Actes du colloque "Gestion des données ---

PU 172

C.R. Journée d'étude "Gestion des données et prévisions en matière d'environnement" (Orléans, 18 avril 1991)

L'ECOLOGIE OPERATIONNELLE ASSISTEE PAR ORDINATEUR AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT

Comme le titre de mon exposé l'indique il s'agit de rendre opérationnelle l'écologie grâce à l'informatique. On comprendra cette nécessité en se remémorant le sens exact du mot écologie.

<<Unter Oecologie verstehen wir die gesammte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Aussenwelt, wohin wir im weiteren Sinne alle "Existenz-Bedingungen" rechnen>> (HAECKEL, 1866).

qu'on peut traduire par :

<<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>> (trad. BOUCHE, 1980)

Cette définition originale met en lumière les difficultés internes de l'écologie : être à la fois totalement scientifique et néanmoins globale. Etudier les relations biophysicochimiques des organismes dans leur environnement (et non exclusivement dans des dispositifs analytiques artificiels). La référence à la réalité des systèmes concrets est indispensable. Toute analyse ou réduction n'a de valeur que si elle produit des résultats vérifiables dans la réalité des écosystèmes où l'homme joue un rôle perturbateur et régulateur a toute échelle depuis le microscopique jusqu'à l'écosphère.

Considérons un problème environnemental particulier, tel qu'il est énoncé : par exemple la pollution des nappes par les nitrates. Constatons que ce "problème" n'est perçu et pris au "sérieux" qu'après des accidents de santé (cyanose) ayant entraîné un contrôle plus soutenu. Ce contrôle montre alors que ce problème est si réel qu'il faut cesser l'exploitation de certaines nappes phréatiques. Ce n'est qu'<u>à posteriori</u> que des solutions sont recherchées.

On peut s'interroger sur les modalités d'apparitions des problèmes d'environnement anthropogènes ; pourquoi nous ne savons pas les <u>prévenir</u>.

Il est notable que la plupart des problèmes d'environnement sont "non intentionnels". Il relève donc de l'absence d'évaluation des conséquences, de toutes les conséquences des actes. Le corrolaire naïf de ce constat est double : l'évaluation technico-scientifique est trop étroite et, pour l'impact des actes, n'est appréciés que vis-à-vis d'objets inadéquats. Si nous savons établir des relations causals simples (tel facteur entraîne tel effet) nous ne pouvons le faire vis-à-vis des effets d'un acte humain sur les systèmes écologiques...

Par exemple, on constate une augmentation inquiétante du CO_2 atmosphérique (quelques 100 parties pour millions ou 0,01 %) : accusés "<u>évidents</u>" : la combustion des carbones fossiles et de certaines biomasses (déforestation amazonienne). Notons, en agronome, que chaque 1 % de carbone du sol disparu (constatation fréquente en cultures intensifiées, ou en mise en culture) produit 6,5 m de CO_2 pur (100 %) (5 000 m^3/ha). Il ne serait

pas inintéressant de connaître les multiples mesures de carbone organique (et inorganique) pratiquées depuis longtemps dans les sols pour apprécier objectivement l'évolution de cette source potentiellement très importante de CO_2.

Autre exemple : qui, en prescrivant un pesticide carbamate pour lutter contre un ravageur ou un champignon pathogène a conscience de contribuer à une modification physique des sols pouvant accroître l'érosion... ou modifier les réserves en eau du sol ?

En fait, nous agissons avec des outils physiques, chimiques, voire biologiques, puissants sur un système complexe très largement inconnu : un agro-écosystème. Si nous pouvons décrire quelques relations causales directes, nous ne sommes pas en situation de comprendre les autres conséquences dont rien n'indique qu'elles soient moins importantes que celles des liens directs cause-effet dont la prise en compte résulte de la seule finalité des recherches dites finalisées.

Avec la multiplication des "prises de conscience" de "problèmes d'environnement", qu'il n'est plus possible d'ignorer plus longtemps, apparaît avec netteté la cause unique de la responsabilité humaine vis-à-vis de ces problèmes : notre inaptitude à apprécier les conséquences de nos actes. Précisons qu'il ne s'agit pas de quelques conséquences mais bien des conséquences.

Que cela affecte ou non notre immodestie, nous ne savons pas ce que nous faisons, en toute conscience, sur les systèmes écologiques où nous agissons. Pour le savoir, il faudrait être capable de décrire ces systèmes et de voir les implications de chacun de nos actes, dans leur diversité, sur ceux-ci. Or pas un seul écosystème, fortement anthropisé ou non, n'a été décrit en tant que système ! Comment dès lors juger consciemment d'une seule technique ?

Les scientifiques en sont conscients depuis longtemps. Il fut même considéré comme prioritaire d'établir les bases de la connaissance sur les écosystèmes dans la période du Programme Biologique Internationale (1964-1974) puis, par exemple, dans le programme l'Homme et la Biosphère (MaB) de prendre plus directement en compte les implications anthropiques. Ceci pour ne parler que de deux programmes internationaux qui reflétaient au moins les préoccupations des organismes nationaux conscients de nos relations de plus en plus conflictuelles avec notre environnement.

Au cours de cette période, chaque spécialiste ayant pu être concerné s'est efforcé de faire l'apport de sa spécialité vers un objectif global. Chacun a également perçu les limites de sa spécialité et a souhaité l'interdisciplinarité, puis, au moins pour certains, compris l'importance de la modélisation pour clarifier son domaine pour lui-même, voire pour les autres... et ceci dès le début des années '70.

Mais a-t-on progressé sur le fond ? Sait-on apprécier la portée de nos actes ? Si écologie, environnement, pollution, écosystèmes, dégradation, pluridisciplinarité, ... sont autant de symboles incantantatoires, a-t-on une réelle perception des conséquences de nos actes ? Notre méthodologie, depuis que

les problèmes furent posés il y a un quart de siècle, atteint-elle le but souhaité : savoir ce que nous faisons ?.

La réponse est clairement NON.

Il y a quelque intérêt à comparer les modalités mises en oeuvre dans les années '60 pour préparer le Programme Biologique International et celles du Programme Biosphère-Géosphère en génèse-démarrage actuellement, ou tout autre programme national ou régional de ces deux époques.

Un quart de siècle plus tard, la technique n'a pas changé : un état des lieux exposant la nécessité de faire une meilleure appréciation du fonctionnement des écosystèmes ou/et de la dégradation des milieux, avec une évocation plus ou moins importante des enjeux relatifs à la dégradation de la situation, un discours sur l'importance des coopérations et de l'interdisciplinarité, puis un éclatement en thèmes, sous-thèmes, branches, sous-branches, disciplines, mini-disciplines, microdisciplines puis, dans des rapports très spécialisés, les recherches réellement conduites. La "synthèse" a été, est, ... et si rien ne change, sera une accumulation de résultats ayant écartés les données concrètes trop nombreuses et les démarches originales trop particulières.

Il y a inadéquation totale entre la performance, fut-elle exceptionnellement bonne, de tout spécialiste ou généraliste et la complexité des écosystèmes réels. Quel que soit son génie individuel aucun expert ne peut opiner sur l'état des écosystèmes. Nos spécialisations nous ont donné la profondeur des connaissances ; les écosystèmes exigent leur intégration effective et totale et notamment des connaissances acquises sur et dans le sol et les sédiments, cette partie triphasique (air, eau, solides) ou vie et abios s'imbriquent en un complexe non décrit.

Il faut donc d'abord accéder à la connaissance sur les systèmes écologiques - y compris celle relative aux actes humains dans ceux-ci. Et cette connaissance doit être disponible quel que soit le point de vue initial de la spécialité l'ayant obtenue, les motifs finalisés d'acquisition, la motivation académique de recherche et les raisons des essais techniques,... Car la connaissance dépend de son état et non de son origine.

Cette connaissance est de deux natures : l'information objective et les modalités d'interprétation des connaissances.

L'information objective découle de l'observation, mesurée ou non, de toute composante des écosystèmes réel ; elle est, aux erreurs de mesure près, intangible. Par exemple, la vitesse et l'orientation du vent dans tel lieu, tel jour à telle heure.

Les modalités d'interprétation à l'inverse, découle de l'état de perception qu'a chaque spécialiste, via les données objectives des écosystèmes. Cette perception très partielle se traduit via des modalités d'échantillonnage, de synthèse, de modèlisation, par des conclusions. Modalités d'interprétation et

conclusions sont temporaires car remises en cause par toute nouvelle donnée objective, toute nouvelle conception.

D'une part, les données objectives sur les écosystèmes s'accumulent en permanence, et d'autre part, sauf orthodoxies dogmatiques, les interprétations sont renouvelées en permanence, ne serait-ce qu'en raison de nouveaux faits.

Avoir à jour en permanence, de façon instantanée, toute l'information objective souhaitable préalablement acquise et accéder rapidement aux modalités d'interprétation préexistante, en pouvant les critiquer (c'est dire qu'elles doivent être totalement explicitées) ne peut se faire par la technique "Gutemberg".

Le document imprimé, fut-il duement répertorié dans une banque de données bibliographiques, ne fournit absolument pas cette information exhaustive et tenue à jour. Ne serait-ce que par le temps d'édition : il est obsolète avant d'être accessible. Enfin, le réaménagement instantané des données objectives y est impossible : on ne peut dans la marée blanche des articles, rapports, mémoires, ..., extraire l'information utile, et que celle-ci, et le faire instantanément.

Pourtant, une donnée objective (formalisée sous le nom de Donnée Initiale Contrôlée, ou DIC) est réutilisable *ad libitum*. Prenons un exemple familier à l'auteur. Pour étudier l'effet d'un herbicide sur un peuplement lombricien un échantillon témoin-traité a été constitué en prairie permanente. Dans celui-ci un lombricien est capturé et décrit : *Lumbricus rubellus*, adulte, entier, 343 mg, plot xy, date 28/04/72, ... Les liens de cette série de données avec son contexte permettent évidemment de les faire intervenir dans le traitement probabiliste d'appréciation de l'effet de l'herbicide mais aussi si besoin est de contribuer par ailleurs à établir le poids moyen des adultes de l'espèce, ou encore de fournir une localisation pour la cartographie européenne de l'espèce en cause, de contribuer à connaître le critère démographique adulte/jeune dans un contexte pédoclimatique connu, d'établir la masse d'azote corporel des lombriciens épigés en prairie, etc.

Une DIC n'est pas isolée, elle est liée à son contexte d'acquisition et elle n'est pas à usage unique ; elle doit toujours pouvoir être réutilisée même si le premier objectif est infructueux (= impubliable). C'est un gâchis monumental que de ne pas mettre à disposition toute l'information objective acquise, les coûts d'acquisition étant élevés et ceux de la gestion des données par les moyens actuels très modestes. Il est parfaitement légitime d'avoir une acquisition de données justifiée par un objectif clair, mais une fois acquise la donnée peut si nécessaire servir d'autres finalités **(fig. 1)**

Mettre à disposition les informations objectives et les modalités d'interprétration entre toutes disciplines concourant scientifiquement ou techniquement à la connaissance et à la gestion de notre environnement est aujourd'hui facile.

Au plan des moyens physiques les vraies Bases de Données Relationnelles permettent la gestion de la totalité des DICs. Ces informations objectives

élémentaires sont la connaissance perçue non préinterprétée des systèmes écologiques réels. Elles sont nécessairement implantées sur gros systèmes, se commandent et s'enrichissent depuis des microordinateurs et permettent l'interconnection en réseaux à tous les niveaux, y compris mondial (Base de Données Relationnelles Réparties).

Attention les vraies Bases de Données Relationnelles (BDR) n'ont opérationnellement rien à voir avec des fichiers ou des Banques de Données habituelles sauf le fait que dans les trois cas il y a accumulation et conservation des données. A la différence des fichiers, bases et banques non relationnelles les BDR permettent une totale circulation de l'information objective (des DICs) instantanément. L'extraction et la présentation adéquate de l'information sont gérées par l'ordinateur ; seule une déclaration de la demande, une requête, est nécessaire sans avoir à se soucier de la localisation des données dans un fichier ou un lieu. Ainsi il ne s'agit pas de support informatique jouant le rôle de cimetière des données car difficile d'accés... et de toute façon généralement non localisables faute d'adressage automatique. Les BDR ont des logiciels qui permettent la recherche de toutes données indépendamment des motivations initiales d'acquisition.

Mais une BDR ne saurait suffire ; il faut une logique, conceptuellement univoque et opérationnelle, commune à toutes les disciplines opérant dans notre environnement. Le fait que nous ayons développé un référentiel unique des données écologiques (environnementales et agronomiques) suivant un schéma conceptuel unique (= le référentiel) permet d'utiliser toute la puissance de ces logiciels qui optimisent les voies de chargement, éliminent les redondances et restituent toute l'information souhaitée préexistante.

Une BDR, comme ECORDRE développée à Montpellier, ne présente aucune difficulté d'accès local, régional, national, communautaire ou international... Simplement les agronomes-écologues-environiciens ignorent que toutes leurs données devraient être gérées de cette façon et être, sous réserves éthiques classiques, totalement accessibles. ECORDRE réunit actuellement 7 laboratoires très divers et est aussi un Système d'Information Géographique (fig. 2).

Voici pour les DICs. Quant aux modalités d'interprétation, on a commencé il y a quelques années à utiliser des Systèmes-Experts pour que les experts mettent à disposition d'utilisateurs leurs expertises. Mais ces moyens n'étaient qu'une étape vers des outils modernes, qui continuent d'évoluer et qui de fait remplissent trois fonctions :

- l'explicitation des modalités de déduction et d'induction de l'expert. Il s'agit pour lui d'un moyen d'introspection ;
- la mise à disposition d'un service d'expertise pour des utilisateurs attendant une réponse de l'expert (et non ses modalités de raisonnements et de doute) ;
- mais ce qui est nouveau et fondamental pour l'échange transdisciplinaire des modalités d'interprétation, les modalités explicites de raisonnement. Ce

dernier point est essentiel : l'expert explique pourquoi il a choisi telle proposition et pourquoi il n'a pas choisi les propositions concurrentes. Cette explicitation extravertie, accessible, permet l'exercice constructif de la critique à tous les niveaux de la connaissance des écosystèmes. A l'intersection des modèles mathématiques, souvent très complexes, utilisant surtout des algorithmes, et des systèmes-experts, utilisant surtout des heuristiques, des systèmes d'explicitations, par exemple en hypertexte, permettent de rendre les cheminements interprétatifs accessibles aux tiers. Ces interprétations portant tantôt sur la comparaison typologique des objets et tantôt sur l'évolution du fonctionnement de ces objets individuellement et entre eux en système. D'où l'optimisation de l'usage vis-à-vis de la demande sociale.

En fait, ces deux outils : Base de Données Relationnelles vraies et Systèmes d'Explicitation d'Experts (SEE), même si ils sont relativement nouveaux ne sont pas utilisés en écologie... et ce n'est pas un hasard !

Il ne suffit pas d'avoir les outils, il faut être prêt à s'en servir. Ce n'est pas le cas à aucun niveau de l'organisation de la recherche et de la technique - de l'individu technicien (agronome, hydraulicien, etc...) au scientifique (entomologiste, algologue, etc...) - à l'organisation institutionnelle locale, nationale ou internationale. Et ceci pour deux raisons, aggravées d'une troisième, conséquence des deux premières.

1) Ces divers spécialistes, préoccupés à suivre l'évolution de leur propre discipline, ne sont pas au courant de l'apparition de ces outils.

2) Il n'y a aucun moyen pour communiquer entre ces disciplines et l'ordinateur le plus puissant que l'on voudra n'y peut rien : la tour de Babel des disciplines, jargonnant des dialectes techniques est anarchique par rapport à l'unicité systémique des écosystèmes.

3) L'incommunicabilité et l'absence d'outil de communication ayant longtemps été normales, on considère habituellement qu'il vaut mieux, "sérieusement", se valoriser dans le cadre étroit de spécialités reconnues que d'élucubrer vers des outils qui n'exist(ai)ent pas.

En effet, n'a été opérationnel, scientifiquement et techniquement, que le travail spécialisé, fondé sur un langage scientifique rigoureux, et des méthodes éprouvées. Si le besoin d'une intégration est souvent reconnu, si l'importance d'une approche écologique est souvent énoncée en préambule, si l'environnement est la tarte à la crème de nombreuses justifications... en pratique on ne sait que faire des discours, y compris introduction et conclusion de rapports, programmes de recherche et livres de "synthèse", portant sur des éléments hétéroclites. Nous ne pouvions faire mieux en l'absence de moyens de synthèse.

La carence de ces moyens justifiait que nous ne perdions pas notre temps à les mettre en oeuvre.

Cela nous disculpait d'une réelle carence.

Mais voilà, aujourd'hui, ces moyens existent. Cela nous responsabilise.

Nous voilà aujourd'hui conscients des problèmes d'environnement ; nous voilà enfin armés pour échanger, mettre en commun et réellement intégrer nos connaissances sur notre milieu. Il n'y a plus qu'à...

Ce constat, s'il s'arrêtait là, serait positif : il néglige malheureusement un facteur essentiel : la société civile et scientifique.

Une observation, même très rapide, des choix et démarches technico-scientifiques mis en oeuvre actuellement montrent le poids prédominant de l'inertie et l'on peut s'interroger sur le fait que nos problèmes d'environnement - n'ayant qu'une cause unique et généralisée aujourd'hui opérationnellement soluble - ne perdureront pas pour une autre raison.

Au niveau des chercheurs ou techniciens, n'ayant que la responsabilité du développement des connaissances ou des moyens techniques, quatre "valeurs" ont été enseignées et valorisées :

1) Pour traiter d'un problème il faut le circonscrire, bien le définir, l'isoler pour bien le maîtriser. C'est le B A BA du spécialiste. Nous ne sommes efficaces qu'à ce prix. Oui mais, les systèmes écologiques (agrosystèmes, écosystèmes, syntégrons, comme on voudra) sont toujours dans la réalité ouverts emboîtés et non bornés.

2) Pour résoudre ce problème, il faut travailler sur des ensembles homogènes, reproductibles (dans l'espace ou/et le temps). Le modèle statistique probabiliste de référence est fondé sur le mélange de deux gaz parfaits ou encore deux sacs de billes noires et blanches. Oui mais, on sait que profondément la réalité est inhomogène.

3) Pour clarifier il faut isoler les constituants pour les réduire à des cas simples... en outre pour communiquer il faut "faire simple". Oui mais, les systèmes réels sont complexes.

4) Les conclusions doivent permettre une réponse, même habillée de probabilité, afin de faire un choix reflétant une certitude (+ou- cette probabilité).

Habitués que nous sommes à isoler, homogénéiser, simplifier, nous considérons qu'une conclusion claire est l'aboutissement normal d'un travail. Faire court, simple, implique de réduire un travail aboutissant pourtant à des conclusions. Cela revient à écarter une recherche trop complexe, faisant appel à une culture scientifique transdisciplinaire (ou indisciplinée) où chaque conclusion est non seulement relativement solide mais surtout où les conclusions s'étayent mutuellement.

Non seulement la conclusion isolée implique une limitation telle qu'elle a peu de chance d'avoir un sens dans la réalité écologique mais, il faut le rappeler, elle est sujette à caution. C'est la partie fragile et extemporanée du travail ; elle est sensible aux interactions non prises en compte (effet d'isolement), à l'hétérogénéité de la réalité, et implique d'être dégagée du complexe (réel).

On comprend très bien, notamment au plan technique, qu'il faille décider à un moment et en un lieu donné si une technique, ou un aménagement, est adéquate ou simplement souhaitable ; que la réponse est finalement en oui ou non. Mais les outils modernes permettent de remettre en cause à chaque progrès les bases mêmes de cette décision... et de réévaluer celle-ci en chaque lieu et date souhaitables. Accepter ce principe d'incertitude, qui n'a pas tant trait aux faits observés ou mesurés, mais à leur interprétation, n'est pas facile.

On comprend dès lors que circonscrire, simplifier, homogénéiser et certifier par une conclusion ne sont que des "instants" et n'ont qu'une valeur opérationnelle arbitraire et pas toujours nécessaire.

La réalité est au contraire ouverte, complexe, hétérogène et nos acquis ne sont que des propositions, si elles sont bien faites, optimales.

Accepter la réalité, c'est-à-dire l'hétérogénéité elle-même variable, l'extraordinaire complexité organisée à toute échelle et qu'aucun fait n'est isolé, ni strictement reproductible *versus* le temps et/ou l'espace, à toute étape de la démonstration scientifique, c'est accepter pleinement que tout passage à travers les concepts d'homogénéité, simplicité et dispositif isolé ne sont qu'artifices temporaires dont il faut prévoir de sortir dès l'élaboration des démonstrations, de telles démonstrations devant être restituées dans la réalité des continuums hétérogènes des systèmes écologiques.

Accepter cette réalité c'est aussi admettre qu'un travail scientifique correctement conduit dans un dispositif de laboratoire, ayant une bonne reproductibilité, ayant par rapport aux conditions choisies une bonne réfutabilité, perd cette propriété si on extrapole ses résultats dans un autre contexte et notamment dans le champ écologique.

Aujourd'hui, nous disposons des outils nous permettant enfin de ne plus être obligés, comme nous le fûmes il y a deux ou trois décades, à faire des choix arbitraires. Nous pouvons sortir de ce cercle vicieux, savoir qu'une donnée a bien été circonscrite arbitrairement mais qu'elle est non isolée, décrivant une part du complexe et peut itérativement être réutilisée dans des dizaines d'interprétations extemporannées, se situant dans des échelles d'espace-temps variées.

Pour cela évidemment, il faudrait sortir des bornes des pratiques usuelles et admettre que tout chercheur ou technicien qui de près ou de loin agit, ou crée des moyens d'action, sur notre environnement, doit utiliser un minimum de langage commun indispensable pour pratiquer une écologie opérationnelle propre à réduire puis prévenir les "problèmes d'environnement".

Imagine-t-on un chimiste qui ne connaisse ni la définition de sa discipline, ni les éléments les plus fréquents du tableau de Mendeleïev, ni le concept de molécules ou de réaction chimique ? Il est malheureusement ordinaire de voir des agronomes, environiciens ou écologues ignorer le sens exact des mots écologie, écosystème,... données écologiques... Une centaine de concepts sont nécessaires pour l'échange transdisciplinaire ; est-ce trop ? Peu de gens font la différence entre biocénose, biotope ou milieu ; échantillon, prélevat ou prise, ...

mais verra-t-on un chimiste confondre plomb, zinc, hydrogène, voire urée Croit-on vraiment que l'on résoudra les problèmes d'environnement continuant de ne pas pratiquer l'écologie comme une science dure, exacte, al qu'il suffit de maîtriser une centaine de termes-concepts pour le faire ? Pc cela aussi, il faut comprendre que l'intégration effective des connaissances l'approche systémique, tant pour l'écologue et l'environicien, exige une mise oeuvre d'une informatique performante. L'ordinateur est à l'écologue (et l'environicien) ce que l'accélérateur de particule est au physicien nucléair Nous ne maîtriserons pas le "complexe" sans cet outil et une parfaite maîtri: conceptuelle des pratiques permettant l'indispensable synthè: transdisciplinaire.

Cette complexité est toutefois descriptible, elle touche des donnée directement accessibles sans accélérateur de particules ou supertélescope. Ell est observables par la chimie, la physique et la biologie banalement dans u espace euclidien et dans un cadre newtonien. Nous n'avons pris qu'un retar remarquable par rapport aux moyens de traitement de cette informatio proximale en maintenant l'organisation de son acquisition, de sa gestion et d son interprétation avec les outils anachroniques pré-informatiques (ou ceux d l'informatique classique) accompagné d'une sémantique confuse. Pour *cette* seule *raison le complexe*... reste inabordablement complexe.

Toujours est-il que nous sommes à la fois armés pour aborder ces problèmes et en stagnation **<<Certaines découvertes scientifiques altèrent profondément notre vision du monde. Mais la prise de conscience est souvent lente. Les connaissances nouvelles doivent d'abord s'imposer. Leur influence doit pénétrer largement les couches de la pensée contemporaine. Cela peut prendre des décennies>>** (H. Reeves, 1990). En fait, il nous faut organiser un savoir très accessible, proximal mais perçu comme très complexe.

Avons-nous le temps de **<<prendre des décennies>>** pour cette **<<connaissance nouvelle>>**, pour ce changement de paradigme ?

Ou devons-nous accélérer l'inévitable mutation de la communauté technique et scientifique ?

Il est inconstestable que la mobilisation de la communauté des techniciens, des scientifiques et des amateurs, collectant de l'information dans notre environnement, est indispensable pour que cesse la perte de l'information acquise objective (DICs) puis perdue... directement, après traitement infructueux ou après fossilisation dans des articles ou rapports, etc.. Il est évident que des démonstrations concrètes et applicables, doivent montrer combien nous gagnons en rigueur et disponibilité en acceptant d'exposer les démarches dans des Systèmes d'Expertise, où données numériques et appréciations qualitatives se côtoient et se renforcent. Que ces explicitations,

nécessairement enchaînées dans un langage dépouillé, se prêtent aux traductions linguistiques indispensables dans une Europe où tous les pays sont trop petits pour prétendre fédérer tous les spécialistes nécessaires à notre environnement.

La communication vers le grand public mais aussi par l'exemplarité vers une riche communauté de naturalistes et techniciens doit être promue si l'on veut optimiser par les moyens informatiques modernes et l'Intelligence Artificielle notre gestion de l'environnement.

Cela ne se fera pas sans mobiliser les données objectives, l'intelligence naturelle et l'optimisation des échanges critiques entre les divers spécialistes qui ont à connaître un secteur de l'environnement. Cette mise en commun est le moyen le plus sûr pour mettre à disposition des décideurs sous forme optimisée pour la communication le meilleur état de l'art en un moment donné.

BIBLIOGRAPHIE

BOUCHE, M.B., 1980 - Discussion d'écologie. IV. L'écologie ? Doc. lab. zooécol., 6, 1-21.

BOUCHE, M.B., 1990 - Ecologie opérationnelle assistée par ordinateur. Masson, Paris, 1-572.

HAECKEL, E., 1866 - Generelle Morphologie der Organismen. Tome 2 : Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen oder Wissenschaft von den enstehenden organischen Formen. Ed. G. Reiner, Berlin, 1-574.

REEVES, H., 1990 - Malicorne. Ed. du Seuil, Paris, 1-213.

SOTO, P., 1990 - ECORDRE : Une base de données relationnelles pour toutes données agro-écologiques. Lettre d'information trimestrielle CNUSC, 35, 19-26

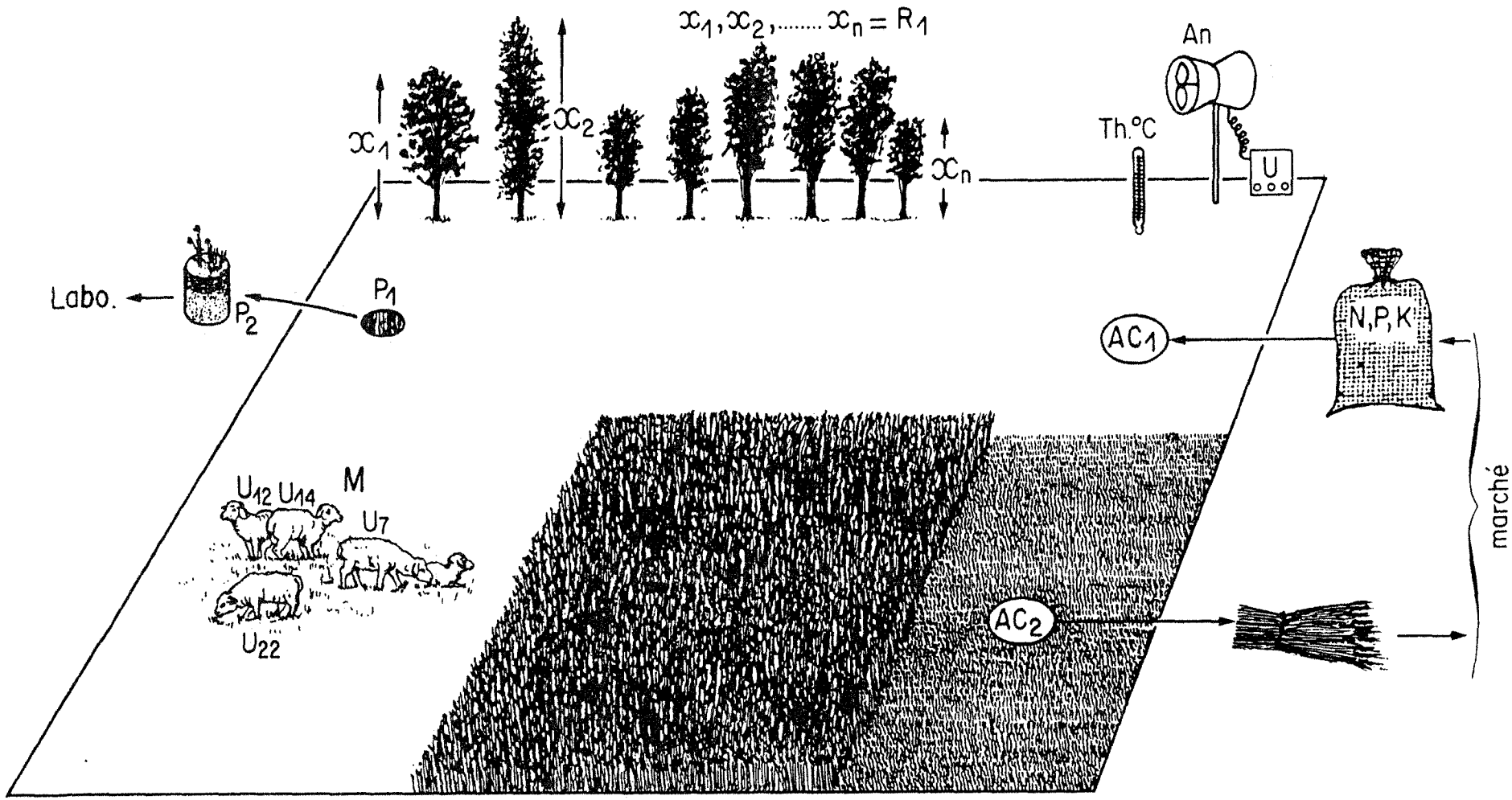
Nota : Cette note reprend des arguments et des développements publiés dans le Bulletin de la Cellule Environnement de l'INRA (1991) sous le titre : " Pour une écologie opérationnelle permettant une agronomie intégrée respectueuse de l'environnement".

Légende des figures

Figure 1 :
Les données acquises dans un écosystème quelconque ont trait à des variables décrivant son état, tels la taille des arbres (x_1, x_2, ...), le nombre de moutons $(U.)_n$, la composition d'une prise (P) de sol ou la température (Th) ou traduisant des échanges tels ceux du vent (A_n), des actes humains non intentionnels ou volontaires, tel l'apport d'engrais (Ac1) ou la récolte (Ac2). Enfin les suisis en fonction du temps et de l'espace sont nombreux (croissance végétale R, états successifs de chaque animal, U_{12}, U_7, ...). (D'après M. Bouché, 1990).

Figure 2 :
Chaque DIC (donnée) est <u>reliée</u> par les liens décrits dans une base de données relationnelles ce qui permet de la retrouver, d'en connaître la signification, de l'associer à d'autres données. Elle a trait à une caractéristique (ex : le pH de l'eau), elle-même mesurée par une technique décrite (DT) ; elle a été obtenue par un organisme, un technicien, un objectif, ... (décrit dans les liens de motivation) et se rapporte à un objet (= prélevat) ayant ses propres limites spatiales et temporelles (cotes) et situé dans l'espace-temps (situation). L'identificateur permet d'éviter la répétition de constantes lorsque l'on répète l'observation de variables sur les mêmes objets (d'après M. Bouché, 1990).

Marcel BOUCHE
INRA Montpellier


$x_1, x_2, \ldots\ldots x_n = R_1$
x_1
x_2
x_n
An
Th.°C
U
Labo.
P_2
P_1
AC_1
N,P,K
M
U_{12} U_{14}
U_7
U_{22}
AC_2
marché

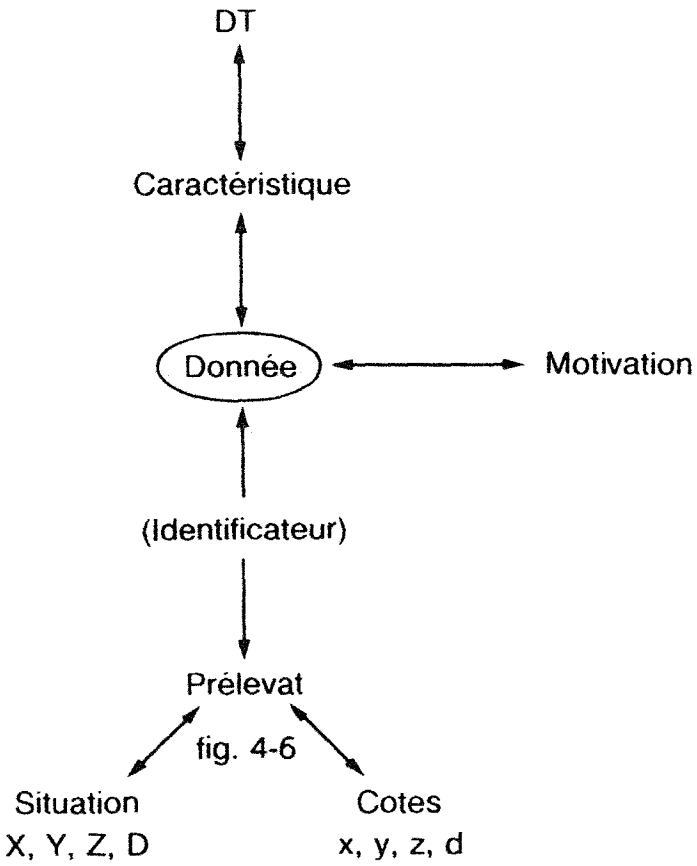

DT
Caractéristique
Donnée
Motivation
(Identificateur)
Prélevat
Situation
X, Y, Z, D
Cotes
x, y, z, d

fig. 4-6