



Les systèmes experts, une aide au diagnostic en forêt ?

Jean Bachacou, Jean-Luc Dupouey

► To cite this version:

Jean Bachacou, Jean-Luc Dupouey. Les systèmes experts, une aide au diagnostic en forêt ?. Revue forestière française, 1988, 40 (S), pp.149-155. <10.4267/2042/25928>. <hal-03424741>

HAL Id: hal-03424741

<https://hal.science/hal-03424741v1>

Submitted on 10 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

LES SYSTÈMES EXPERTS, UNE AIDE AU DIAGNOSTIC EN FORÊT ?

J. BACHACOU - J.L. DUPOUEY

Les diagnostics en forêt, dans leur diversité, font appel à une somme de compétences ; ils nécessitent fréquemment l'intervention d'experts qui ne sont pas toujours, ni partout, disponibles ; les connaissances mises en jeu sont enfin d'une nature qui rend difficile leur vulgarisation. Que l'informatique annonce une approche nouvelle, avec les « systèmes experts », mérite donc attention.

Écoutons un expert exposer sa méthode de diagnostic, puis observons-le en situation réelle : on s'apercevra bien vite qu'il n'a pas tout dit, ou procède autrement qu'il n'a dit. Le propre de l'expert c'est, en effet, de parvenir rapidement à une « bonne » solution, ce qui ne veut pas dire la seule ni la meilleure. S'il peut justifier son diagnostic, après un temps de réflexion, il ne sait pas forcément expliquer la sorte d'intuition, les raccourcis qui l'ont d'abord dirigé vers l'hypothèse.

C'est ainsi qu'il sous-entend d'innombrables connaissances « de bon sens », il s'inspire du contexte, d'analogies ; il apprécie en permanence l'incertain et le contradictoire. On comprend que ce savoir-faire, acquis par l'expérience, soit difficile à exprimer et, le cas échéant, à utiliser ; c'est tout l'intérêt des systèmes experts que d'en fournir un nouveau mode d'expression et de mise à disposition.

Conçus pour mettre en œuvre des connaissances dans un domaine donné d'expertise, les systèmes experts se sont illustrés précisément en matière de diagnostic, de la médecine (dès 1974) à la pathologie végétale. Ils ont pour effet de reproduire les conditions d'un dialogue avec l'expert, par le biais d'un clavier et d'un écran, à la manière d'une consultation téléphonique ; ils y parviennent d'autant mieux qu'ils renferment plus de connaissances dans un domaine limité. Même si leur comportement se détériore brutalement dès qu'on sort du champ prévu et s'ils sont en général incapables d'apprendre par eux-mêmes, les réalisations actuelles sont d'ores et déjà convaincantes.

L'EXEMPLE DE L'AGRONOMIE

Un important projet de systèmes experts en pathologie végétale (projet « SEPV ») a été entrepris en 1985 par l'INRA, avec la participation du service de Protection des Végétaux et le concours d'une société spécialisée, Cognitech. L'objectif était de produire un ensemble significatif de systèmes d'aide au diagnostic, dont la diffusion valorise le savoir-faire de l'INRA, tout en acquérant la technologie avec la formation des « cogniticiens ».

Menée par une équipe de huit personnes et impliquant de nombreux experts, l'opération se traduit par une quinzaine de systèmes capables de faire le diagnostic des maladies, carences et principaux accidents culturels sur les cultures suivantes :

- grandes cultures : blé, maïs, betterave, tournesol, pomme de terre ;
- cultures maraîchères : tomate, melon ;
- cultures horticoles : œillet, pelargonium ;
- vigne ;
- arboriculture : pêcher, pommier, poirier ;
- fruits et légumes en conservation : pommes, poires, pommes de terre.

Suite à l'expérimentation et la validation sur le terrain des systèmes, une version commercialisable, accessible par minitel, est en cours d'implantation sur un serveur spécialisé. Les prolongements du projet concernent la diffusion par serveur ou sur micro, les mises à jour, voire l'usage du vidéodisque pour joindre l'image au dialogue écrit...

Originale par ses produits en vraie grandeur, sa destination extérieure à l'INRA et sa diffusion de type grand public, cette réalisation constitue dès à présent un encouragement et un enseignement susceptibles de s'appliquer au diagnostic en forêt.

QU'EST-CE QU'UN SYSTÈME EXPERT ?

Par rapport aux logiciels traditionnels, le système expert se distingue d'abord par sa structure caractéristique, comprenant :

- un « moteur d'inférences », qui assure le mécanisme de raisonnement ;
- une « base de connaissances », spécifique au domaine d'expertise ;
- enfin une « base de faits », qui se constitue au cours de chaque consultation, à partir des données et des déductions successives.

La séparation délibérée entre programme et connaissances, qui permet d'utiliser le même moteur pour différentes applications, contribue aussi à des propriétés précieuses de la base de connaissances : constituée en principe d'éléments indépendants les uns des autres, donc facile à faire évoluer, accessible et lisible...

Pour donner un aperçu du fonctionnement, considérons un mode de représentation des connaissances largement répandu en matière de diagnostic, celui des « règles de production ». Une règle est une expression de la forme :

SI < conditions > ALORS < conclusions >

où les conditions sont des faits et les conclusions peuvent être des actions à déclencher ou des déductions, hypothèses, nouveaux faits...

Cette représentation, qui permet le raisonnement par déduction logique, se prête également à la prise en compte de connaissances incertaines. Par exemple :

SI mois de juillet
et jaunissement du feuillage
et feuilles cassantes

ALORS jaunisse virale probable (à 50 %)

La conclusion est ici pondérée par un coefficient de « vraisemblance » de 50 % ; d'autres règles sont susceptibles, au cours de la consultation, de venir renforcer ou affaiblir ce résultat par une certaine combinaison des pondérations successives.

Ces règles déterminent un réseau de relations entre tous les faits possibles, aboutissant aux « buts » que sont les diagnostics prévus dans la base. En pratique, il s'agit d'un réseau complexe voire inextricable, qui n'est pas destiné à être parcouru à vue, contrairement à une clé de détermination. C'est précisément le rôle du moteur que d'élaguer les branches inutiles et de tracer un cheminement convenable, menant à une solution.

À cet effet, le raisonnement peut être mené suivant deux modes, généralement menés en alternance, comme il arrive dans les allers-retours du raisonnement humain :

— guidé par les données : il s'agit de déduire de nouveaux faits à partir des faits déjà connus ; soit, en « chaînage avant », déclencher les règles dont les conditions sont satisfaites ;

— guidé par les buts : il s'agit de résoudre chaque but à partir de sous-buts plus accessibles ; soit, en « chaînage arrière », détecter les règles concluant sur le but considéré et chercher à les déclencher, chaque condition à satisfaire devenant à son tour un but à résoudre.

Ce déroulement s'exprime en même temps, pour l'utilisateur, par un échange conversationnel qui sera d'autant plus apprécié qu'il sera direct et cohérent. Le fait d'avoir la maîtrise du raisonnement est un facteur propice au guidage harmonieux du dialogue ; aussi le système expert est-il par nature un logiciel enclin à la convivialité.

L'ACQUISITION DE L'EXPERTISE

Cette phase cruciale de la réalisation met en jeu le rôle actif du cognitif pour « accoucher » les connaissances et les mettre en forme dans la base. Le principe même des règles de production incite à rentrer en vrac les parcelles de connaissances dans la base. Il s'avère pourtant nécessaire de les organiser avec méthode, tant pour guider leur collecte que pour contrôler le raisonnement et assurer la cohérence du dialogue.

Ainsi l'expérience de la pathologie a conduit à définir et situer les concepts par rapport au schéma suivant :

- Ce qui oriente vers un diagnostic : contexte, type de symptômes, descriptifs de portée générale ;
- Ce qui détermine : des symptômes ;
 - Il s'agit aussi bien de caractères précis et détaillés, de descriptions globales, de reformulations...
 - Sont répertoriés les symptômes caractéristiques, ceux nécessaires et dont l'absence est significative, ceux qui suffisent à conclure ou seulement y contribuent etc...

- Sont également repérés les cas propices aux confusions ou au diagnostic multiple...
- Ce qui confirme :
 - tout l'accompagnement habituel du diagnostic, des indices qui rassurent l'expert ;
 - des éléments de causalité : vérifications de bon sens, caractères explicatifs ou favorables (conditions agroclimatiques, sol, histoire...).

Une telle structuration permet d'une part la définition de paquets de connaissances indépendants, faciles à maîtriser, d'autre part le contrôle par étape du déroulement de la consultation : après qu'une description d'ordre général, couvrant « en largeur » de nombreux buts, ait opéré un premier élagage des possibilités, le dialogue se focalise et s'approfondit à mesure qu'un diagnostic se précise.

Dès que possible, le système est mis en œuvre sur de nombreux cas en vue de sa validation. L'expérience montre qu'il est relativement facile d'obtenir de bons résultats avec l'expert ou son entourage, sur des cas rapportés de mémoire. En revanche, la pratique en conditions réelles provoque généralement une profonde remise en question.

Il y a en effet irruption d'une variabilité considérable, celle des phénomènes biologiques, celle aussi des utilisateurs dans leur façon de comprendre, percevoir, s'exprimer ; il faut donc prévoir et multiplier tous les chemins menant au diagnostic. Il y a en même temps émergence de connaissances, souvent décisives mais inexprimées avant cette mise en situation.

C'est donc par un véritable apprentissage que se poursuit l'acquisition des connaissances : en cherchant à résoudre une succession de cas réels, dans des conditions où interagissent consultation, expertise et système expert. La construction pas à pas est d'ailleurs un trait typique de la démarche.

Il s'ensuit que la réussite d'un système expert dépend d'un processus à plusieurs intervenants, dans lequel l'expert doit s'impliquer durablement, avec un rôle fondamental mais sans être toujours le mieux placé pour extraire son propre savoir-faire.

ENTREPRENDRE UN SYSTÈME EXPERT ?

Quel que soit l'intérêt du sujet, il convient de s'assurer par avance que l'entreprise est bien faisable et opportune. Faut-il le rappeler ? La condition première est de disposer d'une véritable expertise et des experts eux-mêmes.

Les objectifs sont-ils réalistes, compte tenu de la nature du problème et des moyens disponibles ? L'exemple d'applications analogues apporte des éléments de réponse ; la confection d'une maquette, essai limité de réalisation, permettra au besoin de jauger les difficultés à surmonter. À présent, le choix d'un moteur approprié peut généralement être satisfait par les produits de développement du marché ; de même un micro-ordinateur peut s'avérer suffisant. On gardera d'autant mieux à l'esprit ce principe : que la puissance finale du système expert sera celle des connaissances contenues, et non celle du moteur.

Enfin, l'enjeu est-il en rapport avec le coût de l'opération ? Le système expert se justifiera principalement s'il permet de démultiplier l'action d'experts rares ou éloignés, ou de recueillir l'héritage d'experts en partance. De telles situations, précisément, se rencontrent dans le domaine du diagnostic en forêt.

APPLICATIONS AU DOMAINE FORESTIER

Aucun système expert n'est actuellement opérationnel, à notre connaissance, dans le domaine forestier. Pourtant les applications envisageables sont nombreuses : on peut les regrouper selon leur domaine d'intervention en quatre catégories :

Identification

Les problèmes d'identification et classification sont typiquement abordés par les systèmes experts.

En forêt, un système d'aide à la reconnaissance des espèces herbacées diagnostiques des groupes écologiques pour la typologie des stations forestières serait un outil complémentaire du catalogue des stations, en particulier pour les groupes botaniques réputés « difficiles » tels les Graminées ou les Carex.

De même, la cartographie des stations qui succède à l'élaboration du catalogue, nécessite la réalisation de nombreux relevés simplifiés des caractères diagnostiques des types de stations, puis leur rattachement aux unités définies dans le catalogue. Un système expert peut permettre une aide informatisée à cette identification des stations.

Notons aussi, en xylologie, la reconnaissance des bois, en particulier tropicaux, qui est fonction de nombreux paramètres tant macroscopiques que microscopiques.

Ces problèmes d'identification sont actuellement résolus par l'emploi de clés. Or, la plupart des clés peuvent être avantageusement remplacées par un système expert, beaucoup plus souple. En effet, une clé se caractérise par l'échec en cas d'erreur sur son parcours, l'obligation de répondre aux choix proposés, des allers-retours nombreux, alors que le système expert est tolérant aux erreurs, permet des réponses incertaines et parcourt un chemin d'identification transparent pour l'utilisateur.

Diagnostic et prescription

Les systèmes experts en diagnostic au sens strict, qui mettent en évidence les dysfonctionnements d'un système en fonction des observations fournies, sont les plus courants actuellement.

Dans le prolongement des systèmes déjà réalisés à l'INRA, la pathologie/entomologie des arbres forestiers est l'application la plus évidente, pas nécessairement la plus intéressante. On pourrait continuer ce qui a été fait pour le projet SEPV, essence par essence, en choisissant d'abord les espèces pour lesquelles il existe une pathologie abondante et bien connue, telle le Peuplier. Plus adapté au domaine forestier serait de réaliser un système généraliste capable de prendre en compte de nombreuses espèces et une large gamme de pathologies (à la limite, système expert en dépérissement forestier).

L'analyse foliaire, où de nombreux facteurs (région, âge de l'arbre, chimie du sol...) viennent modifier les normes d'interprétation établies pour chaque espèce, est un champ prometteur d'application des systèmes experts.

Le diagnostic de fertilité du sol à partir de sa description morphologique et de son analyse chimique est une autre application possible. Quelques systèmes informatisés classiques ont d'ailleurs été réalisés pour ce problème dans le domaine agronomique. L'intégration de plusieurs expertises dans un même système expert permettrait d'ailleurs de combiner ce problème avec le précédent.

Un domaine de diagnostic non abordé lors de ces journées est celui des traitements phytocides. Ici, contrairement aux précédents, l'aspect prescription domine largement le diagnostic. Il faut prendre en compte un arbre de décision qui inclut des informations sur l'âge du peuplement, l'adventice visée, les essences à respecter, le coût des herbicides... et fournit des informations sur les matières actives à employer, les doses, des conseils sur l'époque de traitement, les modes d'application... L'approche système expert est particulièrement utile pour la mise à jour régulière des informations disponibles sur les nouveaux produits.

Planification. Aide à la décision

C'est certainement le domaine le plus prometteur en foresterie. Les systèmes experts peuvent intervenir à tous les stades de l'aménagement forestier, et plus particulièrement au niveau des prises de décisions.

Les données issues de l'analyse préalable à l'aménagement peuvent être informatisées : inventaires quantitatifs des peuplements et description du milieu. À partir de là, un système expert est particulièrement adapté à proposer divers scénarios, tant sur les buts à atteindre (forêt de production, de protection...), que pour le choix des essences, leur répartition, les modalités de l'organisation des coupes dans le temps et dans l'espace.

En effet, à côté de connaissances purement mathématiques sur la croissance des peuplements, les décisions d'aménagement nécessitent la manipulation de nombreuses connaissances symboliques : risques phytosanitaires, aptitude des peuplements à la régénération, impact du gibier, types de stations...

De tels systèmes experts devraient donc être guidés dans leur raisonnement par l'utilisation de modèles dendrométriques purement algorithmiques (simulation numérique de la croissance des peuplements ou de la qualité technologique du bois, optimisation de contraintes financières...), en complément de leurs connaissances symboliques.

Si l'on prend par exemple le cas du choix de l'essence pour un reboisement ou l'orientation d'une sylviculture, on pourrait s'appuyer sur un système expert confrontant une base de connaissances sur l'autécologie des essences à une base de faits décrivant l'écologie d'une station à reboiser. Dans un premier temps, la base de connaissance serait constituée de données générales sur l'autécologie des essences, enrichies par la suite des résultats issus des études de liaisons stations-production.

Les directives d'aménagement sont toujours fortement régionalisées et d'autant meilleures que celui qui les énonce a une longue expérience de la région. Les systèmes experts permettraient ainsi de conserver cette expertise acquise sur le terrain à travers les rotations de personnels, départs à la retraite...

Enseignement

Les systèmes experts envisagés précédemment peuvent aussi être utilisés à des fins d'enseignement, dans la mesure où ils sont dotés de capacités d'explication du raisonnement suivi.

CONCLUSIONS

Les méthodes informatiques sont désormais appropriées à la mise en œuvre des connaissances, telles qu'en requiert le diagnostic en forêt. Des exemples d'applications forestières ont été pris

Les systèmes experts, une aide au diagnostic en forêt ?

dans des domaines pour lesquels l'expertise et la prise de décision se pratiquent déjà couramment et donc pour lesquels une connaissance suffisante existe avec des experts connus.

Il s'agit maintenant de juger de l'intérêt de tels projets et de prendre en main leur réalisation ; cela concerne notamment les organismes chargés de la valorisation et du développement.

J. BACHACOU
Station de Biométrie

J.L. DUPOUEY
Laboratoire de Phytoécologie forestière

CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES (INRA)
BP 35
CHAMPENOUX 54280 SEICHAMPS

BIBLIOGRAPHIE

ANDRO (T.), BACHACOU (J.), DELHOTAL (P.), FAYET (G.), LE RENARD (J.), RELIER (J.P.), THIOLON (C.).— Un ensemble de systèmes experts pour l'aide au diagnostic des maladies des plantes cultivées en France.— 7^e Journées internationales. Les systèmes experts et leurs applications, Avignon, 1987.— EC2.— Vol. 1 pp. 173-186.

BONNET (A.), HATON (J.P.), TRUONG-NGOC (J.M.).— Systèmes experts, vers la maîtrise technique.— Interéditions.

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE.— *La Recherche*, n° 170, octobre 1985.
