

L'INFORMATIQUE PROFESSIONNELLE EN BIOLOGIE ET GÉOLOGIE : QUELQUES APPORTS AU RENOUVELLEMENT DE L'ENSEIGNEMENT

Naoum SALAMÉ

1. INTRODUCTION

L'enseignement de la biologie et de la géologie est confronté depuis longtemps à l'évolution des connaissances scientifiques. L'intégration de nouvelles connaissances pose des problèmes de volume et de répartition entre les différents cycles, mais c'est surtout l'enseignement effectif des savoirs actuels qui devient difficile. En effet, les connaissances ont progressé dans des domaines tels que celui des mécanismes cellulaires et moléculaires, et celui des relations systémiques entre les êtres vivants et leur milieu ; l'approche globale des phénomènes liés à la tectonique des plaques et les mécanismes physico-chimiques à l'origine de la formation des roches sont introduits dans l'enseignement ; il en est de même des biotechnologies qui deviennent des procédés majeurs dans l'amélioration des rendements en agriculture et des techniques de transformation et de conservation dans l'industrie agro-alimentaire.

On voit que l'intérêt porte maintenant sur des notions difficiles à observer et à illustrer : ni les écosystèmes, ni les mécanismes biochimiques, ni les contraintes économiques ne peuvent être mis aisément à la portée des élèves, sans parler de la difficulté de réalisation de travaux pratiques en géologie. De plus, l'inaccessibilité de matériels de laboratoire adaptés (microscopes modernes, spectrophotomètres, isotopes radioactifs, matériels d'électrophorèse, de chromatographie, etc.) contribue au glissement vers un enseignement de plus en plus théorique.

C'est en prenant en considération ce contexte que nous avons lancé ce projet de recherche dont les objectifs sont d'étudier de quelle manière l'informatique peut contribuer à outiller et à renouveler l'enseignement, et à faire accéder les élèves, en fonction de leurs capacités dans les différents cycles, aux explications et aux activités scientifiques actuelles.

2. LA CONTRIBUTION DE L'INFORMATIQUE

Le recours aux nouvelles technologies dans l'enseignement de la biologie et de la géologie est une nécessité depuis longtemps. Pour nous en tenir à l'informatique, plusieurs modalités d'exploitation des ordinateurs ont déjà été expérimentées, qu'il s'agisse de la simulation, du traitement de données, de l'analyse d'images numériques, ou bien de la connexion des ordinateurs à des instruments de mesure qui a ouvert la voie à l'expérimentation assistée par ordinateur.

La ligne directrice que nous avons adoptée dans ce projet est plutôt d'examiner dans quelle mesure l'informatique permet d'opérer un rapprochement avec les applications de la biologie et de la géologie en apportant des outils professionnels performants et en introduisant des méthodes d'approche nouvelles utilisées dans la recherche et dans l'industrie. A cette fin, il est indispensable d'entrer en contact avec ces milieux professionnels et d'identifier avec eux les pratiques efficaces, pour déboucher sur le choix et l'expérimentation d'instruments adaptés aux sujets à traiter.

Nous avons ainsi choisi d'explorer les apports de l'informatique à l'étude de thèmes appartenant à quelques domaines majeurs tels que la génétique, la transmission de l'information dans l'organisme, la gestion des ressources renouvelables ou non renouvelables à l'échelle humaine, les conséquences de la dynamique du globe terrestre. Il n'est pas question de traiter tous ces domaines mais de sélectionner des sujets qui présentent une bonne adéquation entre leur intérêt scientifique et pédagogique et la possibilité de les aborder valablement en utilisant des ordinateurs.

Tenant compte des différentes utilisations actuelles de l'informatique, nous avons privilégié trois approches :

- * l'usage des logiciels d'aide à la décision et de diagnostic, considérant leur utilisation croissante dans le domaine agricole notamment,
- * l'approche quantitative des problèmes, en nous fondant sur la disponibilité de nombreuses banques de données publiées par les organismes scientifiques, et sur celle d'outils pour leur gestion et leur traitement statistique et graphique,
- * la représentation des phénomènes avec des images numériques, qui est une approche plus prospective, étant donné le développement de l'infographie.

3. LES DOMAINES D'APPLICATION

Sur ces bases, six équipes d'enseignants associés à ce projet travaillent actuellement sur les sujets suivants :

- La gestion des ressources en eau

Sur ce thème très actuel le travail porte, notamment, sur les problèmes que pose l'utilisation de l'eau pour l'irrigation. Deux aspects qui correspondent à des problématiques différentes sont abordés : l'aspect qualitatif qui concerne les caractéristiques physico-chimiques et biologiques de l'eau, et l'aspect quantitatif qui repose sur la mesure des quantités d'eau stockées et sur l'évaluation des flux d'entrée et de sortie (précipitations, débits). L'étude de ce thème avec l'aide des moyens informatiques s'appuie, d'une part, sur les banques de données quantitatives et qualitatives disponibles (origine : météorologie nationale, agences de bassin, directions départementales sanitaires et sociales, etc.), et, d'autre part, sur les logiciels généraux de traitement et de visualisation graphique (tableurs, grapheurs, SGBD, intégrés).

- L'exploitation et la surveillance des sites et des ouvrages en génie civil

Les logiciels utilisés par les chercheurs et les professionnels couvrent ici trois domaines interdépendants : la lithologie et la structure des sites, leur hydrogéologie et la métrologie des ouvrages. A partir des outils existants, qui sont assez techniques, deux logiciels plus adaptés à l'enseignement sont en cours de conception. Ils permettront d'aborder des notions relatives à la stabilité et la résistance mécanique des terrains, la gestion des ressources en eau, l'explication des caractères physico-chimiques de l'eau des nappes, ainsi que les risques de pollution par déversement d'un réservoir dans un autre. Ceci passe par la quantification de concepts classiques (tels que la cohésion, la solubilité, la circulation de l'eau, les pressions interstitielles), et l'introduction de nouveaux concepts (tels que les coefficients d'élasticité ou de sécurité).

- L'étude géologique du pourtour méditerranéen

Les techniques d'investigation de la croûte terrestre, continentale et océanique, ont permis d'accumuler de nombreuses informations issues d'observations directes, de forages et de mesures physiques et chimiques très précises. En s'appuyant sur les images de télédétection et sur les banques de données sismiques, gravimétriques, volcaniques, l'étude des

conséquences de la dynamique du globe sur le pourtour méditerranéen est entreprise. La subduction qui s'observe dans la mer Égée constitue un premier site de travail. Les données relatives à d'autres types de subduction et à d'autres conséquences de la tectonique terrestre, dans différentes régions, seront réunies ultérieurement.

Plusieurs logiciels professionnels sont disponibles qui permettent de faire réaliser aux élèves la démarche suivante : mise en évidence de l'existence de failles à partir du traitement et de la visualisation graphique des données topographiques, bathymétriques, gravimétriques et sismiques, ce qui amènera ensuite à des tentatives de modélisation de la structure de la lithosphère dans la région.

- L'amélioration des rendements végétal et animal

C'est un domaine où l'informatique connaît une utilisation croissante et où de nombreux logiciels d'aide à la décision sont devenus disponibles, pour optimiser les travaux, gérer les exploitations, améliorer les rendements, etc. S'agissant de l'amélioration du rendement végétal par fertilisation, on s'appuie sur un logiciel dont le but est de rationaliser l'utilisation d'engrais, notamment celle de la fumure azotée. Dans le domaine de l'amélioration du rendement animal, on a recours à un logiciel d'aide au choix d'une alimentation adéquate, que le but soit d'augmenter la production en lait ou en viande ; ce logiciel permet la mise en évidence des caractéristiques énergétiques des aliments utilisés, et des stratégies différentes de conduite d'une alimentation suivant l'objectif quantitatif ou qualitatif choisi. Dans les deux domaines, à partir de situations concrètes, il s'agit d'expliquer les fondements biologiques, les raisons économiques et les conséquences écologiques des pratiques professionnelles.

- La transmission de l'information dans l'organisme

Dans le domaine restreint de la transmission de l'information nerveuse, l'inventaire des outils informatiques disponibles montre qu'il existe plusieurs logiciels qui modélisent la transmission électrique de cette information le long de la fibre nerveuse. Ces logiciels sont dans l'ensemble assez riches. Le travail porte sur leur analyse afin de déterminer les parties transférables dans l'enseignement, notamment en ce qui concerne le potentiel d'action, les échanges ioniques et leurs mouvements à travers la membrane. En complément, sont entreprises la conception de travaux pratiques de spectrophotométrie pour mettre en évidence les flux d'ions, et la constitution d'une base de données moléculaires qui

comporterait des informations sur l'ensemble des molécules auxquelles l'enseignement de la biologie fait appel.

- Les bases de données moléculaires et épidémiologiques

En plus des banques de données auxquelles font appel les différents domaines déjà évoqués, nous travaillons sur deux ensembles de données qui présentent un intérêt particulier pour l'enseignement :

- * les banques de données internationales qui regroupent des milliers de séquences d'ADN, d'ARN, et de protéines. Ces données sont utilisables pour étudier l'expression de l'information génétique en relation avec la structure d'un gène et ses modalités de transcription et de traduction, ou pour analyser l'évolution des êtres vivants à partir d'informations moléculaires. Plusieurs logiciels d'exploitation de ces données ont été réunis.
- * les données épidémiologiques : plusieurs banques, issues généralement des recherches de l'INSERM, présentent des dimensions qui peuvent être reliées aux concepts fondamentaux enseignés, ou utilisées dans le cadre d'une éducation à la santé. Ces données se prêtent bien au traitement statistique ; elles peuvent donc servir à y initier les élèves à partir de problèmes réels.

4 - CONCLUSIONS PROVISOIRES

Ce projet a déjà franchi deux phases : celle de l'inventaire des outils disponibles et accessibles sur les différents thèmes retenus, et celle de la sélection et de l'analyse de ceux d'entre eux qui présentent, a priori, les meilleures potentialités. A l'issue de ces phases nous avons la confirmation qu'il existe bien des outils professionnels susceptibles de faciliter l'enseignement, dans certains cas, et de renouveler les approches, dans d'autres.

Nous abordons maintenant la phase de la préparation des données et des logiciels de traitement réunis, pour procéder à leur utilisation expérimentale avec des élèves. Notre attention porte tout particulièrement sur l'analyse des activités proposées aux élèves avec ces outils et des capacités qu'elles requièrent.

Naoum SALAMÉ
INRP - unité informatique

RÉFÉRENCES

- (1983) *Europe 1995. Mutations technologiques et enjeux sociaux.* Rapport FAST. Futuribles.
- (1987) BERKALOFF (A), NAQUET (R), DEMAILLE (J) : *Biologie 1990. Enjeux et problématiques.* CNRS.
- (1989) SALAME (N) : *Logiciels professionnels, banques de données, images numériques : de nouvelles aides didactiques dans l'enseignement de la biologie ?* Actes des XI^{es} JIES. GIORDAN (A), MARTINAND (J.L.), SOUCHON (C). Université Paris VII. p. 367-372.
- (1989) BEAUFILS (D), SALAME (N) : *Quelle contribution de l'ordinateur à l'évolution des activités en classe de science ?* *ASTER*. 8. p. 55-79.
- (1990) SALAME (N), BARRERE (J), DUPONT (J.Y.), MOULIA (B) : *Using decision making software in natural science teaching.* 7th ICTE,. ESTES (N), HEENE (J), LECLERCQ (D). Bruxelles. p. 10-12.