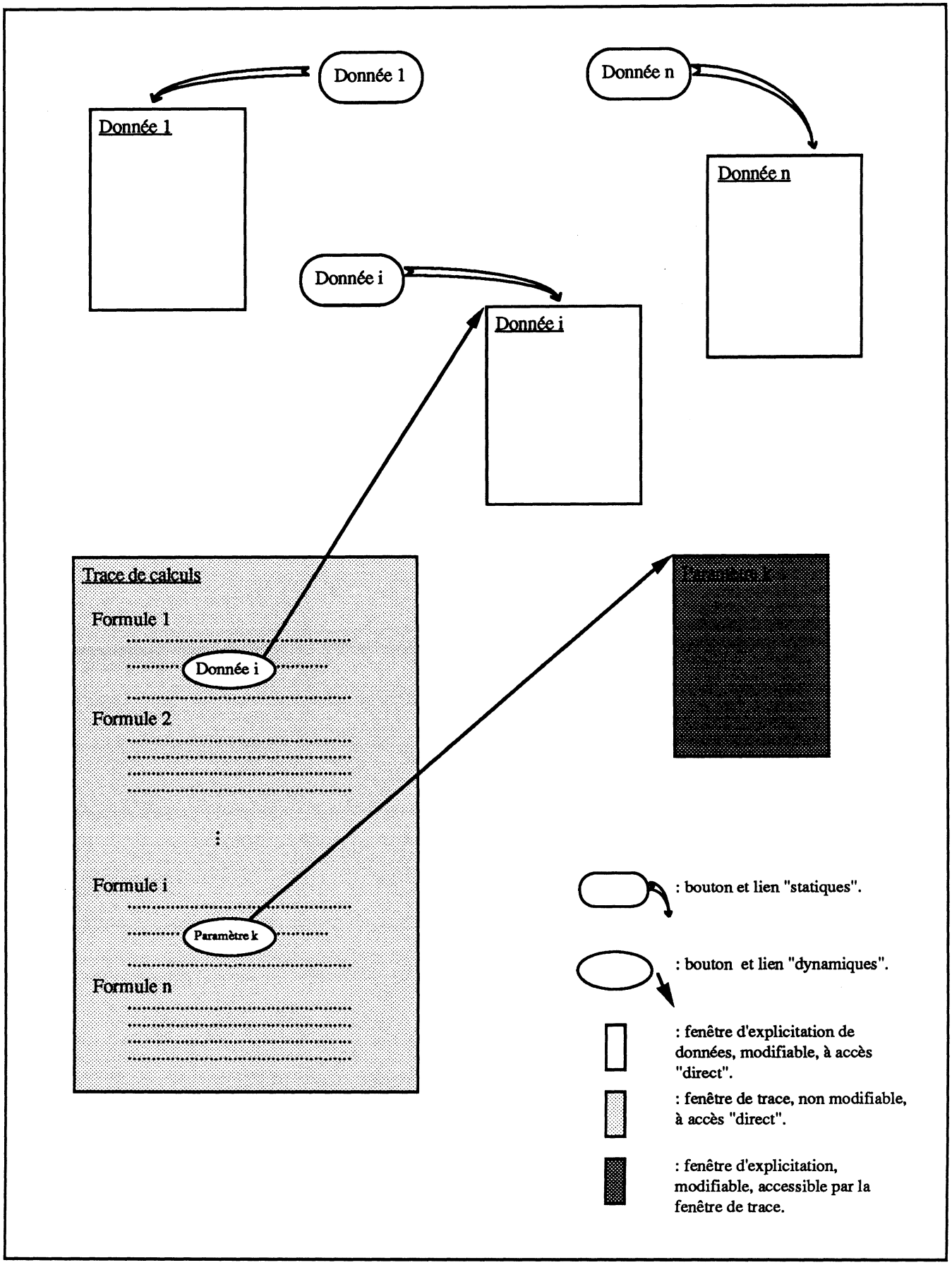
Principe d'activité des lombriciens et fonctionnalités du système ROLUMBRIC

Une fois l'identification du problème effectué et les spécifications générales du futur système établies, la phase de conception proprement dite pouvait être abordée. Axée autour de la formulation mathématique des débits d'azote, de carbone et celle du travail du sol par les vers de terre, les entretiens ont nécessité de nombreux allers-retours entre l'expert et nous pour valider les "modèles mathématiques" établis à la fois précédente et ceci en raison d'erreurs dans les formules, de paramètres manquants, et d'attente d'informations que M. BOUCHE devait se procurer auprès d'autres spécialistes.

Parallèlement à cette acquisition et étude des connaissances, nous nous sommes penchées sur l'aspect "applicatif" du futur système. En effet, organisé autour du prototype construit précédemment, il restait néanmoins plusieurs points à définir : d'une part les modes d'obtention des données nécessaires à l'application (saisie directe, extraction dans la base de données ECORDRE) et d'autre part le mode d'explicitation à utiliser afin de fournir les informations nécessaires à un utilisateur sur les données utilisées, les hypothèses faites par l'expert et les calculs effectués.

Pour le premier point, nous avons élaboré à l'aide de P. SOTO, des requêtes SQL afin de constituer à partir d'ECORDRE, des fichiers exploitables par l'application puis nous les avons transférés sur micro-ordinateur.

En ce qui concerne le deuxième point, nous nous sommes inspirées du mécanisme des hypertextes afin de créer un "réseau" d'explicitation, accessible à tout moment par l'expert et ceci au moyen de boutons et de fenêtres de texte leur étant associées. Ces explicitations peuvent être fournies pour les données utilisées par l'application et sont alors modifiables par l'utilisateur, mais aussi pour les traces des calculs effectués. Ces traces sont générées automatiquement à chaque lancement de calculs ainsi que différents boutons, liens grâce auxquels l'utilisateur peut accéder à d'autres fenêtres d'explicitation concernant les données ou les paramètres utilisés dans les formules. Ces différents principes d'explicitation implémentés dans ROLUMBRIC sont illustrés par le schéma présenté ci-après.

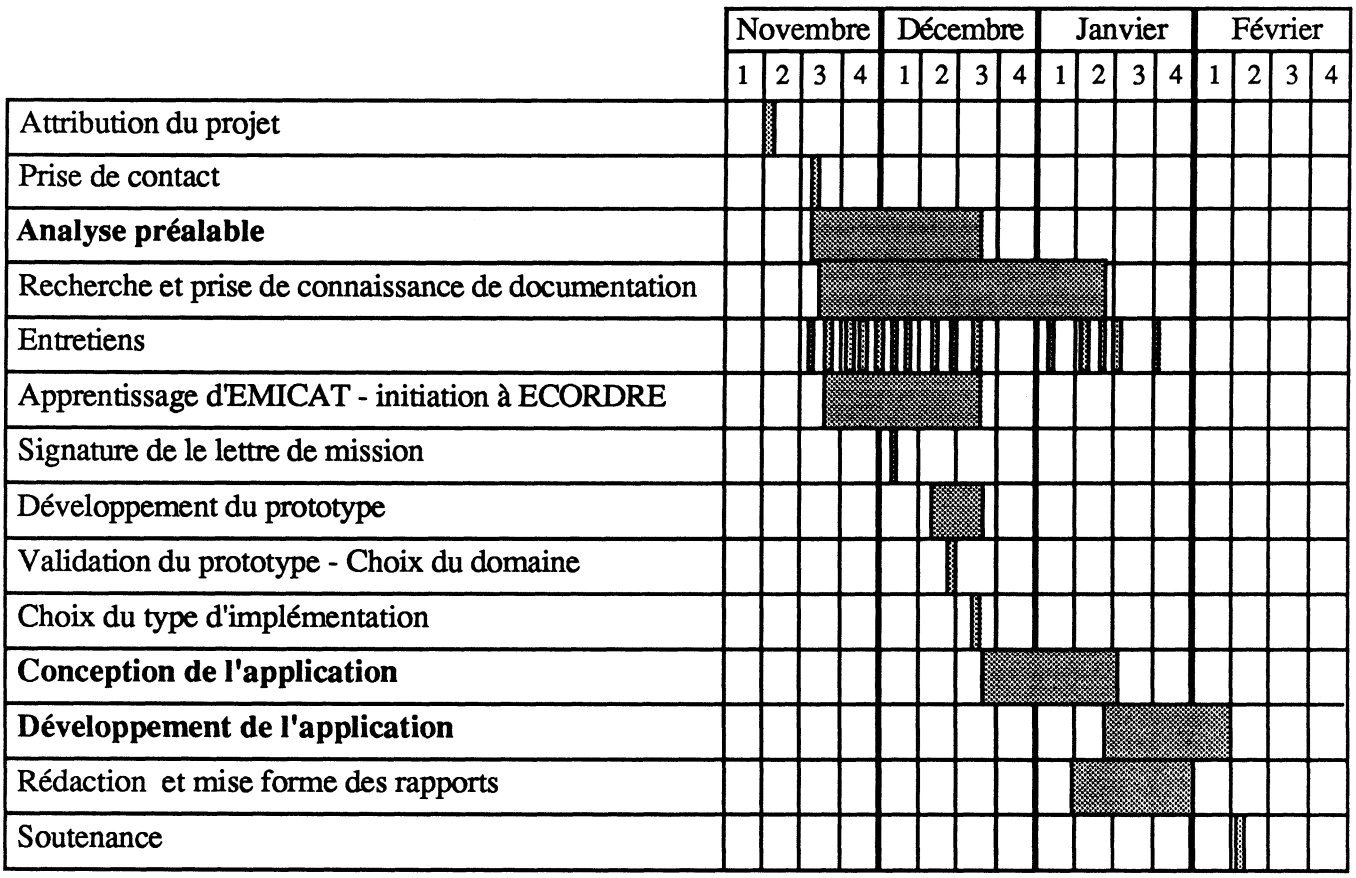


Principes d'explicitation utilisés dans ROLUMBRIC

Consécutivement à cette phase de Conception qui nous a donc permis d'une part de formaliser précisément les connaissances fournies par l'expert et d'autre part de définir l'aspect "applicatif" du système, nous avons abordé la phase de Réalisation c'est-à-dire le codage de l'application.

Déroulement du projet

Afin d'apprécier l'utilisation faite tout au long du projet du temps qui nous a été alloué, nous présentons la répartition dans le temps de ses différentes étapes au moyen du tableau ci-dessous, dont l'analyse critique est établie au paragraphe suivant. La liste des rencontres avec les différentes personnes impliquées dans la réalisation de ce projet donnée ci-après permet d'évaluer le temps passé avec M. BOUCHE ainsi qu'avec nos autres interlocuteurs et de percevoir les problèmes rencontrés au cours de chacun des entretiens.



Déroulement du projet

N°	Date	Lieu	Durée	Interlocuteurs	Sujets abordés
1	Vendredi 16/11/90	CNRS CNUSC	14H - 17H	M. BOUCHE P. SOTO	Le laboratoire - ECORDRE - Le futur S. E. ROLUMBRIC
2	Lundi 19/11/90	CNUSC	9H - 11H 10H30 - 11H	P. SOTO J. GROS	Ouverture d'une machine VM pour le projet - Aperçu d' EMICAT.
3	Jeudi 22/11/90	CNIAM	14H - 18H	M. BOUCHE	Définition de la mission - Présentation du domaine - Activité des lombriciens.
4	Vendredi 23/11/90	CNIAM	16H - 18H	P. SOTO	Pourquoi un S. E.? - Définition des épigés, endogés, anéciques.
5	Jeudi 29/11/90	CNIAM	14H - 19H 14H - 16H	M. BOUCHE P. JANSSEN	Un Système Expert, pourquoi faire? - Elaboration d'un schéma illustrant les fonctions à remplir par le système.
6	Lundi 03/12/90	CNIAM	14H - 18H	M. BOUCHE	Signature de la lettre de mission - Le débit d'azote.
7	Mercredi 05/12/90	CNUSC	14H - 15H30	R. ALIAGA	Présentation d' ECORDRE - QMF.
8	Mardi 11/12/90	CNIAM	9H - 11H 10H30 - 11H	P. SOTO P. JANSSEN	Quelle orientation prendre, A, B ou C? - Décision de réalisation d'un prototype.
9	Jeudi 13/12/90	CNIAM	14H - 16H 16H30 - 17H	M. BOUCHE P. JANSSEN	Présentation du prototype - Choix de l'option C - Quelle type d'implémentation 1, 2 ou 3?.
10	Lundi 17/12/90	CNIAM	14H - 18H 14H - 16H30 16H - 16H30	M. BOUCHE P. SOTO P. JANSSEN	Présentation du prototype version 2 - Emicat non conservé - Choix de l'option 1 - Le débit d'azote.
	Mardi 18/12/90	CNIAM	15h30 - 16H	J.P. MAGNIER	Orientation prise par le projet.
11	Vendredi 04/01/91	CNIAM	9h30 - 12H	M. BOUCHE	Le débit d'azote - La démarche scientique du laboratoire de zooécologie.
12	Vendredi 04/01/91	CNUSC	17H - 19H30	P. SOTO	Le pF et l'humidité - Les transferts de données d' ECORDRE vers un micro.
13	Jeudi 10/01/91	CNIAM	14H - 17H30	M. BOUCHE	Le débit d'azote - Le cycle de l'azote.
14	Vendredi 11/01/91	CNUSC	9h30 - 11H30	P. SOTO	Les données de l'application.
15	Mercredi 16/01/91	CEEMAT CNRS	9h30 - 12H30	P. SOTO	Les données de l'application.
16	Lundi 21/01/91	CNIAM	14H - 17H	M. BOUCHE	Bilan général.

Liste des entretiens

Avant d'aborder la critique de la démarche proprement dite, quelques remarques doivent être faites au sujet des entretiens.

En effet, M. BOUCHE expert très motivé et informé du temps à consacrer au projet a voulu se donner les moyens de se libérer et d'être disponible. Ainsi, étant donné son emploi du temps très chargé, il n'était pas envisageable de fixer la date du prochain entretien à la fin du précédent. C'est pourquoi nous avons planifié dès le début du projet, avec M. BOUCHE, que nous nous rencontrerions régulièrement deux fois par semaine, les lundi et jeudi après-midi. Avec les autres interlocuteurs nous avons procédé différemment, en prenant rendez-vous quelques jours auparavant.

Il faut souligner que les entretiens que nous avons eus avec l'expert ou avec nos autres interlocuteurs ont été minutieusement préparés et que pour chacun fut établi un compte-rendu. Ainsi, si l'on attribue une demi-journée à cette préparation d'entretien et à son exploitation, il apparaît qu'environ trente-deux demi-journées ont été consacrées aux entretiens. Cela constitue donc à peu près un tiers du temps imparti au projet.

Critique de la démarche

Les choix méthodologiques que nous avons effectués se sont révélés être bien adaptés ou du moins de puissants outils pour la résolution du problème à traiter et la conduite du projet. Il faut toutefois se pencher sur l'enchaînement et sur certaines caractéristiques de ces différentes étapes.

Tout d'abord, il apparaît à ce stade que le calendrier tel qu'il fut élaboré lors de la définition de la mission est loin d'avoir été suivi. La difficulté de cerner ce qui était attendu par l'expert, la remise en question des objectifs initiaux sont autant d'éléments qui nous ont conduit à "réajuster" quelque peu le planning initialement proposé, et ceci par exemple en réalisant très tôt un prototype dont la réalisation s'est avéré un élément clé dans l'avancement du projet.

Un autre point à mentionner concerne le temps consacré à la phase d'analyse préalable. En effet, cette dernière peut paraître a posteriori très longue. Cependant il est important de souligner qu'elle fut la phase la plus importante de ce projet mais aussi la plus délicate en raison des difficultés que nous avons rencontrées lors de la définition

du domaine d'application, des objectifs et des moyens à mettre en oeuvre pour les atteindre.

LES RESULTATS

L'étude réalisée nous a permis de développer l'application ROLUMBRIC, système aujourd'hui opérationnel et qui permet de calculer les débits d'azote, de carbone et le travail du sol, journaliers, pour les trois catégories écologiques de vers de terre et ceci à partir de données saisies directement au clavier ou extraites d'un fichier obtenu par sélection d'informations dans la base de données ECORDRE. Il se révèle être un outil intéressant d'explicitation qui, comme le souhaitait M. BOUCHE, permet à l'expert de "justifier les choix au pas à pas de chacune des étapes des faits et des calculs choisis".

Ce projet a de plus permis à M. BOUCHE de mener une introspection sur ses propres démarches et comme il le souligne lui-même, a "obligé l'expert par l'énoncé des relations entre faits qu'il établit à mettre de l'ordre et à mettre à jour les relations et faits qu'il utilise". Le projet a ainsi conduit à l'élaboration d'une "synthèse" entre différents travaux de recherche effectués au sein du laboratoire de zooécologie et contribuera sans doute ainsi à une meilleure exploitation des données collectées sur les lombriciens.

Enfin, en mettant l'accent sur le fait que l'application à réaliser relevait davantage des systèmes d'explicitation que des Systèmes Experts, cette étude a conduit à une redéfinition des moyens à mettre en oeuvre.

Il apparaît que le projet s'inscrit dans la prolongation de la démarche scientifique élaborée depuis 1965 au sein du laboratoire comme l'illustre la figure ci-après. Il constitue en fait un passage obligatoire avant d'aller plus avant, avant de songer à un Système Expert.

BILAN

Comme le souligne M. BOUCHE dans un bilan de cette étude qu'il a établi à notre demande, et qui figure en annexe de ce rapport, "ce projet a fait ressortir un décalage sensible entre l'idée que se faisait l'expert de la nature des Systèmes Experts et de leur intérêt et de l'intérêt de leur mise en oeuvre pour son objectif".

C'est ainsi que ce projet a donné naissance à une application sans doute moins ambitieuse que le système demandé au départ, mais répondant parfaitement aux objectifs fixés par M. BOUCHE.

Que peut-on imaginer maintenant quant à l'avenir pour ce jeune "système d'explicitation" ROLUMBRIC? Tout d'abord bien sûr d'être un précieux outil de travail et de dialogue pour les spécialistes des lombriciens mais aussi peut-être que son "noyau mathématique", résultat de nombreuses lectures et de multiples heures de discussion avec l'expert puisse être réutilisé dans ECORDRE, sous une forme différente bien sûr, afin de permettre une meilleure exploitation des données stockées. Enfin, on peut souhaiter que ce projet constituera une étape non négligeable dans l'ambitieux projet de M. BOUCHE concernant l'alliance de l'informatique et de l'écologie.

Bien que le passionnant sujet annoncé au départ de ce projet, la réalisation d'un Système Expert, n'ait pu voir le jour, le thème qui s'y est peu à peu substitué et l'étude qui fut menée se sont révélés à la fois fort intéressants et riches d'enseignements et ceci dans divers domaines.

Tout d'abord en Informatique. En effet, ce projet nous a donné l'opportunité d'appréhender plusieurs secteurs de cette discipline. Ainsi nous avons pu découvrir une grande base de données relationnelle, ECORDRE, étudier son organisation et la manipuler. Les nombreuses lectures que nous avons effectuées nous ont permis d'enrichir nos connaissances en ce qui concerne les hypertextes et différents

mécanismes d'interfaçage, l'application que nous avons réalisée en constitue une illustration. Et puis surtout, bien qu'orienté finalement vers les systèmes d'explicitation, ce projet constitue tout de même une véritable introduction au monde des Systèmes Experts. En effet, nous avons d'une part pris connaissance et utilisé des méthodes de conduite de projet de développement de Système Expert et comparé avec des méthodes de réalisation de Systèmes Informatiques plus traditionnels et d'autre part "touché", de façon assez succincte il est vrai, à un langage de programmation, extension objet de Prolog et outil de développement de Système Expert sur gros système (EMICAT), ceci par l'intermédiaire de lectures des documentations techniques associées à ce produit ainsi que par son apprentissage sur machine (avec l'exemple METEO).

De plus, ayant travaillé avec un expert, nous avons été confrontées, tout au long du projet au problème d'acquisition des connaissances, point qui s'est d'ailleurs avéré l'un des plus enrichissants de cette étude. Nous avons ainsi joué le rôle de cogniticiennes. Cette expérience nous a permis d'enrichir et d'améliorer nos méthodes de gestion d'entretien que ce soit au niveau de la mémorisation de l'expertise, des formes d'entretien envisageables ou des types de question et attitude utilisables pendant le déroulement d'un dialogue. Nous avons pu à cette occasion, mesurer l'importance du sens de la communication pour un cogniticien, l'extraction du savoir exigeant souvent de nombreuses heures de discussion et de controverse, mais aussi la nécessité de faire preuve de patience et de persévérance.

Il faut également souligner que réaliser un système "expert" ou "d'explicitation" et par conséquent conduire des entretiens, demande d'avoir préalablement quelques connaissances de base dans le domaine considéré comme par exemple la terminologie, les méthodes employées, les types de problème... Ainsi, avons nous naturellement été amenées à enrichir nos connaissances dans les domaines de l'écologie et des lombriciens, les livres, manuels ou thèses que nous avons étudiés ont été pour cela de précieux compagnons.

Enfin, ce projet est la concrétisation d'un réel travail d'équipe. Nous avons ainsi appris à tirer parti des qualités et compétences de chacune d'entre nous, nous organiser pour travailler ensembles en sachant se répartir, quand nécessaire, ce qu'il était préférable de faire individuellement et enfin, à gérer les tensions afin de maintenir la cohésion du groupe et réaliser ainsi ce projet dans les meilleures conditions possibles.

BIBLIOGRAPHIE

1- Ecologie et lombriciens

[ALADDAN 89] F. ALADDAN, "Biophysique du sol : étude quantitative des relations entre le travail des lombriciens et des propriétés de sols méditerranéens", Thèse, Université Montpellier, 1989.

[BOUCHE 72] M.B. BOUCHE, "Lombriciens de France, Ecologie et Systématique", ed. INRA, 1972.

[BOUCHE 90] M.B. BOUCHE, "Ecologie Opérationnelle Assistée par Ordinateur", ed. Masson, 1990.

[JAUBERT 88] A. JAUBERT, A. DURUPTHY, O. DURUPTHY, R. BAUTRANT, "Chimie 1ères S et E", ed. Hachette Lycées, 1988.

[FERRIERE 86] G. FERRIERE, "Mouvements naturels des éléments dans une prairie : quantification des échanges d'Azote entre lombriciens sol et plantes", Thèse d'Etat, Université de Lyon I, 1986.

[HAMEED 89] R. HAMEED HASSAN, "Transformation et translocation de l'Azote sous influence lombricienne et microbienne : modèles et validation écologiques", Thèse, Université Montpellier, 1990.

[HEIDET 88] J.C. HEIDET, "Etude de la régulation hygrothermique et photopériodique de l'activité lombricienne, et perspectives d'applications pour la biostimulation des sols", Thèse sous presse, 1988.

[SOTO 89] P. SOTO, "Base de données ECORDRE sous schéma lombriciens. Organisation conceptuelle et modélisation des données lombriciennes", 1989.

[SOTO 90] P. SOTO, "ECORDRE : une base de données relationnelle pour toutes données agro-écologiques", CNUSC Lettre d'Information Trimestrielle, premier trimestre 1990, N° 35, p.19.

[87] "L'eau, les nitrates et la santé", Eaux et Rivières de Bretagne numéro spécial, 1er Trimestre 87, N° 59, pp.14-15.

2- Systèmes Experts

[BRIAND 88] R. BRIAND, "Méthode de développement de Systèmes Experts", ed. Eyrolles, 1988.

[CHATAIN 87] J.M. CHATAIN, A. DUSSAUCHOY, "Systèmes Experts : méthodes et outils", ed. Eyrolles.

[DASSAULT 88] Electronique Serge DASSAULT," EMICAT version 1.3", manuel de description et d'opération, 2 tomes.

[DELAHAYE 87] J.P. DELAHAYE, "Systèmes Experts : organisation et programmation des bases de connaissances en calcul propositionnel", ed. Eyrolles.

[DELPHIA 91] DELPHIA "EMICAT, un produit DASSAULT Electronique", présentation technique.

[FARRENY 87] H. FARRENY, M. GHALLAB, "Eléments d'intelligence artificielle", ed. Hermès, 1987.

[GIANNESINI 85] F. GIANNESINI, H. KANOUI, R. PASERO, M. VAN CANEGHEM, "Prolog", ed. Inter éditions, 1985.

[HART 88] A. HART, "Acquisition du savoir pour les Systèmes Experts", ed. Masson, 1988.

[LEGEARD 89] B. LEGEARD,M. RUEHER, "Une démarche pour le prototypage en Prolog", Technique et Science informatique, volume 8, N°5, 89, p 423, 1989.

[MASINI 90] G. MASINI, A. NAPOLI, D. COLNET, D. LEONARD, K. TOMBRE, "Les langages à objets, langages de classes, langages de frames, langages d'acteurs", ed. Inter éditions, 1990.

[ROSEN 90] J.P. ROSEN, ADALOG, "Pour une définition méthodologique de la notion d'"Orienté Objet"", Afcet / Interfaces, N°96, octobre 90, p 18.

[TORRES 90] A. TORRES, "Systèmes Experts : la fin de la préhistoire ", Science et Technologie, N°26, mai - juin 90, pp 54-59, 1990.

[VOGEL 88] C. VOGEL, "Génie cognitif", ed. Masson, 1988.

[PORTNOFF 86] A.Y. PORTNOFF, V. GAUTHIER, C. GELE, M. FERRETTI, "Systèmes Experts : de la santé des hommes à celle des machines ", Science et Technologie, N°25, avril 86, p 24.

[COUTURIER 90] R. COUTURIER, "Convention I.A. et Génie Logiciel : une synergie difficile", Le monde informatique, N°396, janvier 90, p 13.

[90] "Systèmes Experts : I.A. et formation : prudence, prudence", 01 Informatique, N°1114, 1er juin 90, p 44.

[90] "Systèmes Experts : vers un taux de croissance de 35% en France", 01 Informatique, N°1118, 29 juin 90, p 30.

3- Hypertextes

[BIGELOW 88] J. BIGELOW, "Hypertext and CASE", march 1988, IEEE sofware.

[BROWN 88a] P.J. BROWN, "Hypertext : the Way Forward", Proceedings of the International Conference on Electronic Publishing, Document Manipulation and Typography, Nice (France), april 20-22 1988, pp 183-191.

[BROWN 88b] P.J. BROWN, "Linking and searching within hypertext", Electronic Publishing, vol. 1 (1), april 1988, pp 45-53.

[CONKLIN 87] J. CONKLIN, "Hypertext : an introduction and survey", Computer, september 1987, pp 132-143.

[DELISLE 87] N.M. DELISLE, M.D. SCHWARTZ, "Contexts - A Partitioning Concept for Hypertext", ACM Transactions Office Information Systems, vol. 5 N°2, april 1987, pp 168-186.

[SMITH 88] J.B. SMITH, S.F. WEISS, "An Overview of Hypertext", Communications of the ACM, vol. 31, N°7, july 1988, pp 816-819.

[YANKELOVICH 85] N. YANKELOVICH, N. MEYROWITZ, A. VAN DAM, "Reading and writing the Electronic Book", Computer, 10.18, october 1985, pp 15-29.

GLOSSAIRE

Activité (A) Mesure du degré d'activité des lombriciens. Elle est fonction de trois facteurs de régulation : la température, l'humidité et la durée du jour.

Anécique Nom d'une catégorie écologique de lombriciens. Elle regroupe des animaux de taille moyenne ou grande, colorés, qui se nourrissent à la surface du sol, creusent des galeries profondes et rejettent de nombreux turricules.

Azote L'azote est un élément fondamental de la matière vivante végétale ou animale : c'est l'un des éléments constitutifs des acides aminés qui par condensation donnent les protéines. Bien qu'il constitue environ 80% de l'air atmosphérique, il ne peut être assimilé directement que par quelques cyanophycées et bactéries dites "prototrophes". Mais l'azote des composés contenue dans les excréments et les cadavres subit dans le sol une série de transformations bactérienne d'où résultent des nitrates, que peuvent absorber les racines des plantes. Ainsi se ferme le cycle de l'azote.

Biomasse Masse totale des êtres vivants subsistant en équilibre sur une surface donnée du sol ou dans un volume donné d'eau océanique ou douce.

Cogniticien (cognito : connaissance). Personne comparable à l'analyste de système; elle interroge l'expert pour l'aider à construire un modèle du savoir et suggère des représentations de ce savoir dans un Système Expert. Informaticien et psychologue en même temps.

Cyanophycée Classe d'algues procaryotes d'un vert bleuâtre.

Diapause Période d'arrêt dans l'activité ou le développement, sans métamorphose, notamment chez de nombreux insectes.

Ecologie "Nous entendons par ECOLOGIE la science globale des relations des organismes avec leur monde extérieur environnant dans lequel nous incluons, au sens large, toutes les conditions d'existence." d'après HAECHEL, trad. M. BOUCHE 1980.

Ecosystème Unité écologique de base formée par le milieu vivant (biotope) et les organismes animaux et végétaux qui y vivent.

Endogé Nom d'une catégorie écologique de lombriciens. Elle regroupe des animaux de taille petite ou moyenne, apigmentés, qui se nourrissent dans le sol (géophages), se déplacent généralement horizontalement dans le sol.

Epigé Nom d'une catégorie écologique de lombriciens. Elle regroupe des animaux de petite taille, colorés, qui vivent dans le substrat minéral du sol, généralement dans les accumulations organiques mais aussi dans la litière.

Expert Un des deux acteurs (avec le cogniticien) participant au transfert d'expertise. C'est lui qui va fournir sa connaissance au système expert.

Heuristique Méthode empirique qui permet de faire des choix pour résoudre un problème. Elle fournit une bonne solution, si elle existe, et non pas une solution optimale. C'est une connaissance typique de l'expert. Par exemple, un mécanicien de haut niveau va préssentir une certaine panne à la vue d'indices très parcellaires sur l'état de la machine. La couleur d'un gaz d'échappement et l'occurrence préalable d'une révision vont lui suggérer un problème au niveau de la lubrification : sans qu'il ait besoin de faire une révision complète de l'installation.

Hypertexte Le but essentiel d'un hypertexte est de stoker dans l'ordinateur un document de telle manière que l'utilisateur, de son terminal, puisse l'explorer comme il le désire. Ceci est permis en donnant à l'auteur la possibilité de créer des liens dans le document ce qui fournit à

l'utilisateur un moyen facile de passer d'un point à l'autre; d'après [BROWN 88b].

Lombricien Ver de terre.

Photopériode Durée du jour, considérée du point de vue de ses effets biologiques.

Réseau sémantique

Un réseau sémantique est un graphe composé de points appelés noeuds et de liens appelés arcs qui décrivent les relations entre les noeuds. On peut ainsi représenter des objets, des concepts ou des événements par des noeuds. Les arcs représentent les relations entre les entités préalablement définies. Ce mode de représentation des connaissances est issu des travaux en psychologie sur la modélisation des mécanismes de mémorisation.

Système Expert

Un Système Expert consiste en un programme contenant une partie du savoir d'un domaine restreint. Il a pour but la modélisation du comportement d'un expert humain accomplissant une tâche de résolution de problèmes, pour laquelle on ne dispose d'aucun algorithme, et ce dans un domaine bien précis.

Taxonomie Science des lois de la classification.

ANNEXES

. Lettre de mission

. Le sous modèle d'activité des lombriciens

. Bilan du projet établi par M. BOUCHE

Dans le cadre du projet de troisième année de la filière Informatique et Gestion de l'I.S.I.M, nous réalisons la conception d'un Système Expert pour le laboratoire de zooécologie du CNRS à Montpellier. Suite aux entretiens que nous avons eus avec M. Bouché, Directeur de ce laboratoire, nous présentons dans cette lettre de mission le cadre de notre étude.

1 - OBJECTIFS

Ce projet a pour but de réaliser un Système Expert sur le rôle des lombriciens; celui-ci doit permettre d'expliciter le rôle des vers de terre dans un écosystème sous gestion humaine.

Outre la mise à disposition de conclusions d'expertise et la formalisation du raisonnement de l'expert, le SE réalisé donnera à d'autres spécialistes des précisions quant à la démarche suivie par l'expert et devrait donc être un outil qui facilitera le dialogue et la critique entre spécialistes.

2 - POINTS DE DEPART DE L'ETUDE

Le laboratoire de zooécologie du sol (INRA Montpellier) a accumulé depuis vingt ans une masse importante de données à partir de préoccupations diverses: zoologiques, agronomiques,environnementales... Cet ensemble acquis autour de l'étude des lombriciens a obligé à une rationalisation transdisciplinaire et a donné naissance à une base de données baptisée ECORDRE, implantée sur gros système au Centre National Universitaire Sud de Calcul (CNUSC). Après avoir abordé les phases d'acquisition de gestion et d'interprétation des données, les concepteurs de la base de données ont décidé de réaliser un Système Expert.

3 - CHAMPS DE L'ETUDE

Il s'agit ici de concevoir un "petit système opérationnel". Celui-ci simulera les effets du travail du sol par les lombriciens ainsi que leurs rôles dans les cycles de l'azote et du carbone.

Ce projet consiste en fait en l'élaboration d'une base de connaissances. EMICAT, langage de programmation, extension objet de PROLOG et outil de développement de Système Expert sera utilisé ici. Nous réaliserons ce prototype sur gros système IBM dans les environnements VM/SP-CMS et VM/PROLOG. Il faut souligner enfin que la réalisation de l'interface entre ECORDRE et la base de connaissances sera fonction du temps dont nous disposerons et des possibilités d'EMICAT. Les personnes impliquées dans la réalisation de ce projet sont :

- un expert :	M. BOUCHE, Directeur du laboratoire de zooécologie du sol à Montpellier (INRA-CNRS),
- un coordinateur :	Patricio SOTO, Informaticien, concepteur et responsable technique d'ECORDRE, laboratoire de zooécologie du sol à Montpellier,
- une technicienne :	Régine ALIAGA, assurant l'interface chercheurs / base de données,
- une spécialiste SE :	Jacqueline GROS, Ingénieur détachée au CNUSC,
- un responsable de projet :	Philippe JANSSEN, enseignant à l'ISIM.

4 - MODALITES

Il a été convenu que nous rencontrerions M. BOUCHE les lundi et jeudi après-midi. Nous pourrons prendre rendez-vous avec P. SOTO à tout moment. Pour des renseignements spécifiques aux SE nous pourrons faire appel à J. GROS.

Il nous sera possible de travailler dans les locaux du CNUSC.

Nous choisissons de suivre le calendrier ci-dessous afin d'organiser le déroulement du projet et de mener à bien ses différentes phases :

- 14 Janvier 1991 :	Présentation de la première version du petit système opérationnel.
- 31 Janvier 1991 :	Présentation de la version définitive après période de validation.
- 8 Février 1991 :	Remise des rapports.

Le Responsable :

M. BOUCHE

A Montpellier le 3 Décembre 90

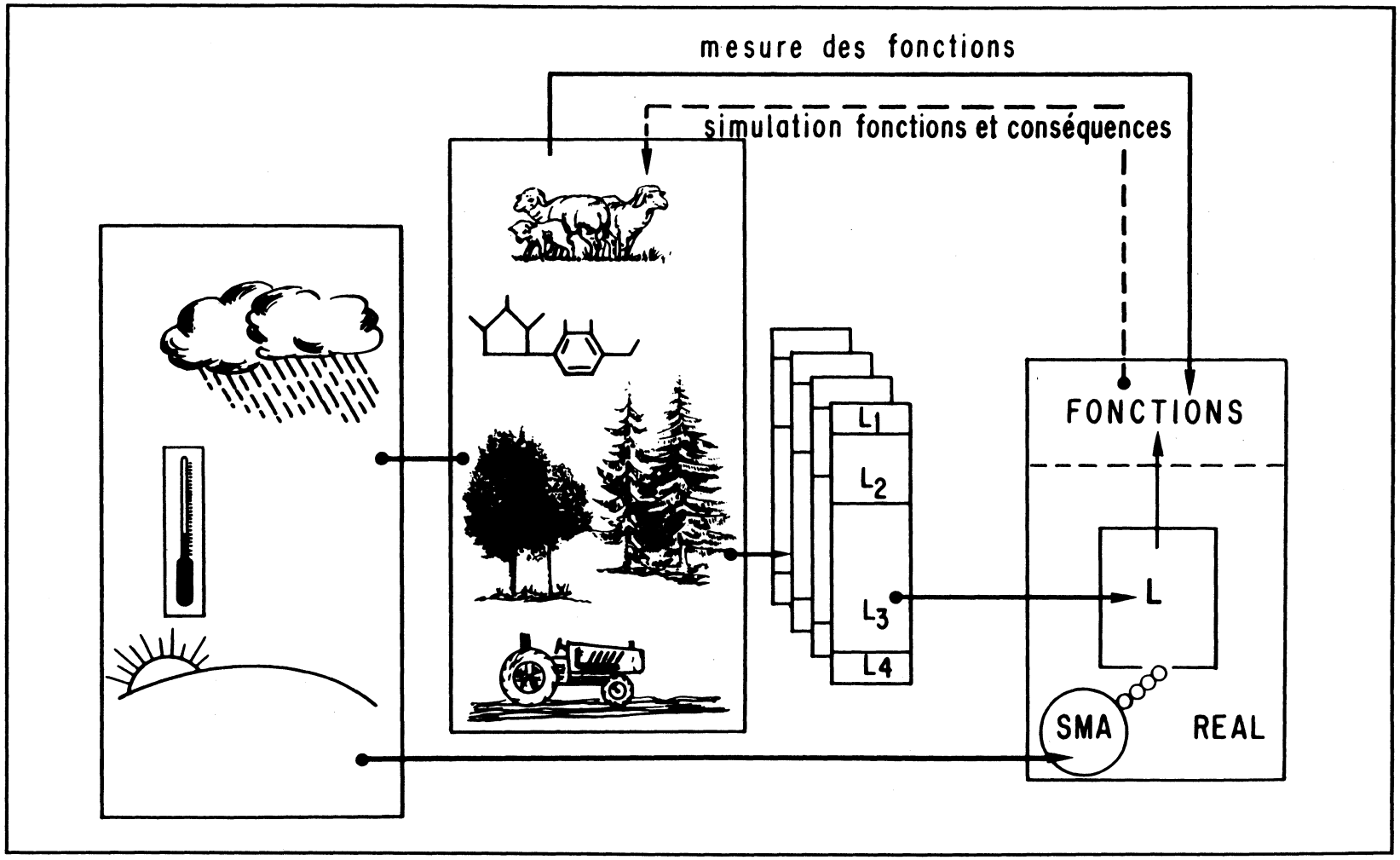
Les Etudiantes :

K. CHAIGNEAU

S. LEMETAYER

N. VALENCIA

A Montpellier le 3 Décembre 90



Le sous-modèle d'activité des lombriciens : le niveau des populations de L1...Ln dépend des pratiques agricoles ou de gestion de l'espace (élevage, pesticides, végétation, travaux aratoires, etc...). Le fonctionnement de chaque population dépend d'une régulation relative à l'humidité, la température et la photopériode gérées par le Sous-Modèle d'Activité (SMA).

BILAN DU STAGE : du Système Expert au Systèmes d'explicitation

La série d'échanges d'information entre l'"expert" qui écrit ces lignes et les trois étudiantes a fait ressortir un décalage sensible entre l'idée que se faisait cet expert de la nature des Systèmes-Experts... et de leur intérêt, et l'intérêt de leur mise en oeuvre pour son objectif.

Alors que usuellement un système-Expert vise à mettre à disposition d'utilisateurs les démarches déductives de un ou n experts, il était clair que je ne voyais pour le SE ROLUMBRIC cet objectif que de façon accessoir. La raison étant la rareté des utilisateurs actuels de ROLUMBRIC.

J'attribuais par contre deux autres fonctions au "Système" souhaité :

1) un rôle d'introspection sur les propres démarches de l'expert... obligé par l'énoncé des relations entre faits qu'il établissait de "mettre de l'ordre" et à mettre à jour les relations et faits qu'il utilise,

2) un rôle d'explicitation où l'expert justifie les choix au pas à pas de chacune des étapes des faits et calculs choisis. Ce rôle d'explicitation est essentiel dans un domaine (l'écologie et l'environnement) où de multiples disciplines (sciences du sol, climatologie, chimie agricole, hydraulique, botanique, zoologie, microbiologie) opinent actuellement séparément sur les systèmes écologiques et conduisent à une incohérence créant les "problèmes" environnementaux. On voit que ce rôle d'explicitation prime sur le 3ème rôle orthodoxe,

3) le rôle de diagnostic de l'expertise est nécessairement actuellement réduit. Il fut d'ailleurs nécessaire d'imaginer une demande du type : quel est l'impact d'un traitement pesticide qui modifie de 50 % le niveau d'une population de lombriciens sur....

D'autre part, le système d'explicitation souhaité - une fois la mise en ordre des éléments effectuée (et là le travail nécessaire par l'expert a été fort sous-estimé... j'ai souvent tardé à fournir l'information nécessaire), il s'est avéré que pour l'essentiel la plupart des éléments relevait de traitements par algorithmes... Les conditions d'application ou d'explicitation étant en fait peu déductives, l'utilisation dans l'immédiat des outils et langages des systèmes-experts ne s'imposait pas, au moins dans la période de développement possible par le travail des trois stagiaires.

En définitive, il est apparu que, au moins au stade actuel de son développement, le système d'explicitation ROLUMBRIC ne relevait pas des langages descripteurs d'heuristiques, mais que son développement passait d'abord par la constitution de menus, de "fenêtres" explicatives et d'algorithmes.

Le travail effectué par les stagiaires de l'ISIM s'est donc, en conduisant à cette remise en cause, accompagné d'une redéfinition des moyens à mettre en oeuvre, avéré très positif et constitue l'étape première d'un système d'explicitation qui nécessiterait évidemment d'être poursuivi et approfondi. Si l'échange en expert-cogniticien a finalement porté sur un contenu non orthodoxe pour un Système-Expert, il s'est finalement avéré très constructif en conduisant à une redéfinition des moyens à mettre en oeuvre.

Marcel BOUCHE
Directeur du Laboratoire de zooécologie du sol INRA/CNRS