APPROCHE DIDACTIQUE DE QUELQUES ASPECTS DU CONCEPT D'ECOSYSTEME

INTRODUCTION

Jean Pierre Astolfi

Trois articles de ce numéro d'Aster, relatifs aux notions de Milieu, de Population et de Relations alimentaires prolongent la publication d'un précédent rapport de recherche. Cette introduction développe la problématique d'ensemble qui a orienté la rédaction de ces articles, en insistant particulièrement sur les deux concepts didactiques d'objectif-obstacle et de niveau/registre de formulation.

1. L'ECOSYSTEME ET SA TRAME CONCEPTUELLE

Les trois articles qui suivent ce texte introductif exposent les problèmes didactiques respectivement posés par les notions de Relations alimentaires, de Milieu et de Population, notions qui sont mobilisées d'une façon ou d'une autre dès que l'on aborde l'étude des écosystèmes, soit consciemment comme "sous-notions" constitutives, soit implicitement comme conditions préalables nécessaires. Ils résultent de travaux conduits dans le cadre d'une recherche de l'INRP sur les procédures d'apprentissage en sciences expérimentales. Dans une précédente publication, le cadre théorique de cette recherche, illustré de nombreuses études de cas, a été décrit, notamment en ce qui concerne **l'analyse didactique de la matière** à enseigner et la mise au point de **trames conceptuelles** (1).

la trame conceptuelle d'Ecosystème : trois faces d'une pyramide

Nous reprenons ici les choses de façon plus spécifique et plus détaillée pour les trois concepts cités, chacun se présentant de façon particulière par rapport à la trame conceptuelle générale relative à l'Ecosystème, qu'il faut succintement rappeler.

Cette trame a été figurée par une pyramide dont on pourrait faire "tourner les trois faces, les mêmes données élémentaires pouvant se trouver sur les trois, mais dans une organisation d'ensemble différente qui en particularise le sens.

---

(1) Equipe de recherche ASTER. **Procédures d'apprentis sage en sciences expérimentales.** Paris. INRP. Coll. Rapports de recherche. 1985.

Chaque "face" de la pyramide est ainsi organisé autour d'une approche particulière, que l'on peut décrire en reprenant les termes du précédent Rapport de recherche :

population,

- la première, que l'on peut qualifier de démographique, consiste à étudier comment chaque espèce, animale ou végétale, se répartit dans un milieu donné.
Cette approche examine les facteurs qui permettent de comprendre le maintien, l'extension ou la disparition d'une espèce, l'ensemble de ses stratégies adaptatives...
Le concept-clé est ici celui de population.

biocénose,

- la seconde, que l'on peut qualifier de causale, consiste à examiner l'ensemble des interactions entre espèces dans un milieu donné, à rechercher un ordre dans ces relations complexes et réticulaires, à décrire leur dynamique et leur évolution.
Le concept-clé de cette approche est celui de biocénose.

écosystème (sens strict)

- enfin la troisième, à caractère beaucoup plus modélisant, met en relief le concept d'écosystème au sens strict.
Les vivants et leur milieu y sont vus comme un système dans lequel circulent des flux de matière, d'énergie et d'information qui le traversent.
Notons que si ce dernier point de vue est souvent quantitatif (calculs de productivité...), il n'en a pas l'exclusivité.

2. LES TROIS NOTIONS RETENUES ET LEUR POSITION

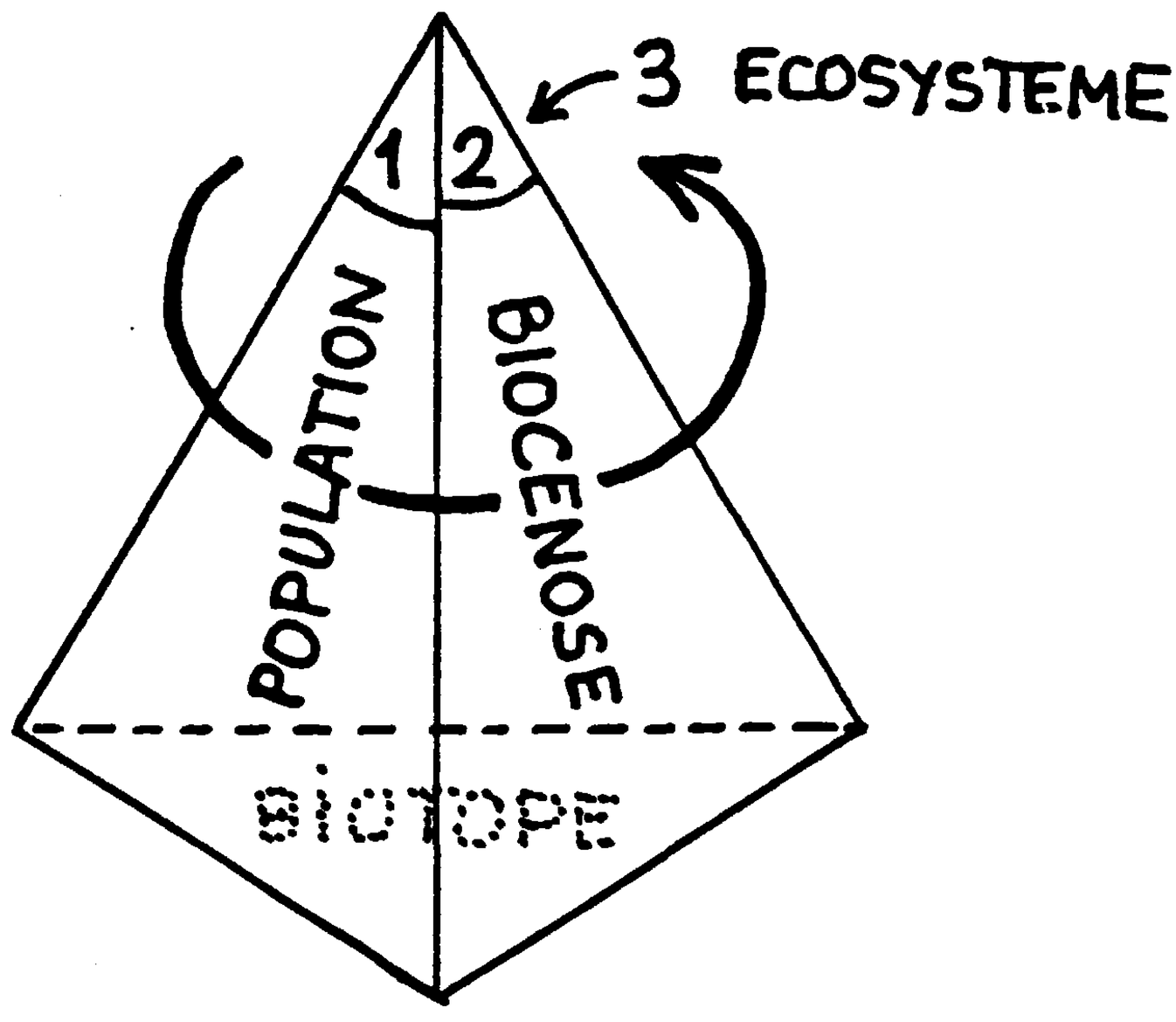
Population : l'une des faces de la pyramide

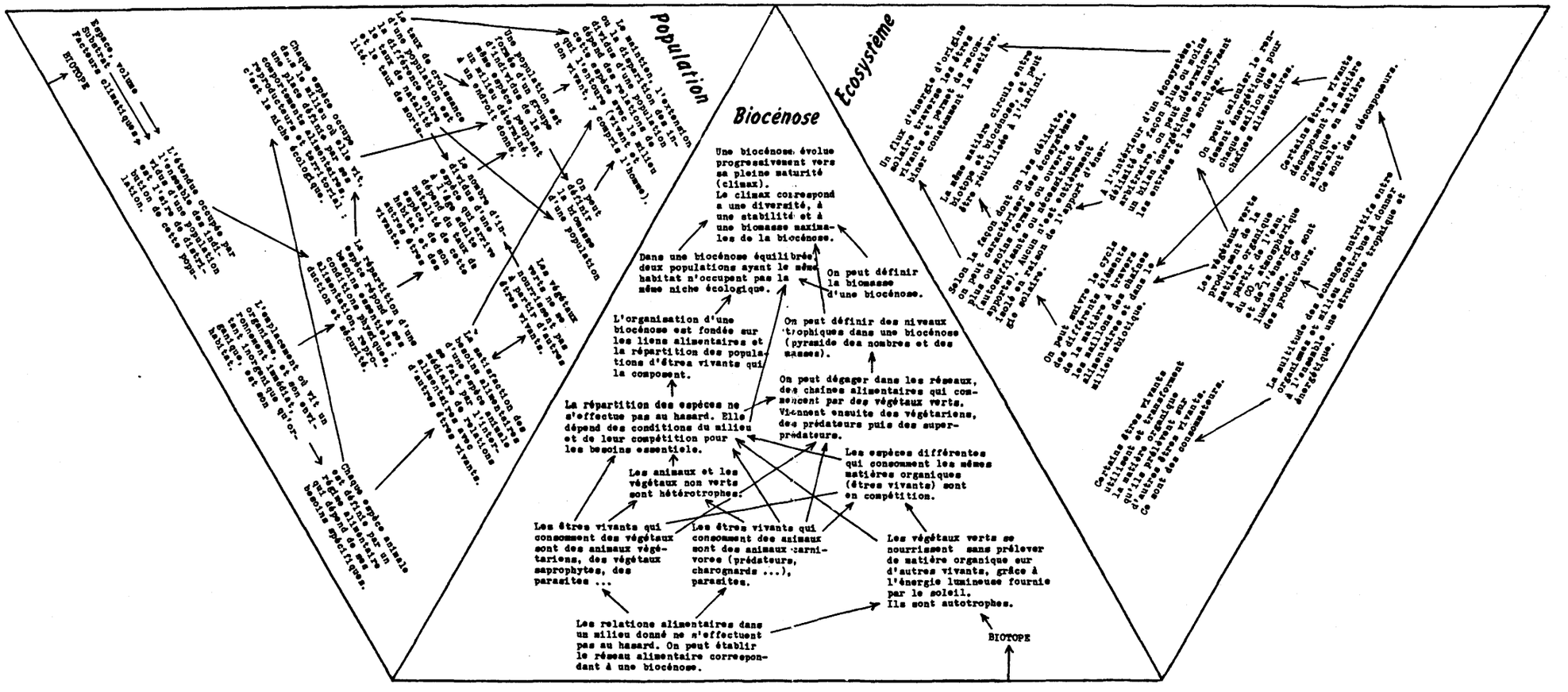
Les trois notions de Relations alimentaires, de Milieu et de Population, que nous avons retenues, ne se situent pas de manière comparable par rapport à la trame précédente. Si le concept de **Population** correspond clairement à l'une des trois faces évoquées, celui de **Milieu** est souvent sollicité dans le discours et le raisonnement sans faire l'objet d'une attention particulière. Or, l'analyse montre que les conceptions du Milieu sont diverses, qu'elles ont une histoire dans la pensée biologique et que l'évidence d'emploi de ce mot tombe dès qu'on le creuse quelque peu. En d'autres termes, il y a toujours une conception - même implicite - du Milieu en écologie et il est possible, cas par cas, d'en faire ressortir l'aspect dominant pour peu que l'on se donne une grille d'analyse. L'idée de milieu est ainsi présente-absente, transversale aux raisonnements, constamment sollicitée comme une donnée évidente, mais finalement peu élaborée et souvent même assez naïve. Elle est sous-jacente à la trame sans s'y localiser.

Milieu : transversal et sous-jacent à la trame

Autre est la situation de l'idée de **Relations alimentaires**, que l'on peut retrouver sur les trois faces de la "pyramide" :

- Sur la face "Population", elle correspond pour une


3 ECOSYSTEME
1
2
POPULATION
BIOCENOSE
BIOTOPE


Espace, volume
Substrat
Facteurs climatiques
BIOTOPE
L'étendue occupée par l'ensemble des individus d'une population est l'aire de distribution de cette population.
Chaque espèce occupe dans le milieu où elle vit, une place définie par ses comportements alimentaires, reproducteurs et territorial : c'est la niche écologique.
L'emplacement où vit un organisme est son environnement immédiat, vivant inorganique qu'organique. est son habitat.
Chaque espèce animale est définie par un régime alimentaire qui dépend de ses besoins spécifiques.
La répartition d'une espèce répond à des conditions essentielles : conditions physiques, alimentation, reproduction et sécurité.
Le taux de croissance d'une population est la différence entre le taux de natalité et le taux de mortalité.
Chaque espèce occupe dans le milieu où elle vit, une place définie par ses comportements alimentaires, reproducteurs et territorial : c'est la niche écologique.
Une population est formée d'un groupe d'individus de la même espèce, peuplant un milieu déterminé, à un endroit donné.
Le nombre d'individus d'une espèce qui arrive à vivre dépend du taux de natalité de son espèce, de son habitat, et des autres êtres vivants.
La satisfaction des besoins alimentaires d'une espèce animale est fait par l'intermédiaire des relations alimentaires avec d'autres êtres vivants.
Les végétaux verts ne se nourrissent pas à partir d'autres êtres vivants.
On peut définir la biomasse d'une population
La maintien, l'extension ou la disparition de la diversité d'une population dépend des relations de cette espèce avec le milieu qui l'entoure avec le milieu non vivant, y compris l'homme).
Population
Biocénose
Une biocénose évolue progressivement vers sa pleine maturité (climax).
Le climax correspond a une diversité, à une stabilité et à une biomasse maximales de la biocénose.
Dans une biocénose équilibrée, deux populations ayant le même habitat n'occupent pas la même niche écologique.
On peut définir la biomasse d'une biocénose.
L'organisation d'une biocénose est fondée sur les liens alimentaires et la répartition des populations d'êtres vivants qui la composent.
On peut définir des niveaux trophiques dans une biocénose (pyramide des nombres et des masses).
On peut dégager dans les réseaux, des chaînes alimentaires qui commencent par des végétaux verts. Viennent ensuite des végétariens, des prédateurs puis des super-prédateurs.
La répartition des espèces ne s'effectue pas au hasard. Elle dépend des conditions du milieu et de leur compétition pour les besoins essentiels.
Les espèces différentes qui consomment les mêmes matières organiques (êtres vivants) sont en compétition.
Les animaux et les végétaux non verts sont hétérotrophes.
Les êtres vivants qui consomment des végétaux sont des animaux végétariens, des végétaux saprophytes, des parasites ...
Les êtres vivants qui consomment des animaux sont des animaux carnivores (prédateurs, charognards ...), parasites.
Les végétaux verts se nourrissent sans prélever de matière organique sur d'autres vivants, grâce à l'énergie lumineuse fournie par le soleil.
Ils sont autotrophes.
Les relations alimentaires dans un milieu donné ne s'effectuent pas au hasard. On peut établir le réseau alimentaire correspondant à une biocénose.
BIOTOPE
Ecosystème
Un flux d'énergie d'origine solaire traverse les êtres vivants et permet de recombiner constamment la matière.
La même matière circule entre biotope et biocénose, et peut être réutilisée à l'infini.
Selon la façon dont on les délimite, on peut caractériser des écosystèmes plus ou moins fermés ou ouverts (autosuffisants ou nécessitant des apports). Aucun n'est entièrement isolé en raison de l'apport d'énergie solaire.
On peut suivre le cycle des différents éléments de la matière à travers les matières des chaînes alimentaires et dans le milieu abiotique.
À l'intérieur d'un écosystème, délimité de façon plus ou moins arbitraire, on peut déterminer un bilan énergétique en analysant les entrées et les sorties.
On peut calculer le rendement énergétique pour chaque maillon des chaînes alimentaires.
Certains êtres vivants décomposent la matière organique en matière minérale. Ce sont des décomposeurs.
Les végétaux verts produisent de la matière organique à partir de l'eau, du CO_2 atmosphérique et de l'énergie lumineuse. Ce sont des producteurs.
La multitude des échanges nutritifs entre organismes et milieu contribue à donner à l'ensemble une structure trophique et énergétique.
Certains êtres vivants utilisent et transforment la matière organique qu'ils prélèvent sur d'autres êtres vivants. Ce sont des consommateurs.

Relations alimentaires : présentes sur les trois faces dans des contextes différents

espèce donnée à son **régime alimentaire**, avec l'ensemble des autres espèces susceptibles de satisfaire ses besoins nutritifs et de faire varier son effectif ;

- sur la face "Biocénose, elle recouvre l'ensemble des **interactions alimentaires entre espèces**, (réseaux et chaines) et la structure trophique dans un milieu donné.
- sur la face "Ecosystème", c'est moins l'individualité biologique de telle ou telle espèce qui est envisagée que la caractérisation des flux de matière et d'énergie qui les traverse toutes.

Le problème consiste ici à examiner un certain nombre de notions faussement simples, très souvent utilisées de façon approximative (régime alimentaire, chaîne, réseau, flux, cycle, circulation...), et de les réorganiser en fonction de plusieurs cohérences, que l'on étudie.

fournir aux enseignants des outils d'analyse didactique, mais aussi des propositions

Ces trois notions ont été retenues en raison précisément de leur situation différenciée, tant sur le plan de l'analyse de contenu qu'au niveau pédagogique. Les trois articles qui suivent rendent compte de l'approfondissement didactique tenté par des équipes de recherche pour fournir aux enseignants d'une part **un outil d'analyse** de leurs pratiques scolaires de ces contenus, d'autre part **des propositions** pour en organiser plus rationnellement l'apprentissage à long terme, lequel parcourt toute la scolarité.

3. LES OBJECTIFS-OBSTACLES ET LA DIVERSITE DES ENONCES

Le plan d'ensemble de ces trois articles, au-delà d'une diversité de surface, a été volontairement conçu de manière aussi homogène que possible, comme une application du cadre de recherche défini dans le rapport général. Les deux idées centrales que l'on y retrouve, et qu'il faut ici rappeler, sont celles d'objectif-obstacle et de niveaux de formulation.

3.1. Objectifs-obstacles

L'idée d'objectif-obstacle, dûe à Martinand (2), essaie d'intégrer deux types de préoccupations qui ne sont pas habituellement mis en relation, et il faut reconnaître dans le mot une certaine dissonance probablement volontaire.

---

(2) Jean-Louis MARTINAND. **Connaître et transformer la matière.** Berne. Peter Lang. 1986 (d'après sa thèse d'état).

l'idée d'obstacle, inspirée de Bachelard, est souvent trop négative

- D'une part, tout un courant de recherche aujourd'hui bien développé, décrit avec force détails les obstacles que rencontrent les élèves, à différents âges, pour s'approprier une notion. On reconnait là l'ensemble des études sur les **représentations**, auxquelles notre groupe de l'INRP a beaucoup contribué, dont il faut reconnaître le caractère souvent trop descriptif et insuffisamment opérationnel.
On peut faire l'hypothèse que cela est dû à la **caractérisation trop négative de ces représentations**, l'accent étant forcé sur **l'écart à la pensée scientifique.** L'usage immodéré de Bachelard aurait, en quelque sorte conduit à une certaine stérilité.

la définition des objectifs ne facilite pas la prise de décision didactique

- D'autre part, après la disparition d'un effet de mode, les acquis de la **définition des objectifs pédagogiques** se révèlent aujourd'hui plus limités que prévu. En particulier ce qui rend peu opérationnel l'emploi de cet outil utile, et explique sa résistance à pénétrer véritablement les pratiques pédagogiques, c'est probablement le vertige ressenti devant la complexité des taxonomies et la grande difficulté à **sélectionner parmi les objectifs possibles**- toujours nombreux à un moment donné - celui qui est **le plus pertinent.**

caractériser l'objectif-obstacle, c'est sélectionner un obstacle franchissable ...

L'idée d'objectif-obstacle consiste à coupler ces deux points de vue en les renouvelant partiellement : l'obstacle prend ainsi un caractère plus positif, ou tout au moins **dynamique**; il se définit alors comme une transformation intellectuelle à réunir plus que comme une difficulté purement négative.

L'objectif-obstacle est en quelque sorte **l'envers de la notion de blocage**,que Michel Sanner décrit comme "passée à l'état de mode, recouvrant tout ce que l'on veut, mais reflétant surtout notre sentiment d'impuissance" (3). L'idée de blocage appelle celle d'incident, de panne ("quelque chose se serait bloqué"), et se révèle stérile car on ne voit pas vraiment comment opérer le "déblocage".

et se fixer comme objectif son dépassement

Il ne faut certes pas sous-évaluer l'obstacle si on veut pouvoir le franchir mais il faut le penser d'une manière qui rende possible son dépassement. La métaphore de l'athlète de saut en hauteur est peut-être ici éclairante : comment franchirait-il l'obstacle que constitue le fil s'il

---

(3) Michel SANNER. Conflits...apprentissage et formation, in **Bulletin Aster** 19, 1982, p. 88 et **Du concept au fantasme**, Paris, PUF, 1983, p. 161.

le considérait de manière négative comme ce qui l'empêche de passer de l'autre côté ? (4)
L'idée d'objectif-obstacle ne peut s'employer que si elle s'ancre sur **deux références solides**, aussi nécessaires l'une que l'autre :

- la structure du savoir enseigné, avec les données nécessaires historiques et épistémologiques (cf. les Trames conceptuelles)
- la structure cognitive des élèves, avec les données utiles de psychologie génétique et cognitive (cf. les Représentations).

En fonction de ces deux références symétriques et complémentaires, la caractérisation de l'objectif-obstacle correspond à une **prise de décision sur le noeud de difficulté que l'on veut faire travailler** par les élèves, pour réussir un progrès identifiable, même si celui-ci est partiel et s'il devra être suivi de progrès supplémentaires ultérieurs. Ce qui veut dire que d'autres obstacles - auxquels il faudra bien s'attaquer un jour ou l'autre - sont laissés provisoirement à l'écart, faute par exemple de pouvoir construire un dispositif d'apprentissage cohérent et efficace à un moment donné du cursus.

c'est définir un progrès possible et organiser un dispositif d'apprentissage adéquat

Comme on le voit cette conception dynamique des obstacles successifs à franchir pour maîtriser un contenu peut s'avérer utile pour le traitement didactique des "programmes cycliques" comme nous les connaissons, la même notion étant reprise dans plusieurs cycles d'enseignement sans que l'on sache toujours bien caractériser **la nouveauté.**
Nous retrouvons ici l'idée classique de Bruner sur la génèse spiralaire des concepts (5) mais la notion d'objectif-obstacle permet de mieux l'outiller. En effet lorsqu'on se fixe un même objectif à différents niveaux de la scolarité (par ex : maîtriser la notion de chaine alimentaire) on oscille souvent entre une visée trop simpliste et une exigence hors de portée des élèves. Les activités scienti-

cela permet d'outiller le traitement didactique des programmes "cycliques" ...

---

(4) On pourrait invoquer ici le "postulat d'éducabilité" cher à Philippe MEIRIEU dans la mesure où le postulat que l'obstacle est franchissable dans certaines conditions (1° qu'on l'évalue correctement, 2° qu'on mette en oeuvre un dispositif d'apprentissage approprié) ouvre un champ de pratiques qui ne seraient pas **pensables** avec la conception du "blocage" (cf. **Itinéraire des pédagogies de groupe** Lyon, chronique sociale, 1985, pp. 139 sq.).

(5) Jerome S. BRUNER. **The process of education.** Cambridge, Mass. Harvard Univ. Press. 1960. **Toward a theory of instruction.** idem. 1966.

en construisant une situation didactique optimale

fiques font souvent apparaître une oscillation entre de longs moments assez mécaniques, répétitifs, peu stimulants, et d'autres périodes où, souvent assez brusquement, la maîtrise d'opérations intellectuelles difficiles est soudain exigée. On peut faire l'hypothèse que les élèves n'**apprennent réellement** ni dans un cas ni dans l'autre (bien que les objectifs soient rapidement atteints dans le premier cas, lentement et partiellement dans le second) et la notion d'**objectif-obstacle** fournit l'outil pour définir une **situation didactique** optimale, au sens de Brousseau.(6)

. Niveaux de formulation

L'idée de niveaux successifs pour la formulation d'un même concept scientifique s'enchaine ici assez logiquement : l'atteinte d'un objectif d'apprentissage, correspond au franchissement d'un obstacle bien défini, permet l'établissement d'un **nouvel énoncé** qui était hors d'atteinte jusque là. Ce nouvel énoncé est en relation avec les nouveaux problèmes scientifiques qui sont maintenant envisageables, dès lors que les conditions intellectuelles permettant de les poser sont remplies.
Le problème qui se pose est celui de l'emboîtement de

---

(6) Guy BROUSSEAU définit une **situation didactique** comme "l'ensemble des rapports établis explicitement et/ou implicitement entre un élève ou un groupe d'élèves, un certain milieu (comprenant éventuellement des instruments ou des objets) et un système éducatif (le professeur) aux fins de faire approprier à ces élèves un savoir constitué ou en voie de constitution. Ceci l' a conduit à élaborer une théorie des situations didactiques qui fournit au didacticien un puissant outil d'analyse des séquences d'enseignement. Le didacticien peut ainsi mettre à jour (et donc agir sur) les **variables didactiques** mises en jeu dans la situation.
Citons un exemple emprunté au champ des mathématiques : l'apprentissage de l'addition au CP. Une variable didactique qui jouera un rôle fondamental dans la mise en place d'une situation d'apprentissage sera la taille des nombres sur lesquels les enfants vont travailler : s'ils sont trop petits (2 et 3 par exemple) il y a peu de chance pour que les enfants perçoivent la nécessité d'introduire le concept d'addition puisqu'ils connaissent le résultat (c'est pourtant ce que proposent la plupart des manuels !...) s'ils sont trop grands le problème posé n'aura plus de sens. Ainsi, en manipulant cette variable, le didacticien pourra définir une situation optimale d'apprentissage. (Jacques Colomb, in **E.P.S.** n° 200 - 201. 1986).

à chaque progrès, peut être associé un nouvel énoncé

ces énoncés successifs. Nous l'avons discuté dans le Rapport de recherche (pp.25-36) en préférant nous en tenir à l'idée de **registres successifs**, ni strictement hiérarchisés ni indistinctements équivalents, mais globalement orientés vers une complexité croissante, dont les uns sont les conditions de possibilité des autres. L'idée de niveaux hiérarchisables est, on le sent, d'origine piagétienne, et supposerait un passage obligé par différents paliers de la pensée. Nous avons discuté la diversité des axes sur lesquels ces énoncés se distribuent (linguistique, développement logique, épistémologique) et qui rendent difficile une ordination rigoureuse. De fait, la conception par niveaux emboités revient à donner priorité, même sans le dire, à l'un des axes (une hiérarchisation multi-dimensionnelle étant impossible, ou au moins hors de portée) et cet axe est celui du développement psycho-génétique. Mais comme l'explique Kerlan (7) cela revient à s'intéresser davantage aux opérations logico-mathématiques impliquées par les concepts biologiques qu'à ces concepts eux-mêmes. Ce qui est excessif et surtout réducteur. D'ailleurs les piagétiens eux-mêmes admettent aujourd'hui l'idée de registre, plus souple et plus conforme à la complexité des phénomènes d'appropriation cognitive (8).

---

(7) "La biologie affronte une forme de complexité que ne connait peut-être pas la physique, du moins pas au même degré. Les représentations en biologie ne s'ordonnent pas aisément selon les perspectives d'un point de vue génétique. Les stades - ou les phases - piagétiens pourraient sans doute s'y retrouver, mais il faudrait alors que l'analyse portât sur les soubassements logiques des notions plutôt que sur leurs spécificités biologiques. Il s'agirait en somme de confronter l'intelligence de l'enfant aux infrastructures logiques des concepts biologiques. Quel "gain" didactique peut-on espérer de ce genre d'analyse ? Guère plus, à mon sens, que d'utiles repères généraux, indispensables à l'établissement des curricula, mais trop larges pour guider l'apprentissage d'une notion précise et la gestion didactique des représentations.
Car toute la spécificité de la représentation en biologie paraît précisément tenir à cette **distance de l'infrastructure au concept**, distance dans laquelle vont jouer les facteurs (images, imaginaire, fantasmes, stéréotypes, etc.) qui troublent l'hypothétique ordonnance génétique". Alain KERLAN, doc. interne INRP, 1986.

(8) On se reportera notamment au chapitre rédigé par François LONGEOT, intitulé "L'interdépendance des modes de fonctionnement et des contenus de la pensée", in Jean DREVILLON et al. **Fonctionnement cognitif et individualité**. Bruxelles. Pierre Mardaga. 1985.

l'ensemble des énoncés s'organise en un réseau orienté et progressif ...

Il reste que l'on peut tenter d'établir, pour un même concept, une **variété d'énoncés successifs et progressifs** s'organisant en un réseau complexe (9), et que cela change des énoncés canoniques uniques - auxquels nous a habitués notre formation universitaire - énoncés que l'on essaie ensuite de simplifier avec plus ou moins de bonheur.

auquel on peut rapporter les différentes séquences pédagogiques

Les trois articles qui suivent tentent d'éclairer divers aspects de ces problèmes difficiles, sans prétendre être en mesure d'en faire le tour. Ils analysent différentes séquences d'enseignement qui ont été conduites dans le cadre de la recherche, essaient de repérer les objectifs-obstacles en cours de travail et les formulations auxquelles on parvient. La méthode méritera d'être approfondie.

Jean-Pierre ASTOLFI
Responsable de l'équipe
de didactique des sciences
expérimentales de l'INRP.

---

(9) Voir aussi André GIORDAN (coord.). **L'élève et/ou les connaissances scientifiques.** Berne. Peter Lang. 2e éd. 1987.